



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Informe final de investigación para optar al título de Ingeniero
Agropecuario**

**Residualidad de la molécula del herbicida glifosato en sistema
productivo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en cuatro
comunidades de Estelí, 2023-2024**

Autor

Mariah José Navarro García

Tutor

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

Asesor

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

Estelí, 13 diciembre 2024

Este informe final de investigación fue aceptado en su presente forma por la Oficina de Investigación de la Dirección de Ciencias Agropecuarias (DCA) de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP) y aprobado por el Honorable Comité Evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título profesional de: **MARIAH JOSÉ NAVARRO GARCÍA**

Tutor

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

Miembros del Comité

Ing. Xochil Martha Fuentes Escoto

M.Sc. Ligia Leonor Muñoz Flores

M.Sc. German Trinidad Reyes Barreda

Sustentantes:

Br. Mariah José Navarro García

ÍNDICE

Contenido	Página
INDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACION	3
IV. LIMITACIONES	4
V. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo general	5
5.2. Objetivos específicos	5
VI. HIPÓTESIS	6
VII. MARCO TEÓRICO	7
7.1. Generalidades del frijol	7
7.2. Manejo de los productores al cultivo del frijol	8
7.3. Productos y dosis para control de malezas en pre-siembra:	8
7.4. Fertilización del cultivo del frijol	9
7.5. Zonas de cultivo de frijol en Nicaragua	10
7.6. Generalidades del glifosato	10
7.7. Efectos provocados por el glifosato	11
7.8. Dinámica del glifosato en el suelo	12
7.9. Persistencia – degradación	12
7.10. Disponibilidad del glifosato en el suelo	12
7.11. Residualidad del glifosato	13
VIII. DISEÑO METODOLOGICO	14
8.1. Ubicación geográfica	14

8.2.	Tipo de paradigma de investigación	14
8.3.	Enfoque y alcance de la investigación	14
8.4.	Según su nivel de amplitud	15
8.5.	Población y muestra.....	15
8.6.	Definición de variables con su operacionalización.....	15
8.7.	Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.....	18
8.8.	Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	18
8.9.	Procedimientos para el análisis de datos.....	18
8.10.	Consideraciones éticas	18
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
9.1.	Insumos utilizados en la producción de frijol por comunidad.....	19
9.2.	Análisis físico químico de suelos.....	22
9.3.	Residualidad de glifosato en suelo y grano	25
	Figura 3. Representativa residualidad del glifosato	26
X.	CONCLUSIONES	28
XI.	RECOMENDACIONES	29
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	30
XIII.	ANEXOS.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol	7
Figura 2. Etapas fenológicas del frijol y sus principales obras de manejo agronómico.....	8
Figura 3. Representativa residualidad del glifosato.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas Fenológicas del cultivo de frijol	7
Tabla 2. Presentaciones de herbicidas para el control de malezas	8
Tabla 3. Aplicación de fertilizantes; cantidades y momento de las aplicaciones.....	9
Tabla 4. Insumos utilizados por productor en cada comunidad	20
Tabla 5. Resultados del análisis físico químico de suelos en las comunidades de estudio ..	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ubicación geográfica	34
Anexo 2 Análisis de laboratorio residualidad de glifosato en el suelo.....	35
Anexo 3 Análisis de laboratorio residualidad en el grano.....	36
Anexo 5 Cartilla sobre el manejo eficiente del herbicida glifosato como alternativa en los sistemas de producción de frijol en las comunidades.....	39
Anexo 6 Evidencia gráfica del proceso de ejecución de actividades	60

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por haberme dado sabiduría y fortaleza para culminar esta meta, acompañarme y estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino aquellas personas que son mi soporte y compañía durante todo este tiempo.

A mi madre Johana del Carmen García Hodgson por su apoyo incondicional y los sacrificios que ha realizado en los momentos difíciles, este trabajo es una ofrenda de paciencia y amor.

A mis abuelos Leonor Hodgson & Leónidas García por ser mi mayor motivación para lograr mis metas.

A mis hermanas Amy García, Marianela Sánchez, Maricela Sánchez & Marielos Sánchez por su apoyo y amor.

A mis tías María Elena García, Dayana García & Dádica García por apoyarme y estar para mí durante toda esta etapa.

A la memoria de José Norberto Sánchez Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, mi agradecimiento a mi Poder Superior el cual yo concibo como Dios, nuestro creador, por haberme obsequiado la oportunidad de vida, sabiduría, perseverancia y fe para culminar exitosamente la carrera.

A mis familiares, profesores, compañeros y amistades por brindarme el apoyo necesario a lo largo de la carrera.

A mi tutor **Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales** por instruirme y ampliar mi conocimiento para realizar el proceso que requiere esta investigación.

A **M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba** que fue una de las personas que me apoyó durante este proceso del trabajo de investigación.

Al alma mater, que abrió sus puertas para pertenecer a esta gran familia de ciencias agropecuarias y así poder crecer en la vida profesional por medio de los conocimientos.

También agradecer el apoyo de cada docente que brindó conocimientos en estos cinco años de carrera.

RESUMEN

El estudio sobre la producción de frijol en cuatro comunidades de Estelí destaca su relevancia para la seguridad alimentaria y la economía agrícola, identificando prácticas inadecuadas que afectan su rendimiento. El objetivo fue evaluar la residualidad de la molécula del herbicida glifosato en suelo en sistemas productivos agrícolas de frijol en cuatro comunidades de Estelí, así como el manejo agronómico, el uso de insumos y la calidad del suelo, proponiendo estrategias para mejorar la productividad y sostenibilidad. Se entrevistó a 20 productores para conocer sus prácticas agrícolas y se analizaron muestras de suelo en términos de análisis físico químico y residualidad de glifosato. Los resultados revelaron aplicaciones excesivas de insumos agrícolas, superando las dosis recomendadas, lo que impacta negativamente la producción. El análisis del suelo mostró pH ligeramente ácido a neutro (4 a 7) y los valores de los macroelementos, de bajo a moderado, indicando fertilidad un poco limitada. Aunque los agricultores utilizan fertilizantes y abonos, la falta de conocimientos técnicos reduce su efectividad. Existe residualidad de la molécula de glifosato en los suelos de las comunidades, siendo la Libertad, donde se observó mayor residualidad. No existen residuos en el grano de frijol. Este resultado, está asociado a un incremento en la frecuencia de aplicaciones del herbicida. Las conclusiones enfatizan que el rendimiento del frijol está restringido por el manejo inadecuado del suelo y el uso desmedido de insumos. Se sugiere capacitar a los productores, promover prácticas agroecológicas y realizar monitoreos constantes del suelo para mejorar la sostenibilidad agrícola. Estos hallazgos son esenciales para guiar políticas agrícolas locales centradas en la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible del sector agrícola en Nicaragua.

Palabras claves: glifosato, bioinsumos , frijol, suelo, residualidad.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, el frijol común es el principal alimento básico (Rojas & Anderson , s/f) La evolución tecnológica en la fabricación de plaguicidas, entre otras innovaciones en materia de agricultura, ha contribuido sin duda a que la producción agrícola haya logrado mantenerse al nivel de los incrementos sin precedentes en la demanda de alimentos.

Sin embargo, ello se ha logrado a costa de la salud humana y el medio ambiente. Si bien el glifosato es un herbicida que ha estado presente en una gran variedad de actividades agrícolas y no agrícolas, desde hace muchos años y su contribución en la producción industrial de alimentos y en la facilidad de controlar plantas no deseadas es innegable, esos logros no se deberían obtener mediante un costo ambiental o que perjudiquen la salud.

En muchos países se ha iniciado los cuestionamientos y demandas para que se restrinjan y prohíban esta clase de sustancias. Algunos gobiernos, a pesar de la gran presión ejercida por las gigantescas compañías agroquímicas, han anunciado su intención de buscar alternativas al glifosato para ir gradualmente eliminando sus aplicaciones en zonas urbanas y agrícolas. De forma contraria, en suelos ricos en fosfatos, el glifosato puede más fácilmente volverse móvil en el agua; se ha visto que el fósforo de los fertilizantes reduce la adsorción del glifosato por las partículas de suelo. (Ramírez Muñoz , 2021).

El propósito de este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la residualidad de la molécula del herbicida glifosato en parcelas de productores en distintas comunidades haciendo aplicaciones excesivas en el suelo, por ende provocando residuos en el grano de frijol (*Phaseolus Vulgaris*) siendo necesario reevaluar los beneficios sobre el rendimiento en relación a su efecto y la inocuidad de los granos por el consumo humano, contribuyendo a estrategias de manejo adecuado del herbicida que permitan reducir efectos negativos a la salud humana y medio ambiente así como mitigar los procesos de degradación de este.

II. ANTECEDENTES

(Juan , Caballero , & Lledó) (1995) En su investigación “Evolución del herbicida glifosato a través de la zona no saturada en la comarca de Maresme, Barcelona” los resultados efectuados en laboratorio indican que es fuertemente adsorbido en los 40 cm. iniciales del suelo, por la fracción arcillosa y el escaso contenido de materia orgánica, los resultados obtenidos en campo y laboratorio difieren de su comportamiento real, al obtener parámetros deberán aproximarse.

(Maitre, Lorenzatti, Lenardon , & Enrique) (2008) Según su estudio “Adsorción-desorción de glifosato en dos suelos en la ciudad de Santa Fe, Argentina” Dado que los herbicidas se aplican a menudo con fertilizantes y debido que el fósforo inorgánico de los mismos puede competir por los sitios de adsorción con la porción fosfatada de la molécula de glifosato, este último quedaría disponible para ser lixiviado a través del perfil.

(Schapovaloff Closs) (2013) En su estudio “Efecto del glifosato en el suelo y plantas nativas – exóticas en el departamento de Itapúa, Paraguay” concluyó que el suelo con Glifosato mantenía una pequeña diferencia mayor que el suelo sin Glifosato. Hubo incidencia positiva en el suelo donde se ha aplicado glifosato, por los niveles de nitrógeno los Macro y Micro nutrientes y por ende en el crecimiento de las plantas.

(Toruño Rivera, Carbono Murgas , Melo Ríos , & Merini) (2018) Determinaron en su investigación “Efecto del glifosato sobre el microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia” El control de malezas en el cultivo de frijol con glifosato está asociado con la disminución del rendimiento por incremento de la incidencia de enfermedades en las raíces y la alteración de las propiedades microbiológicas del suelo y de los indicadores químicos asociados.

(Gonzales Ortega & H.) (2020) Efectuaron la investigación “Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en el microbiota en la Ciudad de México, México” es necesario encontrar alternativas para el manejo de plantas no deseadas en los cultivos. La biomasa bacteriana es afectada de diferentes maneras (genética, fisiológica y poblacionalmente) por exposición al glifosato, hay algunas especies cuyo crecimiento parece promoverse en suelos tratados con éste.

III. JUSTIFICACION

La residualidad del glifosato tiene impactos que se desconocen, siendo factores propios del herbicida, suelo y factores ambientales por ello varia de un lugar a otro, mismo lugar y de un año a otro. Existe controversia sobre el efecto de glifosato en la salud humana, mientras algunos estudios afirman que no hay riesgo asociado concluyente a que es fuertemente adsorbido en el suelo y a la vez degradado rápidamente otros estudios afirman que existen efectos nocivos a la salud asociados al uso de glifosato por lo que esta probabilidad de residualidad se asociaría a daños, por lo tanto no puede afirmarse que al ser utilizado este herbicida se ofrezca un grano libre de componentes indeseables que afecten la salud de los consumidores con referencia a este producto que además de eliminar malezas perjudica los microorganismos del suelo alterando su fertilidad y productividad.

Nicaragua es un país de alta producción de Frijol aproximadamente genera 4.8 millones de quintales anualmente. (Ministerio Agropecuario , s.f.) La base de la alimentación de la población, por ende, la investigación permitirá determinar qué aspectos influyen, siendo de interés para los productores de frijol.

Los productores que utilizan este herbicida desconocen la dosificación adecuada, toxicidad del producto y la manera de aplicación de forma que, al hacer dicho estudio con diferentes dosis, lugar y distintos factores ambientales se pretende evaluar en relación a su efecto al suelo para determinar si contiene residuos y afectaciones directas, brindando información mediante la presente investigación.

¿Cuáles son los principales impactos del exceso de aplicaciones y su efecto en las diferentes comunidades mediante las aplicaciones de glifosato en el suelo?

IV. LIMITACIONES

Una de las principales limitaciones al desarrollar este trabajo de investigación, fue la disponibilidad de algunos productores para colaborar con el proyecto, dado que, adujeron falta de tiempo de ellos mismos para llenar la encuesta.

Otra limitación fue lograr contacto con algunos productores, ya que no había señal para llamadas por teléfono, además que la gran mayoría, usa una red diferente a la del investigador, lo que incrementa los costos de llamada.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la residualidad de la molécula del herbicida glifosato en suelo en sistemas productivos agrícolas de frijol en cuatro comunidades de Estelí, 2023-2024.

5.2. Objetivos específicos

Identificar la residualidad de la molécula de glifosato contenida en el suelo respecto a las dosis de aplicación.

Caracterizar los sistemas de producción de frijol en las comunidades Darailí, Piedra larga arriba y La Libertad, Condega.

Elaborar cartilla sobre el manejo eficiente del herbicida glifosato como alternativa en los sistemas de producción de frijol en las comunidades

VI. HIPÓTESIS

La investigación se realizó a productores de diferentes comunidades para determinar si el efecto varia de un área (comunidad) a otra por diferente estructura y composición del suelo en la cual los productores no realizan las mismas actividades, existe residualidad de la molécula de glifosato en el suelo de las parcelas de los productores utilizadas para el cultivo del frijol. Esta residualidad varia en cada comunidad dependiendo de la frecuencia de aplicación.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades del frijol

Planta herbácea perteneciente a la familia de las fabaceae, de tallos delgados y débiles, cuadrangulares, a veces rayados de púrpura, hojas trifoliadas, ápice acuminado, los laterales más o menos tubulosos. Alcanza una altura de 50 a 70 cm y sus raíces se desarrollan con una principal pivotante y muchas ramificaciones.

Figura 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol

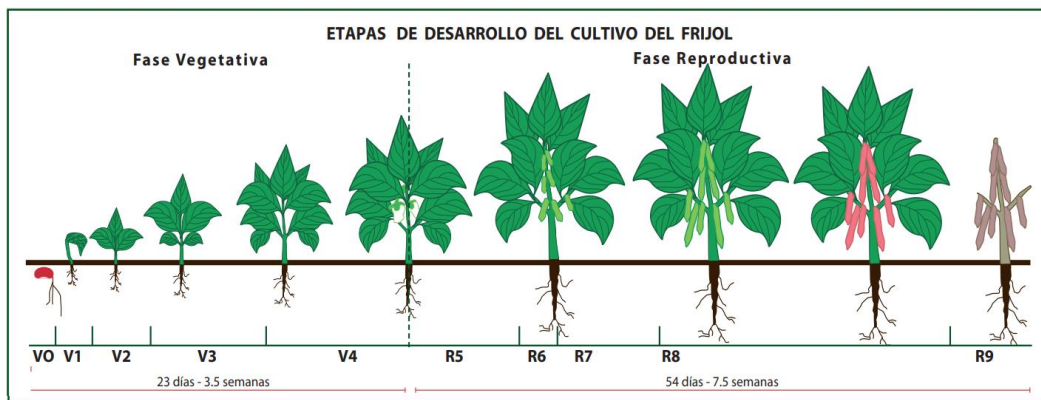
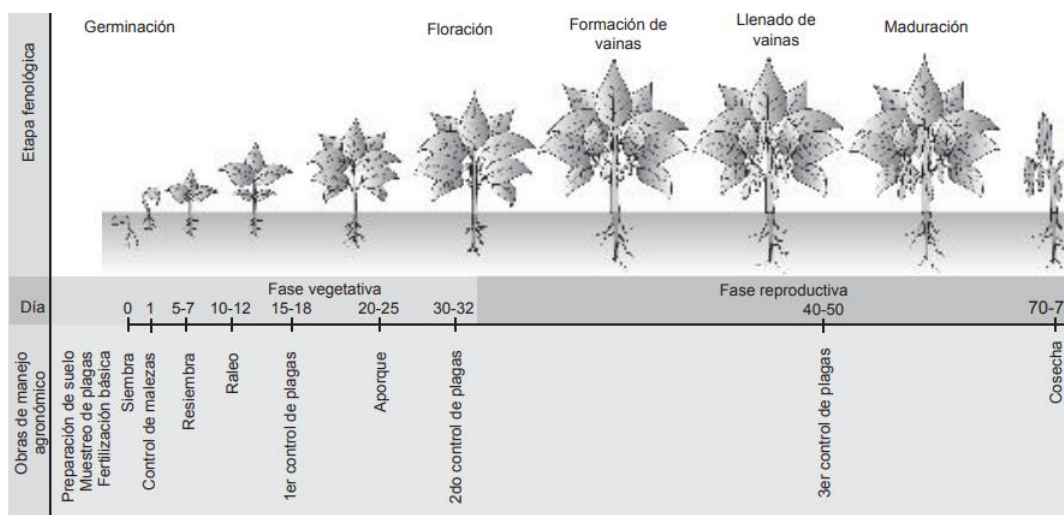


Tabla 1. Etapas Fenológicas del cultivo de frijol

Fase Vegetativa	Etapa	Código	Día después de siembra
	Germinación	V0	0-5
	Emergencia	V1	5-7
	Hojas primarias	V2	7-11
	Primera hoja trifoliada	V3	11-16
	Tercera hoja trifoliada	V4	16-23
Reproductiva	Prefloración	R5	23-32
	Floración	R6	32-36
	Formación de vainas	R7	36-44
	Llenado de vainas	R8	44-62
	Maduración	R9	62-77

(Asociación de productores de Santa Lucía ASOPROL, 2009).

Figura 2. Etapas fenológicas del frijol y sus principales obras de manejo agronómico



(Asociación de productores de Santa Lucía ASOPROL, 2009)

7.2. Manejo de los productores al cultivo del frijol

Aplicación de herbicidas pre-siembra: Se recomienda realizar una aplicación de herbicida seis días antes de la siembra, o que se observe un estado de desarrollo de las malezas de un máximo de 15 cm de altura. Esto nos permite establecer el cultivo en un área limpia de malezas que compitan en los primeros 10 días de desarrollo de las plántulas del cultivo. Los herbicidas recomendados para aplicar en el control de malezas antes de la siembra son los siguientes.

7.3. Productos y dosis para control de malezas en pre-siembra:

Tabla 2. Presentaciones de herbicidas para el control de malezas

Nombre comercial	Nombre Químico	Dosis cc/bomba de 20 litros
Glifonex, Estelar, Glifosato Cordel	Glifosato	100 cc
Roundup		

2-4D, Yerbicida Fenoxi 2-4D 50 cc

(Asociación de productores de Santa Lucia ASOPROL, 2009)

Con esta dosis se obtienen excelentes resultados, se recomienda realizar las aplicaciones en horas tempranas de la mañana, en las horas más calientes el producto se volatiliza por la alta temperatura y provoca malestares de irritación a la persona que realiza la aspersión del herbicida. No aplicar con vientos fuertes ya que disminuye la efectividad del producto pues este se seca rápidamente y se pierde porque se lo lleva el viento. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura , 2009).

7.4. Fertilización del cultivo del frijol

En este cultivo, en la fase de floración el llenado de vainas requiere alta cantidad de fósforo, si ocurre escasez de este nutriente, se caen las flores y vainas de la planta. Las recomendaciones para la fertilización del frijol se basan en el principio que la especie responde a las aplicaciones de fertilizantes preferible con alto contenido de fósforo. El cultivo del frijol es fijador de nitrógeno.

Tabla 3. Aplicación de fertilizantes; cantidades y momento de las aplicaciones

(Asociación de productores de Santa Lucia ASOPROL, 2009)

Aplicaciones		Formulación	Cantidad a aplicar	Momento de la aplicación
1	Básica Fertilizante solido	18-46-00, 12-24-12	1 qq	A la siembra o 10 dds 0-0-60 2 a 3 qq/mz (días después de la siembra)
2	Fertilizante líquido Pulverización Foliar	00-00-60	2 a 3 qq/mz	A la siembra o 10 dds

				0-0-60 2 a 3 qq/mz (días después de la siembra)
3	Fertilizante líquido Pulverización Foliar	Hidróxido de potasio, Cobre	1 L/mz	--

7.5. Zonas de cultivo de frijol en Nicaragua

El frijol se siembra en todos los departamentos del país, entre los que se destacan Matagalpa, Jinotega y regiones de la Costa Caribe, con una participación aproximada del 60% del área total sembrada en el país (INATEC, 2017)

Las zonas más aptas están ubicadas en la región norte y la meseta central del Pacífico. Los departamentos productores: Zelaya, Matagalpa, Jinotega, Chontales, Boaco, Estelí, Rio San Juan, Madriz, Rivas, Carazo, Nueva Segovia, Managua, Masaya, León, Chinandega y Granada (Rojas & Anderson , s/f)

7.6. Generalidades del glifosato

Glifosato (ácido N-fosono-metil-glicina, C₃H₈NO₅P) es un herbicida no selectivo, que se aplica al follaje de las malezas y presenta gran movilidad dentro de la planta, principalmente en el floema, siendo difícilmente metabolizado. Presenta un amplio espectro de control y baja toxicidad en mamíferos.

El mecanismo de acción de glifosato es único entre los diferentes grupos de herbicidas y consiste en la inhibición de la síntesis de los aminoácidos aromáticos (Fenilalanina, tirosina y triptófano), lo cual altera la producción de proteínas y previene la formación de compuestos secundarios como la lignina.

Caracterizado por presentar muy baja o casi nula actividad en el suelo, que para fines prácticos se considera que no la tiene. A pesar de ser un herbicida hidrófilo su adsorción en el suelo es elevada y su potencial de lixiviación muy reducido.

Además, se considera que es rápidamente degradado en el suelo. En general estas últimas características se usan para justificar por qué glifosato presenta actividad herbicida en el suelo. (Kogan & Alister).

7.7. Efectos provocados por el glifosato

Los productos que contienen glifosato, al igual que todos los fitosanitarios, deben cumplir con procesos de análisis exhaustivos y estandarizados a nivel internacional en el laboratorio y en el campo para evaluar su potencial toxicidad.

Las autoridades regulatorias, tales como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), llevan a cabo evaluaciones exhaustivas de estudios para asegurar que los productos fitosanitarios, tales como el glifosato, pueden utilizarse de manera segura para el ambiente. Como parte de este proceso, las autoridades regulatorias evalúan en particular los posibles efectos sobre organismos no destinados al tratamiento, entre los que se encuentran las abejas melíferas. Las autoridades regulatorias únicamente aprueban productos que no plantean riesgos injustificados para el ambiente.

Además, a través del uso del glifosato, los productores agrícolas pueden asegurar la obtención de cosechas más productivas al mismo tiempo que utilizan menos tierras. Ello es el resultado de una disminución en la competencia dado que las malezas rivalizan con los cultivos con el fin lograr nutrientes, agua, luz solar y espacio. Al disminuir la cantidad de tierra requerida para la producción de los cultivos, los productores agrícolas pueden preservar el hábitat y área de forraje significativos que las abejas melíferas y otros insectos, pájaros, ranas y organismos beneficiosos necesitan para desarrollarse.

Se han llevado a cabo pruebas minuciosas para investigar el potencial impacto del glifosato sobre la vida silvestre. Estos estudios desempeñan una función vital en los análisis de seguridad gubernamentales en torno al glifosato y, en conjunto, demuestran que los usos aprobados del glifosato no representan una amenaza para la salud de la fauna silvestre. (BAYER, 2022).

7.8. Dinámica del glifosato en el suelo

Es importante considerar que todos los plaguicidas después de su aplicación llegan directa o indirectamente al suelo y su destino no dependerá en gran medida de su dinámica en el suelo, ósea, de su potencial adsorción (disponibilidad), y de su persistencia en el suelo (degradación, lixiviación, etc.).

7.9. Persistencia – degradación

La persistencia del glifosato en el suelo no es fácil de predecir, ya que no se trata de una característica intrínseca del herbicida, sino que es controlada por factores propios del herbicida, del suelo y de las condiciones ambientales, y por ello puede variar.

7.10. Disponibilidad del glifosato en el suelo

Si el glifosato está disponible en el suelo significa que estará sujeto a la acción de los microorganismos, y a ser absorbido por las raíces de las plantas, tanto malezas como por las especies cultivadas. Además, podría presentar una cierta lixiviación.

La adsorción del glifosato regula la disponibilidad de este mismo en el suelo. El fenómeno de adsorción del glifosato es rápido y ocurre principalmente a través de la fracción fosfórica del compuesto, que compite por sitios de adsorción con el fosforo inorgánico. El fosforo inorgánico excluye al glifosato de los sitios de adsorción, de ahí que la capacidad de adsorción esta correlacionada con la capacidad de adsorción de fosfatos de los sitios no ocupados en el suelo. Se ha visto que la adición de fosfatos al suelo disminuye la adsorción del glifosato, si existen sitios libres; en general la adsorción del glifosato no está ligada a la capacidad de intercambio del suelo (arcillas), pero sí con lo cationes que se encuentran en las arcillas. (Kogan & Alister).

7.11. Residualidad del glifosato

Cuando la molécula de glifosato cae al suelo, sus propiedades químicas hacen que una parte que queda ligada a las arcillas y probablemente a otras muchas partículas, pero hay otra parte que queda libre, ya sea porque las arcillas están saturadas o porque no hay mucha arcilla en el suelo.

Esa parte libre no tarda mucho en ser degradada por sí solo y sin que intervenga ningún microorganismo el glifosato se degrada en el medio (suelos y agua) rápidamente a AMPA (ácido aminometilfosfónico) lo cual es un ácido orgánico débil formado como resultado de la degradación del mismo herbicida. La permanencia del glifosato en el suelo depende de cuánta arcilla haya y de la actividad de los microorganismos del suelo.

Cuando nos encontramos con un suelo con poca arcilla y pocos microorganismos el glifosato, que es muy soluble, acabará en las aguas dulces. (Allan & Mireia, 2023).

VIII. DISEÑO METODOLOGICO

8.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en cuatro comunidades del departamento de Estelí, correspondientes a los municipios de Estelí y Condega, en cuyas comunidades, la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda realiza actividades de extensión e investigación.

La comunidad de La Libertad ubicada en la zona noroeste del municipio de Estelí, a 6.45 Km de la carretera panamericana norte con las coordenadas 13.275725, -86.393527. Piedra Larga Arriba ubicada sobre la carretera panamericana a 10 km del municipio de Condega en las coordenadas 13.296715, -86.360134. La comunidad de Darailí, se encuentra al este del municipio de Condega (Google Maps, 2021) (Ver anexo 1).

8.2. Tipo de paradigma de investigación

El paradigma de esta investigación es socio crítico, en el cual se tomó datos a nivel de campo para medir la residualidad del glifosato en suelo y grano, pero también se recopiló información de carácter cualitativo relacionado al manejo que los productores establecen en sus parcelas. En este caso se analizó la residualidad de glifosato en el suelo.

8.3. Enfoque y alcance de la investigación

La investigación tiene un enfoque mixto de tipo no experimental dedicado a recopilar y analizar datos no solo determinando estos sino descubriendo el problema y de qué manera se podría concientizar a los actores (productores) a través de la utilización de estrategias de reflexión sobre sus prácticas.

8.4. Según su nivel de amplitud

Es de tipo transversal ya que los datos se tomarán en un solo periodo de tiempo que es en la época de postrera del año 2023.

8.5. Población y muestra

Para determinar la muestra se realizará un muestreo no probabilístico intencionado, la población la constituirán 20 familias que pertenecen a las comunidades seleccionadas para la presente investigación, partiendo que cada familia tiene y trabaja un sistema de producción de granos básicos.

8.6. Definición de variables con su operacionalización

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariable	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Identificar la residualidad de la molécula del herbicida glifosato contenida en suelo y grano de Phaseolus Vulgaris respecto a las dosis de aplicación.	Glifosato residual en el suelo y en el producto final del cultivo	<p>Concentración: Cantidad de la molécula presente en el suelo después de la cosecha del cultivo, en el cual, fue usado.</p> <p>Cantidad de la molécula de glifosato que queda en el grano de frijol, después de la cosecha, una vez que el grano ha alcanzado la humedad requerida para almacenarse.</p>	<p>Cantidad de trazas De glifosato expresado en el suelo</p> <p>Cantidad de glifosato residual en el grano mayor que 0.1 gr/kg.</p>	<p>Porcentaje Partes por billón (PPB)</p> <p>gr/kg o Partes por millón (PPM). (Mayor que 0.1).</p>	<p>Recolección de muestras de suelo de las parcelas para diagnosticar su estado nutrimental</p> <p>Muestras de granos de cada parcela.</p>	<p>Análisis de laboratorio (Muestras de suelo)</p> <p>Análisis de laboratorio (Muestras de suelo)</p>

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariable	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Caracterizar los sistemas de producción de frijol de Phaseolus Vulgaris de las comunidades en Condega, Darailí, Piedra larga arriba y La Libertad	Información del sistema Productivo	Condiciones y resultados de las actividades desarrolladas en las parcelas	Información del sistema productivo	Datos de la finca, prácticas de manejo del suelo.	Encuestas	Productores
	Fertilidad química del suelo	Condiciones necesarias para sustentar un adecuado desarrollo de las plantas	Macro y microelementos	Concentracion es de cada elemento: Porcentaje y Meq	Recolección de muestras de suelo	Parcelas agrícolas

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariable	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Elaborar cartilla sobre el manejo eficiente del herbicida glifosato como alternativa en los sistemas de producción de frijol	Cartilla	Documento que proporciona información específica sobre prácticas, técnicas y conocimientos relacionados con el manejo agrícola.		Cartilla Elaborada	Fotografía y Encuestas destinadas a los productores	Parcelas de las comunidades

8.7. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

Para realizar esta investigación se recolectaron muestras de suelo, para evaluar el efecto de dosis de glifosato en el suelo y en el grano de frijol utilizando la técnica de análisis de laboratorio mediante las características químicas del suelo en el área de estudio y una encuesta a los productores obteniendo información relativa a características predominantes mediante la interrogación y registro de datos.

8.8. Confiabilidad y validez de los instrumentos

Para la validez de los instrumentos de toma de datos se procedió a un proceso por juicio de expertos, abordando a profesionales vinculados al proyecto de investigación que coordina la Dirección Académica de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP), del cual es aparte el presente trabajo de estudio, permitiendo las mejoras respecto del contenido. La confiabilidad está determinada al uso de procedimientos ya establecidos y la certificación de las instituciones que brindan el servicio de análisis de laboratorio.

8.9. Procedimientos para el análisis de datos

Se realizó una base de datos utilizando el software estadístico (SPSS) para el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos de la presente investigación a través de los distintos datos que se recopilaron de los productores, usando la estadística descriptiva con tablas de frecuencias, representaciones gráficas y tablas de contingencia.

8.10. Consideraciones éticas

La recolección de muestras de suelo que contienen el producto químico glifosato mediante un proceso de análisis estandarizado en laboratorio en el cual se evaluó su efecto en este estudio será utilizado posteriormente a fin de promover la realización adecuada de frecuencia de aplicaciones del producto para que pueda ser utilizado de manera segura y promover la conservación del medio ambiente y la salud de las personas.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Insumos utilizados en la producción de frijol por comunidad

La tabla 4, muestra los insumos utilizados por los productores en las comunidades del estudio. Los insumos utilizados por comunidad son generalmente: Gramoxon, 24D y el que predomina Glifosato. En la comunidad La Libertad realizan mezcla de herbicidas lo cual, pudiera aumentar el espectro de acción, reduce el número de aplicaciones y los costos, lo cual no siempre es eficaz por diferente manejo y la compatibilidad de componentes en las mezclas, los productos no siempre resultan compatibles para mezclar.

Las dosis utilizadas en las comunidades son de 100 CC por cada 20 litros lo que significa que está adecuadamente en las dosis recomendadas por hectárea, lo que puede variar según el tipo de malezas, el área del cultivo establecido y la clasificación comercial del herbicida (presentaciones comerciales), lo que influye negativamente en las frecuencias de aplicaciones.

Los fertilizantes utilizados 18-46-00, 20-20-20, 23-30-10, Urea, 00-00-30 y como excepción Nitro Xtend 40% N + 5.7 % S las cantidades utilizados son adecuadas 1-2 quintales generalmente.

Los rendimientos están encima de la media con un promedio de 20-25 quintales al ser productores de frijol ya que el rendimiento en Nicaragua es de 12 quintales por manzana.

Tabla 4. Insumos utilizados por productor en cada comunidad

Insumo	Comunidades		
	La Libertad	Piedra Larga	Darailí
	Glifosato		
Nombre comercial del herbicida	Gramoxon 24D	Glifosato	Glifosato
Dosis herbicida	100 CC	100 CC	100 CC
Frecuencia de aplicación (Intervalos)	4 veces	6 veces	4 veces
	18-46-00		
	20-20-20	00-00-30	
	12-30-10	Urea 18-46-00	Urea 18-46-00
Fertilizantes	Urea 18-46-00	12-30-10	
	Nitro Xtend	46-00-00	
	40% N + 5.7 % S		
Dosis fertilizantes qq	2 qq	2 qq	2 qq
Rendimiento qq.	20.00 qq	21.00 qq	25.00 qq

En la producción del frijol participan pequeños y medianos productores que siembran de forma individual. Las fincas están ubicadas mayormente en terrenos de laderas y suelos marginales; los agricultores hacen poco uso de insumos y sólo algunas fincas destinadas a la producción de semilla, son mecanizadas y con riego.

Según un estudio de Treminio & Medina (2023) quienes realizaron un estudio experimental en la Universidad Francisco Luis Espinoza concluyeron que las aplicaciones de glifosato disminuyen la producción de frijol al incrementar la frecuencia de dosis, en relación al efecto del herbicida. También, en otra investigación realizada por Centeno & Centeno (2024) determinaron que la altura disminuye respecto al aumento de la cantidad total del producto aplicado.

En relación a los costos de producción, se puede decir que son altos. La producción de una manzana de frijol cuesta entre US\$ 492 y US\$ 984 (entre US\$700 y US\$1,400/ha) (50% en materiales e insumos y 50% en mano de obra), dependiendo del tipo de tecnología utilizada.

En el mismo sentido, se puede afirmar que muchos productores tienen rendimientos menores al punto de equilibrio, cuyas pérdidas son subsidiadas por la mano de obra del mismo productor y su familia. Según los productores encuestados, se recomienda realizar una aplicación de herbicida seis días antes de la siembra, o que se observe un estado de desarrollo de las malezas de un máximo de 15 cm de altura. Esto nos permite establecer el cultivo en un área limpia de malezas que compitan en los primeros 10 días de desarrollo de las plántulas del cultivo. Es importante que el productor que realiza la aplicación use equipo de protección (IICA, 2009).

Los resultados obtenidos (tabla 5) reflejan una amplia dependencia de insumos químicos en la producción de frijol en las comunidades estudiadas. En todas las comunidades se identificó el uso del herbicida glifosato, mientras que en La Libertad y Darailí se emplearon, además, Gramoxon y 2-4-D. Esta variación en los tipos de herbicidas evidencia diferencias en las prácticas agronómicas entre comunidades, posiblemente influenciadas por factores como disponibilidad económica, acceso a insumos o nivel de asesoramiento técnico recibido. Estudios previos indican que el uso indiscriminado de herbicidas como el glifosato puede tener implicaciones negativas en la biodiversidad y la salud humana, además de generar resistencia en malezas (Shaner et al., 2014).

En cuanto a la dosis y la frecuencia de aplicación de herbicidas, se observó uniformidad en las dosis utilizadas (100 ml/mz) en las tres comunidades, pero variación en la frecuencia de aplicación, siendo más alta en Piedra Larga con seis aplicaciones frente a cuatro en La Libertad y Darailí. Esta frecuencia podría estar asociada a condiciones específicas del manejo de los cultivos o a problemas recurrentes de malezas en ciertas zonas. La alta frecuencia de aplicaciones puede incrementar los costos de producción y los riesgos de contaminación ambiental, lo que coincide con investigaciones que resaltan el impacto negativo del uso intensivo de agroquímicos en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Kumar et al., 2018).

En relación con el uso de fertilizantes, se identificó una variedad de fórmulas químicas en las tres comunidades, predominando los productos como 18-46-00, 12-30-10 y urea, con una dosis

uniforme de 2 quintales/mz. Esto sugiere un manejo relativamente homogéneo en cuanto a fertilización, aunque las diferencias en las fórmulas pueden estar vinculadas a las recomendaciones de las casas comerciales o al tipo de suelo y su fertilidad inherente en cada localidad. Estudios en sistemas de producción de frijol (parcelas agrícolas) señalan que el uso adecuado de fertilizantes no solo mejora los rendimientos, sino también puede ser más eficiente si se basa en análisis de suelos y estrategias de manejo integrado (Molina et al., 2021). La integración de prácticas agroecológicas podría ser una alternativa viable para reducir la dependencia de insumos químicos en estas comunidades.

9.2. Análisis físico químico de suelos

El análisis físico – químico indica en la escala del pH 6 – 7 de ligeramente ácido a neutro siendo óptimo para el desarrollo del cultivo, este factor establecido es necesario determinarlo ya que afecta directamente la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas. (Chacaguasay, 2021)

El porcentaje de materia orgánica presente en las comunidades es superior al contenido medio, siendo un contenido muy aceptable aumentando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas, aportando nutrientes esenciales como nitrógeno y azufre. (CRS, 2019).

El comportamiento del nitrógeno total (%) es bajo por lo tanto la deficiencia de nitrógeno es un problema que dificulta el correcto crecimiento de las plantas. Las enfermedades causadas por deficiencia de nitrógeno hacen que las plantas estén delgadas, pálidas, sujetas a clorosis y con una producción pobre. (Cherlinka , 2022).

Fósforo y Potasio son dos de los tres macronutrientes (el otro es nitrógeno) requeridos por las plantas para un crecimiento óptimo, (Espinoza, Slaton, & Mozaffari) el rango según los indicadores realizados por (Molina, s.f) el fósforo (P) presente en las comunidades está medio en Darailí y bajo en La Libertad y Piedra Larga lo cual inhibe crecimiento de tallo y oscurecimiento en hojas (Pennstate, s.f) y para el potasio (K) es de alto a medio lo cual puede repercutir bloqueando otros elementos (Pez verde, s.f.)-

Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) están en un rango alto, el exceso de calcio en el suelo puede precipitar al fósforo como fosfatos cálcicos lo que reduce la disponibilidad de este nutriente en la planta (Rincón, Gallardo, Leal, & Rojas, 2002) La carencia de Magnesio ocasiona un crecimiento deficiente y una reducción del rendimiento. (DFGRUPO, 2021).

Hierro (Fe) está en altas cantidades en las comunidades es una limitación para su correcto desarrollo, Manganeseo (Mn) está en cantidades aceptables, Cobre (Cu) su rango es óptimo, Zinc (Zn) en cantidades medias y bajas lo cual es requerida para la síntesis de carbohidratos y durante la fotosíntesis, participa también en el metabolismo de hormonas y para regular auxinas (Fertilab, s.f)

Las características químicas del suelo pueden proporcionar grandes productividades sí se realiza una correcta interpretación de los análisis químicos del suelo para indicar cantidades y el momento adecuado de la aplicación por parte de los productores.

Los rangos mencionados anteriormente fueron consultados en tablas de interpretación de análisis de suelos y posteriormente se consultó en la web lo que produce en las plantas las deficiencias o excesos de estos nutrientes. (Meléndez & Molina, 2002)

Tabla 5. Resultados del análisis físico químico de suelos en las comunidades de estudio

Análisis	Unidad	Piedra Larga	Darailí	La Libertad
pH	-	6,54	6,18	6,90
Materia Orgánica	%	5,21	6,91	5,73
Nitrógeno	%	0,26	0,35	0,29
Fósforo	mg/kg	5,65	18,76	7,19
Potasio	cmol+/kg	0,307	1,123	1,627
Calcio	cmol+/kg	27,801	22,420	26,798
Magnesio	cmol+/kg	9,461	6,663	7,144
Hierro	mg/kg	67,04	116,99	55,72

Cobre	mg/kg	9,73	1,38	6,50
Zinc	mg/kg	2,78	0,82	5,00
Manganeso	mg/kg	5,43	4,20	3,09
Densidad Aparente	g/ml	1,21	1,17	1,13
Arcilla	%	32,10	26,10	34,10
Limo	%	24,90	24,90	26,90
Arena	%	43,00	49,00	39,00
Textura	-	Franco Arcillosa	Franco Arcilla Arenosa	Franco Arcillosa
Ca+Mg/K	-	121,37	25,90	20,86
Ca/Mg	-	2,94	3,36	3,75
Ca/K	-	90,56	19,96	16,47
Mg/K	-	30,82	5,93	4,39

El análisis químico y físico de los suelos en las comunidades de Piedra Larga, Darailí y La Libertad muestra variaciones significativas en sus propiedades, lo que sugiere diferencias en la fertilidad y manejo agronómico. En términos de pH, los valores oscilan entre 6.18 en Darailí y 6.90 en La Libertad, indicando suelos ligeramente ácidos a neutros, condiciones favorables para la producción de frijol. La materia orgánica varió de 5.21% en Piedra Larga a 6.91% en Darailí, siendo este último el más enriquecido, lo que podría estar relacionado con un manejo más sostenible o una mayor incorporación de residuos orgánicos. La materia orgánica es clave en la mejora de la estructura y fertilidad del suelo, como lo destacan Lal (2020), quien señala su papel en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Los contenidos de nutrientes también muestran disparidades relevantes. En Darailí se observó el mayor contenido de nitrógeno (0.35%) y fósforo disponible (18.76 mg/kg), mientras que Piedra Larga tuvo los valores más bajos en fósforo (5.65 mg/kg). En cuanto al potasio, La Libertad presentó el contenido más alto (1.627 cmol+/kg), superando a Piedra Larga (0.307 cmol+/kg). La relación Ca/Mg fue más equilibrada en Darailí (3.36), mientras que en La Libertad fue más alta (3.75), lo que podría influir en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, ya que estas relaciones afectan la absorción de elementos esenciales (Sparks et al., 2019). Estas diferencias

sugieren que Darailí podría tener un mejor potencial para el desarrollo de cultivos con una menor dependencia de fertilizantes químicos.

En cuanto a las características físicas, los suelos de Piedra Larga y La Libertad se clasificaron como francos arcillosos, mientras que Darailí presentó una textura franco arcilla arenosa. Esto podría influir en la capacidad de retención de agua y nutrientes, siendo los suelos de Darailí más susceptibles a lixiviación debido a su mayor contenido de arena (49%). Por otro lado, la densidad aparente fue más baja en La Libertad (1.13 g/ml), lo que podría favorecer una mejor aireación y penetración radicular, factores esenciales para la productividad del frijol (Brady & Weil, 2017). Estas diferencias resaltan la importancia de adaptar las prácticas de manejo agronómico a las características específicas de cada comunidad para optimizar los rendimientos y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

9.3. Residualidad de glifosato en suelo y grano

Los niveles de residualidad de glifosato en los suelos de las parcelas estudiadas revelan variaciones significativas entre las comunidades (Figura 3). La mayor concentración se observó en La Libertad (8.35 ppm), seguida de Darailí (6.36 ppm) y Piedra Larga (3.36 ppm). Estas diferencias pueden estar asociadas con las frecuencias de aplicación reportadas: seis aplicaciones en la Libertad y cuatro tanto en Darailí como en Piedra Larga. Este patrón coincide con investigaciones previas que han demostrado que la frecuencia y la dosis de aplicación son factores determinantes en la acumulación de glifosato en el suelo, afectando tanto la biodiversidad edáfica como los procesos de mineralización del suelo (Duke & Powles, 2008).

La alta residualidad en La Libertad y Darailí, podría también estar vinculada con las características físico-químicas del suelo. En esta comunidad, la textura franco arcilla arenosa y el contenido moderado de materia orgánica (6.91%) pueden influir en la adsorción y la movilidad del glifosato en el perfil del suelo. Estudios de Bento et al. (2016) señalan que los suelos con menor contenido de arcilla y mayor proporción de arena presentan menor capacidad de retención de glifosato, lo que podría explicar su mayor disponibilidad en el entorno. Por otro lado, en Piedra Larga, la residualidad más baja (3.36 ppm) puede estar relacionada con su menor frecuencia de aplicación y características texturales que favorecen la adsorción.

La presencia de glifosato en el suelo plantea riesgos tanto para la sostenibilidad del sistema productivo como para el medio ambiente. Su persistencia puede inhibir la actividad microbiana benéfica, afectar la fertilidad a largo plazo y contaminar fuentes de agua cercanas (Van Bruggen et al., 2018). Por ello, es crucial implementar prácticas agronómicas que reduzcan su uso, como el manejo integrado de malezas y la incorporación de prácticas agroecológicas. Además, es fundamental monitorear y regular las dosis aplicadas para minimizar los efectos negativos en el agroecosistema y garantizar la sostenibilidad de los sistemas de producción de frijol.

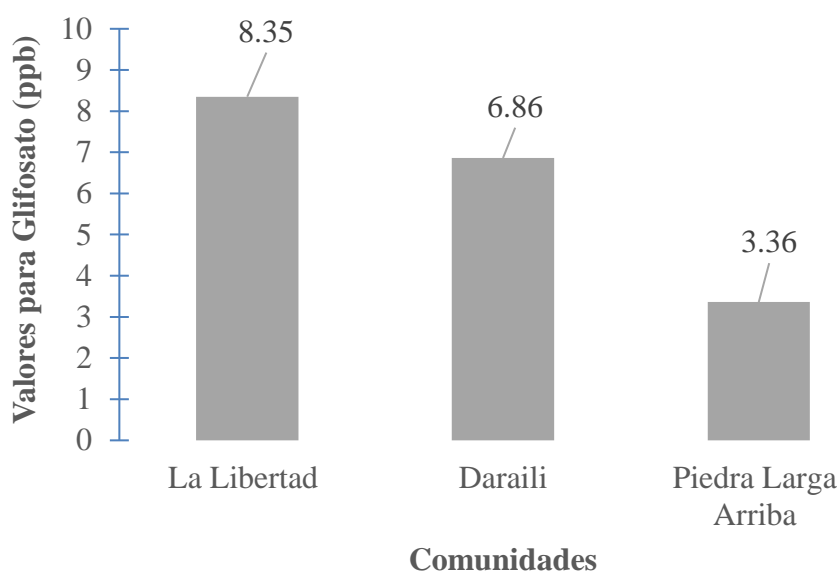


Figura 3. Representativa residualidad del glifosato

El glifosato tiene la capacidad de translocarse del tejido vegetal (raíz) hacia el suelo e incrementa la persistencia de dos a seis veces en suelos en los que pudiesen existir restos de plantas a los que previamente se aplicó el herbicida. El glifosato una vez en el suelo puede movilizarse por competencia con el fósforo, lo cual podría representar una ruta de transferencia adicional del herbicida hacia plantas no consideradas (blanco u objetivo), esto estará fuertemente influenciado por las características del suelo como potencial de fijación de fósforo, contenido de hierro disponible para la planta, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y materia orgánica del suelo según Salazar López & Aldana Madrid (2011).

El glifosato puede degradarse a través de dos vías metabólicas (sarcosina y AMPA) una relacionada con la actividad enzimática liasa sobre los ligandos C-P que libera sarcosina y fosfato, la segunda consiste en un proceso de oxidación a través de una enzima glifosato reductasa (GOX), que rompe el enlace C-N (Carbono), formando el metabolito ácido aminometilfosfónico (AMPA) (Gonzales Ortega & H., 2020) a través de bacterias que degradan el glifosato. La materia orgánica del suelo también afecta indirectamente la sorción del glifosato. El fosfato del suelo compite con el glifosato por la sorción, lo que en última instancia afecta la retención y degradación del glifosato. La presorción de fosfatos casi elimina las posibilidades de sorción de glifosato en algunos suelos, aunque se ha descubierto que en algunos suelos la disponibilidad de fosfato acelera la degradación del glifosato. (Singh, y otros, 2020).

X. CONCLUSIONES

El análisis de los insumos utilizados en la producción de frijol demuestra que los productores aplican diversos tipos de herbicidas y fertilizantes, aunque las dosis y frecuencias de aplicación no siempre están alineadas con las recomendaciones técnicas. Esto sugiere una práctica agronómica basada en la experiencia empírica, lo que podría influir negativamente en la eficiencia productiva y el impacto ambiental.

En cuanto a las características físico-químicas del suelo, se observó que las propiedades varían significativamente entre comunidades, lo que afecta la capacidad de retención de nutrientes y agua. Estas diferencias tienen implicaciones directas en el manejo agronómico, ya que las prácticas deben adaptarse a las condiciones específicas de cada área para optimizar los rendimientos. Por ejemplo, Darailí, con su textura franco arcilla arenosa, requiere un manejo más cuidadoso para evitar lixiviación de nutrientes, mientras que La Libertad, con una mejor densidad aparente y mayor contenido de potasio, presenta mejores condiciones para la producción agrícola.

La residualidad de glifosato en los suelos refleja tanto las prácticas de aplicación como las características del suelo en cada comunidad. Las mayores concentraciones observadas en La Libertad y Darailí, indican un uso intensivo del herbicida, lo que representa un riesgo para la salud del suelo y el ambiente, además de evidenciar la necesidad de prácticas más sostenibles.

XI. RECOMENDACIONES

Entre las principales recomendaciones que surgen de los resultados del presente estudio, están:

Es crucial promover capacitaciones en manejo adecuado de insumos, ya que el uso excesivo o desbalanceado de estos puede alterar la calidad del suelo y la sostenibilidad del sistema productivo.

Es fundamental aplicar las dosis recomendadas de glifosato y evitar aplicaciones con frecuencia continua, para evitar efectos residuales en el cultivo de frijol.

La implementación de alternativas agroecológicas, como el manejo integrado de malezas y el uso de bio herbicidas, es fundamental para reducir la dependencia del glifosato y sus efectos acumulativos, garantizando sistemas productivos más resilientes y sostenibles.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Allan, & Mireia. (23 de Junio de 2023). La Tanina. Obtenido de <https://latanina.com/es-malo-el-glifosato/>
- Asociación de productores de Santa Lucia ASOPROL. (Septiembre de 2009). Obtenido de https://www.bolsagro.com.ni/documentos/buenas_practicas_agricolas/GUIA%20TECNICA%20PARA%20EL%20CULTIVO%20DE%20FRIJOL.PDF
- BAYER. (19 de Abril de 2022). Science for a better life. Obtenido de <https://www.conosur.bayer.com/es/conservacion-del-ambiente-y-la-biodiversidad#:~:text=Si%20bien%20puede%20resultar%20eficaz,de%20agua%20y%20provocando%20escorrent%C3%ADas.>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson Education.
- Centeno, R. M., & Centeno, A. I. (2024). Efecto del glifosato sobre el crecimiento vegetativo en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, Esteli 2024. Tesis para optar al título de Ingeniero Agropecuaria, UNFLEP.
- Chacaguasay, J. (2 de Agosto de 2021). Obtenido de Genially: <https://view.genially.com/610790c5131c280da27a8241/interactive-content-frijol-ph-del-suelo>
- Cherlinka , V. (13 de Mayo de 2022). EOS DATA ANALYTICS. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/deficiencia-de-nitrogeno-en-las-plantas/>
- CRS. (Julio de 2019). Obtenido de <https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2020/05/Instructivo-3-Manejo-fertilizaci%C3%B3n-en-granos-b%C3%A1sicos-4R.pdf>
- DFGRUPO. (01 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://www.dfgrupo.com/magnesio-el-macronutriente-olvidado/#:~:text=Una%20toxicidad%20por%20Magnesio%20en,nutrientes%20de%20acci%C3%B3n%20muy%20delicada.>
- Espinoza, L., Slaton, N., & Mozaffari, M. (s.f.). Obtenido de <https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>

- Fertilab. (s.f). Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Importancia%20del%20zinc%20en%20las%20plantas.pdf>
- Gonzales Ortega , E., & H., M. F. (01 de Diciembre de 2020). Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992022000100113#:~:text=Se%20ha%20considerado%20que%20el,microbiota%20ante%20el%20uso%20del
- INATEC. (2017). Obtenido de https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura . (Septiembre de 2009). Obtenido de <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Juan , Caballero , J. B., & Lledó , L. C. (1995). Obtenido de https://abe.ufl.edu/faculty/carpenna/files/pdf/zona_no_saturada/avances_en_la_investigacion_v2/c21_p301_310.pdf
- Kogan, M., & Alister, C. (s.f.). Obtenido de <http://sidal.cl/assets/dinamica-glifosato-en-el-suelo-inia-uruguay.pdf>
- Kumar, V., et al. (2018). Impact of herbicide usage on agricultural ecosystems: A comprehensive review. *Journal of Agricultural Science*.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and sustainability. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Maitre, M. I., Lorenzatti, E., Lenardon , A., & Enrique, S. (2008). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/158838062.pdf>
- Ministerio Agropecuario . (s.f). MAG. Obtenido de <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=67:produccion-de-frijol-rojo-nicaraguese&catid=11#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20nacional%20de%20Frijol,de%20Producci%C3%B3n%20Consumo%20y%20Comercio.>
- Molina, E. (s.f). Obtenido de <https://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Molina, R., et al. (2021). Nutrient management practices in common bean (*Phaseolus vulgaris*) production systems. *Agriculture and Sustainability*.

- Pennstate. (s.f). Obtenido de <https://plantscience.psu.edu/research/labs/roots/methods/metodologia-de-investigacion/observando-los-desordenes-nutricionales-de-las-plantas/deficiencia-de-fosforo#:~:text=La%20deficiencia%20de%20f%C3%B3sforo%20tiene,por%20la%20s%C3%ADntesis%20de%20antoci>
- Pez verde. (s.f). Obtenido de <https://pezverde.es/tienda/content/8-carencias-y-excesos-de-nutrientes-en-las-plantas-de-acuario#:~:text=Un%20exceso%20de%20potasio%20en,y%20el%20nitr%C3%B3geno%20sean%20excesivos.&text=La%20planta%20es%20m%C3%A1s%20propensa%20a%20contraer%20todo%20tipo%2>
- Ramírez Muñoz , F. (Febrero de 2021). UNA. Obtenido de Universidad Nacional Costa Rica : https://ipen.org/sites/default/files/documents/serie_tecnica_44_glifosato_1_1.pdf
- Rincón, J., Gallardo, Y., Leal, M., & Rojas, Y. (09 de Septiembre de 2002). Obtenido de SciELO: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000200004#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20Fassbender%20y,con%20fosfatos%20en%20suelos%20calc%C3%A1reos.
- Rojas , A., & Anderson , P. (s/f). CIAT. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80031/062DoradoPROFRIJOL94.pdf;jsessionid=550A6B22B0BCA7C6BDAAEAC9D5E1DA3C?sequence=1>
- Schapovaloff Closs, A. D. (Diciembre de 2013). Obtenido de <https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-026.pdf>
- Shaner, D. L., et al. (2014). Herbicide resistance in weeds: Implications and management. *Weed Science*.
- Sparks, D. L., et al. (2019). Soil chemistry and nutrient availability in agricultural systems. *Soil Science Society of America Journal*.
- Toruño Rivera, A. P., Carbono Murgas , R. E., Melo Ríos , A. E., & Merini, L. J. (12 de Enero de 2018). ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754119300252#:~:text=El%20control%20de%20malezas%20presentes,de%20los%20indicadores%20que%20micos%20asociados.>

Treminio, A. A., & Medina, M. P. (2023). Efecto de la residualidad de la molécula del glifosato en suelo, macrofauna y cultivo de *Phaseolus vulgaris* en UNFLEP-Estelí, 2022-2023. Estelí: UNFLEP.

XIII. ANEXOS

Anexo 1 Ubicación geográfica

República de Nicaragua

Macro localización



Micro localización (Maps, 2023)

Anexo 2 Análisis de laboratorio residualidad de glifosato en el suelo



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

GOBIERNO DE NICARAGUA
INSTITUTO DE PROTECCIÓN Y SANIDAD AGROPECUARIA
DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO NACIONAL DE RESIDUOS QUÍMICOS Y
BIOLÓGICOS

IPSA

Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria

INFORME DE RESULTADOS

No. Solicitud: 2023/04656

ANALITOS(Límite de Detección/Límite de Cuantificación)	RESULTADO
Glifosato	14.15 ppb Glifosato

Muestra Ensayada: (652737) Suelo
Identificación: DARAILI-1-4= Daraili-productor 1 de 4
Fecha de Muestreo: 18/07/2023 Cantidad/Peso de Muestra: 1.00 Kilogramos
Lote(s): N/A
Procedencia: N/A
Número de Marchamo: N/A
Nombre de la Granja: N/A Código DVEC-ASA: N/A

ANALITOS(Límite de Detección/Límite de Cuantificación)	RESULTADO
Glifosato	6.86 ppb Glifosato

Muestra Ensayada: (652738) Suelo
Identificación: PIEDRA LARGA-1-5=Piedra Larga-Productor 1 de 5
Fecha de Muestreo: 18/07/2023 Cantidad/Peso de Muestra: 1.00 Kilogramos
Lote(s): N/A
Procedencia: N/A
Número de Marchamo: N/A
Nombre de la Granja: N/A Código DVEC-ASA: N/A

ANALITOS(Límite de Detección/Límite de Cuantificación)	RESULTADO
Glifosato	3.36 ppb Glifosato

Muestra Ensayada: (652740) Suelo
Identificación: LIBERTAD-1-4= La Libertad-Productor 1 de 4
Fecha de Muestreo: 18/07/2023 Cantidad/Peso de Muestra: 1.00 Kilogramos
Lote(s): N/A

Nota: "El informe de Resultado afecta solamente a las muestras sometidas al ensayo"



Dirección: Enel Central, 300 mts al sur, Managua-Nicaragua

Managua, Nicaragua

oscar.martinez@ipsa.gob.ni

Teléfono: 22981330-Ext 200,201

egudiel 03/08/2023
(P.222022)

Página 4 de 5
FG 7.8 1/1

Anexo 3 Análisis de laboratorio residualidad en el grano



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

GOBIERNO DE NICARAGUA
INSTITUTO DE PROTECCION Y SANIDAD AGROPECUARIA
DIRECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO NACIONAL DE RESIDUOS QUÍMICOS Y
BIOLÓGICOS

IPSA

Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria

INFORME DE RESULTADOS

No. Solicitud: 2023/04656

Procedencia: N/A		
Número de Marchamo: N/A		
Nombre de la Granja: N/A	Código DVEC-ASA: N/A	
ANALITOS(Límite de Detección/Límite de Cuantificación)		RESULTADO
Glifosato		8.35 ppb Glifosato

N/A: No aplica



Firma del Responsable del Laboratorio

FINAL DEL INFORME

Nota: "El informe de Resultado afecta solamente a las muestras sometidas al ensayo"

Dirección: Enel Central, 300 mts al sur, Managua-Nicaragua

Managua, Nicaragua

oscar.martinez@ipsa.gob.ni

Teléfono: 22981330-Ext 200,201

egudiel 03/08/2023
(P.222022)

Página 5 de 5
FG 7.8 1/1

Anexo 4 Formato de encuestas realizadas a los productores



DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Encuestas a productores de las comunidades de Darailí, Piedra Larga Arriba & La Libertad Municipios de Condega

1. ¿Explique las labores que realiza en su parcela ejem: chapoda, basureo, siembra directa sin arado, aplicación de herbicidas pre-siembra?

2. ¿Fertilizantes que usa en sus parcelas?

3. Marque con una x en que momento del año siembra

Mayo de primera ()

Septiembre de postrera ()

Noviembre apante ()

4. ¿Cuántas Hectáreas/Manzanas cultiva?

1 Hectarea equivale a 7,050 (m²).

1 Manzana equivale a 10,000 metros cuadrados (m²)

5. ¿Cuánto produce por manzana?

6. ¿A medida que han pasado los años ha utilizado menores o mayores cantidades de productos químicos (herbicidas o fertilizantes)? Especifique sí es así, porqué



“Educación Integral con Calidad, Pertinencia y Humanismo”

Km 166 ½ Carretera Panamericana Norte | Estelí, Nicaragua | Telf: 2719 7600 | www.unflep.edu.ni

7. ¿Sabe el nombre de la variedad de semilla de frijol que utiliza para sembrar?

8. ¿La semilla que utiliza de donde la obtiene, la compra o se la facilitan?

9. ¿Las dosis de producto usadas en los cultivos son por asistencia técnica o por su cuenta?

10. ¿Qué productos usa y cuales son las dosis por bomba (Herbicidas, plaguicidas, fertilizante) en cuanto área (Manzana/Hectárea)?

11. ¿Utiliza las dosis que recomienda la etiqueta de los productos? Especifique sí por otro motivo las aumenta

12. ¿Qué hace con los envases vacíos de productos agroquímicos (ejemplo: glifosato)?

Los recicla y reutiliza ()

Los lava y los desecha a la basura ()



Anexo 5 Cartilla sobre el manejo eficiente del herbicida glifosato como alternativa en los sistemas de producción de frijol en las comunidades



Introducción

La presente cartilla tiene como objetivo brindar información sintetizada a los productores de frijol sobre el uso adecuado del herbicida glifosato, destacando los riesgos asociados con la residualidad en el suelo y en el grano. El conocimiento y la aplicación responsable de este herbicida son esenciales para garantizar la salud del cultivo y minimizar impactos negativos en la calidad del suelo y los productos cosechados.

La expansión agrícola incrementa la necesidad de realizar mayores cantidades de producción en plazos cortos, por lo que los productores se han visto en la necesidad de la búsqueda de métodos que aumenten el rendimiento de su producción y permitan evitar pérdidas por lo mencionado anteriormente para satisfacer la demanda de producción han requerido implementar métodos de prevención y emergencia contra malezas que pudiesen afectar sus rendimientos una de estas técnicas es el uso de herbicidas. La carencia de información lleva en ocasiones a un uso desmedido de dichas sustancias, provocando problemas futuros.

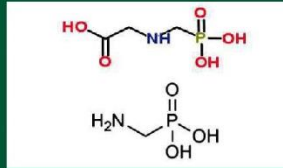
Es importante comprender que aplicar cualquier herbicida se inicia un proceso de interacción entre este y el medio hasta que finaliza su efecto y desaparece. Esta interacción comprende la atmosfera, suelo, agua y plantas. Algunos herbicidas según sus características fisicoquímicas persisten en el ambiente, propiciando con ellas la acumulación en agua y suelo principalmente.

Existen estudios que detectan productos químicos residuales en muestras de suelo y diferentes tipos de granos, por ese motivo es importante realizar el estudio de la persistencia de los productos químicos utilizados en la agricultura por lo cual se abordara que es el herbicida, recomendaciones de uso responsable, riesgos de residualidad (suelo & grano) (Salazar López & Aldana Madrid, 2011)



Piedra Larga Arriba, Departamento de Estelí

GLIFOSATO



Definición

El glifosato es una sal, el cual es un herbicida no selectivo, sistémico de acción foliar, es decir, que ingresa a la planta a través de las hojas para después migrar a otras partes del tejido vegetal donde será metabolizado. (Salazar López & Aldana Madrid, 2011)

Modo de acción

El mecanismo de acción del glifosato es por medio de la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos en las plantas mediante la inhibición de enzimas, con lo que se reduce la producción de proteína y el desarrollo de la planta. (Salazar López & Aldana Madrid, 2011)

Importancia en el control de malezas

El desarrollo y la adopción de tecnologías cambiaron drásticamente el manejo de malezas, el glifosato es uno de los herbicidas más importantes conocidos hasta ahora, una herramienta simple, económica y efectiva para la maleza en los cultivos, sin embargo, la naturaleza se adapta de tal modo que su uso inapropiado puede provocar resistencia en las especies de malezas. (García , 2019)



El herbicida sigue y seguirá siendo a corto y mediano plazo una herramienta de gran impacto para el control de malezas.

Recomendaciones para el Uso Responsable

La gestión responsable de glifosato cobra especial relevancia cuando el usuario final emplea el producto, donde una actitud cuidadosa resulta clave para preservar los beneficios de esta molécula y evitar trazas superiores a los umbrales permitidos en el medio ambiente. Por ello invitamos a todas las partes interesadas a que en su ámbito de trabajo asuman una gestión responsable de las formulaciones con glifosato (distribuidores, técnicos oficiales o privados, y usuarios) y/o se sumen a las iniciativas de formación y educación (autoridades, asociaciones empresariales, técnicos, etc.) pues los desafíos que plantea la producción de alimentos requieren un uso sostenible de todas las herramientas disponibles. (Novilo, y otros, 2008)



(Centeno & Centeno, 2024)

Dosificación adecuada

Producto	Modo de acción		Sistema de producción			Maleza que controla			Dosis/ bomba 20 lt
	Sistémico	Contacto	Convencional	Cero Labranza	Relevo	Gramíneas	Hoja ancha	Ciperáceas	
Glifosato	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	100 cc

(Escoto, 2013)

Momento oportuno de la dosificación

Que la planta (maleza) no esté sometida a ningún estrés, ya sea por sequía o por exceso de humedad, esto ofrece un rango más amplio de control efectivo de malezas. Se recomienda para sistemas de siembra de labranza cero y relevo aplicado en pre-siembra o preemergencia del cultivo, procurando hacerlas debidamente antes de la aplicación, ya que su efecto de control es evidente hasta los 6 - 8 días después de aplicado. (Escoto, 2013)



Condiciones climáticas ideales

- La ausencia de estrés hídrico en los días que precedan al tratamiento.
- Una humedad relativa del aire elevada en el momento del tratamiento y en las horas siguientes.
- Una temperatura y una humedad del suelo elevadas en el momento y en las jornadas siguientes al tratamiento.
- La ausencia de lluvia en las horas siguientes al tratamiento.

(González Gutiérrez, Menéndes Calle, & de Prado Amián, 1999)



Equipo de protección personal.

Para manipular glifosato, se recomienda usar el siguiente equipo de protección personal (EPP):

- **Protección respiratoria:** Mascarilla o respirador con filtros para vapores y partículas químicas.
- **Protección ocular:** Gafas de seguridad, lentes herméticos o pantalla facial que protejan los ojos de salpicaduras.
- **Protección para las manos:** Guantes resistentes a productos químicos, como los de nitrilo o neopreno.
- **Protección para los pies:** Botas de hule o de material impermeable que cubran el pie y el tobillo.
- **Protección para la cabeza:** Capucha impermeable para proteger el cuero cabelludo y/o el conducto auditivo.
- **Traje protector:** Traje completo de material no poroso como Tyvek o PVC.
- **Delantal:** Delantal resistente a productos químicos que proteja de salpicaduras y derrames.

Para llevar a cabo actividades de fumigación de forma segura, es fundamental contar con el equipo de protección personal adecuado. Estos equipos protegen al operador de la exposición a químicos dañinos a la vez que minimizan el riesgo de accidentes. (Martínez García, 2022)

Riesgos de Residualidad en el Suelo

Glifosato tiene la capacidad de translocarse del tejido vegetal (raíz) hacia el suelo e incrementa la persistencia de dos a seis veces en suelos en los que pudiesen existir restos de plantas a los que previamente se aplicó el herbicida. El glifosato una vez en el suelo puede movilizarse por competencia con el fósforo, lo cual podría representar una ruta de transferencia adicional del herbicida hacia plantas no consideradas (blanco u objetivo), esto estará fuertemente influenciado por las características del suelo como potencial de fijación de fósforo, contenido de hierro disponible para la planta, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y materia orgánica del suelo. (Gonzales Ortega & H., 2020)

Descripción de la residualidad

El glifosato es un herbicida que actúa exclusivamente por vía foliar, ya que en el suelo el glifosato es adsorbido rápidamente por las arcillas, las cuales lo inmovilizan e inactivan. Una vez en el suelo, su degradación es esencialmente microbiana. Su vida media en este sustrato es muy variable, pudiendo oscilar de varios días a varios años. Los factores que más influyen en la velocidad de degradación del glifosato parecen ser la población de microorganismos y el grado de adsorción del herbicida. De este modo, la actividad microbiana generalmente se correlaciona de manera positiva con la degradación, mientras que el pH y la presencia de materia orgánica tiene poca incidencia. (Gonzales Ortega & H., 2020)

Factores que afectan la persistencia del glifosato

La persistencia del glifosato en el suelo o en el agua está afectada por varios factores, entre ellos:

Condiciones climáticas: La temperatura y las precipitaciones influyen en la degradación del glifosato. Condiciones cálidas y húmedas favorecen la actividad microbiana, lo que aumenta la degradación y disminuye la persistencia.

Tipo de suelo: La tasa de degradación del glifosato depende de la actividad microbiana, el tipo de suelo y su dinámica. El pH, la materia orgánica, la textura, la estructura y la porosidad del suelo también son factores que influyen en la persistencia.

Propiedades del herbicida: La dosis, la ionización, la presión de vapor, la solubilidad y el grado de retención del herbicida son factores que influyen en su persistencia.

Dureza del agua: La dureza del agua puede inactivar parcialmente el glifosato, lo que reduce su eficacia. (González Gutiérrez, Menéndez Calle, & de Prado Amián, 1999)

Impacto en la microbiota del suelo

Los microorganismos del suelo (microbiota) desempeñan un papel decisivo en la regulación de los ciclos de nutrientes al degradar la Materia Orgánica, propiciando la disponibilidad y asimilación de nutrimentos esenciales para las plantas.

Los efectos del glifosato en el microbiota del suelo dependen de varios factores: la formulación comercial y concentración del herbicida, el tiempo de exposición de la microbiota y la física y química del suelo. De manera general, ante la exposición a herbicidas con glifosato, la composición de la comunidad bacteriana del suelo sufre cambios adaptativos que favorecen la prevalencia de especies tolerantes al glifosato. (Gonzales Ortega & H., 2020)

Problemas de Residualidad en el Grano

Hay pocos estudios publicados sobre la presencia de residuos de glifosato, y los que se han realizado han sido en una variedad de alimentos que tienen como base granos. Los residuos de glifosato se han reportado en distintas partes del mundo, pero en todas han resultado concentraciones bajas, menores al LMR (límite máximo de residuos) resulta entonces importante realizar más estudios de este tipo, con el fin de monitorear la inocuidad de los productos alimenticios para consumo humano formulados a base de granos. Además de ser necesario que se implementen estrategias con el fin de hacer un uso adecuado en la aplicación de herbicidas, en este caso del glifosato, con el fin de reducir los riesgos a la salud en los consumidores. (Navarro, Rojas, Garay, Ríos, & Vásquez, 2024)

Posibles contaminaciones

Por su parte la empresa productora de glifosato asegura que este compuesto no representa riesgos toxicológicos **para** el humano y ambiente, se aborda el tema sobre los ingredientes secretos en los productos químicos y como se utilizan por algunas compañías para declarar que un producto no es tóxico lo cual con base en un solo ingrediente aprovechando la secrecía de ingredientes (formulación).

Es importante considerar que los excipientes (o vehículos) empleados en la manufactura de las diversas presentaciones comerciales, incrementa el efecto tóxico del herbicida en cuestión. Por lo que se recomienda emplearlo con estricto apego a las indicaciones del fabricante y con las precauciones que las buenas prácticas agrícolas marcan. Así como promover estudios por parte de organizaciones independientes y gubernamentales para obtener resultados concluyentes sobre las implicaciones en la salud humana y el ambiente, con el fin de establecer mejores condiciones de regulación en cuanto a su uso. (Salazar López & Aldana Madrid, 2011)

Impactos en la calidad del producto final

Esto implica la acción y colaboración de muchos actores que influyen tanto en las prácticas agrícolas del productor como en los hábitos de consumo del consumidor.

Ante el cambio de modelo agroalimentario que el bienestar humano y el equilibrio ecológico demandan, no se puede pensar únicamente en sustituir al glifosato por otros agroquímicos. A la larga, un control basado únicamente en el uso de plaguicidas dentro de un modelo de agricultura intensiva que privilegia las ganancias genera numerosos efectos negativos (en la salud, el ambiente, la economía, la cultura, la condición social); es necesario implementar otras estrategias basadas en un control integral sostenible.

Controlar las malezas requiere combinar creativamente diferentes prácticas de manejo que dependen del tipo y extensión del cultivo y área donde se establece (Conahcyt, 2020)



(Bonanza , s.f.)

Normativas y límites de residuos permitidos

Las trazas que dejan los productos químicos en los productos tratados, se denominan “residuos”.

Un límite máximo de residuos (LMR) es el nivel máximo de residuos de un producto químico que se permite legalmente en los alimentos o piensos (tanto en el interior como en la superficie) cuando los productos son aplicados correctamente conforme a las buenas prácticas agrícolas. (Codex alimentarius, 2023)

No se encontró evidencia suficiente para respaldar un mecanismo de acción genotóxico para el glifosato. Además, sobre la base de los datos epidemiológicos, así como de los datos de estudios a largo plazo en ratas y ratones y adoptando un enfoque de consideración y cuidado de las pruebas, concluyó que no se justifica ninguna clasificación de peligro por carcinogenicidad para el glifosato. (AESAN, 2022)

Estrategias para Mitigar Problemas de Residualidad

Control químico

Contemplar los efectos sobre la salud humana, la alta probabilidad de desarrollo de malezas resistentes, la contaminación de suelos y aguas, las afectaciones a organismos no blanco, y otros efectos ambientales.

- ✓ Mezclar y rotar herbicidas de síntesis química con baja toxicidad y diferentes mecanismos de acción.

Control cultural

Considerar que existen limitaciones ambientales, de mercado y de maquinaria, o equipo agrícola, que pueden restringir estas opciones.

- ✓ Rotar cultivos.
- ✓ Aplicar fertilizantes nitrogenados durante la pre-siembra (también llamada fertilización de fondo) puede aumentar la capacidad competitiva del cultivo.
- ✓ Sembrar semillas de calidad, certificadas, que garanticen que el germoplasma está libre de malezas.

Control físico

Considerar el tipo de cultivo, la extensión del terreno, la disponibilidad de maquinaria y herramientas, el factor humano y la fuerza laboral disponible.

- ✓ Deshierbe manual con herramientas (azadones, coas, palas o machetes).
- ✓ Deshierbe con tracción animal (yunta o arado). (Conahcyt, 2020)

1. • Reducir las dosis de glifosato y aplicarlo más eficientemente.
2. • Usar herbicidas menos tóxicos, y alternarlos para reducir la resistencia por adaptación a un producto. Usar herbicidas “Caseros” no patentados.
3. • Deshierbar con tracción animal en la fase temprana del cultivo.
4. • Deshierbar con machete y azadón. Fuente de empleo abundante.

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA):

La implementación de las BPA tiene como objetivo la producción de alimentos sanos, inocuos y de calidad, mediante el cuidado de los procesos y las condiciones de producción, y el cuidado, principalmente, de la salud del trabajador rural y su familia y de la sociedad en su conjunto, como así también la preservación de los recursos naturales. (Red de BPA, 2015)

El herbicida es un compuesto capaz de matar plantas en dosis extremadamente bajas. Sin embargo, cuando se usa repetidamente en la misma población de malezas, puede actuar como agente de selección de especies tolerantes y resistentes.

Tolerancia

Se refiere a la capacidad innata de la población para sobrevivir después del tratamiento con herbicidas. Está relacionada con la variabilidad genética natural de la especie.

Resistencia

Es la capacidad que adquiere una planta para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de un determinado herbicida que, en condiciones normales, controla a los demás miembros de la población.

Causas:

- ✗ Aplicación de herbicidas fuera de la etapa recomendada en el prospecto del producto, dificultando el control de malezas
- ✗ Uso de dosis inadecuadas
- ✗ Fallas en la aplicación del herbicida. (Corteva Agriscience, 2023)

Importancia de seguir las Buenas Prácticas Agrícolas

Al utilizar diferentes mecanismos de acción de los herbicidas, practicar la rotación de cultivos, utilizar las dosis recomendadas de herbicidas y realizar controles pre-emergencia el cual se aplica entre la siembra y antes de que el cultivo nazca. Es efectivo para controlar malezas durante la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas & post-emergencia el cual se aplica cuando el cultivo ya ha nacido, generalmente en sus primeros estadios. Es efectivo para eliminar malezas en estado de plántulas. Las buenas prácticas agrícolas contribuyen a la sostenibilidad de la producción en el campo. (Christoffoleti, 2020)

Alternativas al glifosato

Las alternativas más conocidas para el control de la vegetación indeseada sin uso de herbicidas son los métodos mecánicos, manuales y térmicos que se utilizan ampliamente por ser respetuosos con la salud de las personas y con el medio ambiente.

Existen además herbicidas “no sintéticos” basados en distintos vinagres (ácido acético) o en hidroxifosfatos naturales, que se utilizan en la agricultura ecológica por ser rápidamente biodegradables y no tienen efectos significativos sobre la salud y el medio ambiente. (Ecologistas en acción, 2016)

Diversificación de métodos de control de malezas.

Los métodos preventivos incluyen rotación de los cultivos, cultivos de cobertura (usados como abonos verdes o cobertura muerta), sistemas de labranza, preparación de la cama de semillas, solarización del suelo, manejo del drenaje y de los sistemas de riego y de los residuos de los cultivos.

Los métodos culturales incluyen la época de siembra del cultivo y la ordenación espacial, la selección del genotipo (semilla) del cultivo, los cultivos de cobertura (cuando se usan como cobertura viva), los cultivos intercalados y la fertilización.

Los métodos curativos incluyen cualquier método químico, físico (p. ej., mecánico o térmico) y biológico usado para el control directo de las malezas en cualquier cultivo establecido. Una lista de los principales métodos que pueden ser usados en la estrategia de manejo integrado de malezas (Paolo Bàrberi, 2004)

Capacitación y Asesoramiento

La realización de capacitaciones es indispensable para que los productores puedan identificar y reducir riesgos asociados con su uso, de esta manera son diversos los beneficios que encuentran al momento de asistir tales como:

Salud

Al comprender los riesgos asociados con los productos químicos y cómo manejarlos de manera segura evitando lesiones, enfermedades y exposiciones peligrosas.

Reducción de accidentes y emergencias:

Manejo, almacenamiento y desecho de residuos o envases previniendo riesgos de derrames y otras situaciones peligrosas

Protección del medio ambiente

La capacitación crea concientización de modo que evite el exceso frecuencia de aplicaciones lo cual provoca residualidad; contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y demostrando a los productores la responsabilidad social que poseen.

Eficiencia y productividad

Realización de procesos adecuadamente para mayor eficiencia del producto y reducción de pérdida del mismo (Costos). (Amoquimicos, 2024)

Al tener en cuenta estos aspectos los productores tienen varios métodos preventivos y culturales en recursos disponibles para realizar una buena estrategia de control de malezas. La conveniencia de usar un método u otro depende de las actitudes locales de la comunidad y de las limitaciones tales como la disponibilidad financiera, mano de obra y el acceso a los insumos técnicos (semillas, fertilizantes, herbicidas). Sin embargo, la secuencia de cultivos y prácticas culturales asociadas es clave para un manejo efectivo a largo plazo de las malezas en cualquier situación. Se debe promover en capacitaciones la inclusión de estos métodos. Esto obviamente implica que los productores deben ser capacitados para adquirir un mayor nivel de conocimiento. Las soluciones simples tales como sembrar una sola especie de cultivo y la confianza en los herbicidas como único método de control de las malezas puede ser exitoso. (Paolo Bàrberi, 2004)

Acceso a programas de formación

Los programas de formación realizados a los productores garantizan que se evalúen los efectos a largo plazo de los productos químicos que se utilizan en el sector agropecuario, los cuales tienen algún nivel de riesgo y es el productor el que escoge el producto que quiere utilizar en su cultivo. Comparado con otros herbicidas, el glifosato tiene ventajas, pues es fácil de usar y si se aplican las dosis adecuadas, resulta eficaz para el control de malezas. (Portafolio , 2015)



Consulta con expertos agrícolas

Los que han adoptado esta tecnología experimentaron una simplificación sin precedentes en la historia del control químico de malezas, obteniendo excelente control con el uso de un solo herbicida, de bajo impacto en el cultivo y el ambiente, el glifosato. La eficacia, economía y conveniencia de este sistema tuvo como consecuencia que se dejaran de lado algunas prácticas del manejo integrado de malezas, como es la rotación de métodos de control y de principios activos en el control químico, a pesar de los riesgos conocidos de selección de resistencia. Esto no significa que no se hayan mejorado otros aspectos positivos de la agricultura facilitados por la nueva tecnología. La combinación de herbicidas pre-emergentes residuales, la rotación de cultivos, la correcta identificación temprana de las malezas presentes, y la combinación de herbicidas con distintos modos de acción (MOA) en combinación con glifosato para aplicaciones post-emergentes son una manera probadamente eficaz de obtener un control sustentable. (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2013)

Intercambio de experiencias con otros productores

La Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza realizó un Taller de capacitación a productores claves de las comunidades aledañas a UNFLEP, sobre los efectos que provoca el glifosato en macrofauna del suelo y en la productividad del cultivo de *Phaseolus vulgaris* (Treminio & Medina, 2023)



Conclusiones

En base a la revisión realizada sobre el tema podemos concluir que los herbicidas con glifosato como ingrediente activo varía de un suelo a otro, las variabilidades no dan predicciones claras y los resultados de diversos estudios generan diversas deducciones principalmente el uso excesivo e inadecuado del mismo afecta principalmente el suelo, el crecimiento de plantas no consideradas (blanco u objetivo), microorganismos y el producto final (Grano). El empleo de estrategias agrícolas para una producción sustentable a través del manejo integrado de malezas (Control químico, control cultural, control físico) y la producción con Buenas Prácticas Agrícolas.



Recursos Adicionales

Fuentes de información

AESAN. (2022, Diciembre 19). *Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición*. Retrieved from https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/GLIFOSATO.pdf

Amoquimicos. (2024, Junio 24). Retrieved from <https://www.amoquimicos.com/noticias/capitacion-manejo-de-sustancias-quimicas>

Christoffoleti, P. (2020, Diciembre 09). *Revista Cultivar*. Retrieved from <https://revistacultivar-es.com/noticias/principais-recomendacoes-no-manejo-de-resistencia-de-daninhas-em-soja>

Codex alimentarius. (2023). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Retrieved from <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>

Conahcyt. (2020). Expediente científico sobre glifosato y los cultivos GM. *Antología toxicológica del glifosato, V*, 1-31.

Corteva Agriscience. (2023). Retrieved from <https://www.corteva.com.py/content/dam/dpagco/corteva/la/py/es/bpa-site/pdfs/manejo-integrado-de-malezas/Manejo-de-malezas.pdf>

Ecologistas en acción. (2016, Julio 30). Alternativas Glifosato. 1-4. Retrieved from <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/alternativas-glifosato.pdf>

Escoto, N. (2013). *Secretaría de Agricultura y Ganadería*. Retrieved from Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria: <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Cultivo-de-frijol,-G.pdf>

García , A. (2019, Mayo 31). Glifosato herbicida importante. 2-3. Retrieved from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13522/1/INIA-Inforna-n2-01.pdf>

González Gutiérrez, J., Menéndes Calle, J., & de Prado Amián, R. (1999, Febrero). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (J. B. Pedro Caldentey, Ed.) *Factores que afectan a la eficacia*

del *glifosato*(799), 146-149. Retrieved from <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf%5FAgri%2FAgri%5F1999%5F799%5Fcompleta.pdf>

Gonzales Ortega , E., & H., M. F. (2020, Diciembre 01). *Scielo*. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992022000100113#:~:text=Se%20ha%20considerado%20que%20el,microbiota%20ante%20e1%20uso%20del

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2013). Viabilidad del Glifosato en Sistemas Productivos Sustentables. (A. Ríos, Ed.) *Serie Técnica*(204), 163. Retrieved from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7629/1/18429080413103109.pdf>

Martínez García, E. (2022, Abril 25). *Prolaboral*. Retrieved from WORKWEAR & SAFETY: <https://www.prolaboral.com/es/blog/equipos-proteccion-basicos-para-fumigar.html>

Navarro, E., Rojas, J., Garay, R., Ríos, L., & Vásquez, F. (2024). Concentraciones de glifosato y 2,4-diclorofenoxiacético en granos, hojas y suelos en cultivos de cacao. *XXI*(1). doi:<http://dx.doi.org/10.57188/manglar.2024.001>

Novilo, C., Costa Vilamajó, J., V., G.-A., Cordero, J., Canomanuel, G., Ansele, E., . . . Solans, P. (Noviembre de 2008). Gestión responsable para un uso sostenible del glifosato. *La revista profesional de la sanidad vegetal*(203), 72-75. Obtenido de <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/203-noviembre-2008/gestion-responsable-para-un-uso-sostenible-del-glifosato>

Paolo Bàrberi. (2004). *Fao*. Retrieved from Food and Agriculture Organization: <https://www.fao.org/4/y5031s/y5031s0e.htm>

Portafolio . (2015, Mayo 20). Retrieved from <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/agricultores-recibiran-capacitacion-glifosato-21818>

Red de BPA. (26 de Marzo de 2015). Obtenido de <https://www.casafe.org/pdf/2015/BUENAS-PRACTICAS-AGRICOLAS/BuenasPracticasAgricolas-LineamientosdeBase.pdf>

Salazar López, N. J., & Aldana Madrid, M. L. (2011). HERBICIDA GLIFOSATO: USOS, TOXICIDAD Y REGULACIÓN. *XIII*(2), 23-28. Retrieved from <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/download/83/76>

Treminio, A. A., & Medina, M. P. (2023). *Efecto de la residualidad de la molécula del glifosato en suelo, macrofauna y cultivo de Phaseolus vulgaris en UNFLEP-Estelí, 2022-2023*. Estelí: UNFLEP.

Anexo 6 Evidencia gráfica del proceso de ejecución de actividades



Foto 1. Recolección de muestras de suelo de las parcelas en las comunidades



Foto 2. Retroalimentación de resultados con los productores



Foto 3. Entrega de Insumos a los productores



Foto 4. Recolección de muestras de suelo en las parcelas con productores