

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Ingeniería Agroforestal y Ambiental



**Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas
Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén**

Tesis de Licenciatura

Celvin Filadelfo Coy Cac

Guatemala, octubre de 2023

**Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas
Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén**

Tesis de Licenciatura

Celvin Filadelfo Coy Cac, ID 000029602

Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado (**Asesor**)

Licenciada María de los Angeles Martínez Yac (**Revisora de Forma**)

Guatemala, octubre de 2023

Autoridades Universidad Panamericana

M.Th. Mynor Augusto Herrera Lemus

Rector

Dra. HC. Alba Aracely Rodríguez de González

Vicerrectora Académica

M.A. César Augusto Custodio Cobar

Vicerrector Administrativo

EMBA. Adolfo Noguera Bosque

Secretario General

Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc MBA

Decano

M.A Mónica Lissette Alcázar Serralde

Coordinadora

Carta de Responsabilidad de Derechos de Autor

En la ciudad de Santa Elena en el departamento y municipio de Petén

a los 03 días del mes de diciembre de 2021

Por medio de la presente YO, **Celvin Filadelfo Coy Cac** y en lo sucesivo “LA PERSONA AUTORA” hago constar que soy el único titular intelectual de la obra denominada “**Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén**” en lo sucesivo “LA OBRA”, en virtud de lo cual autorizo Universidad Panamericana de Guatemala, “EL ORGANISMO” para que efectuase resguardo físico y/o electrónico mediante copia digital e impresa con la finalidad de garantizar su disponibilidad, divulgación, comunicación pública, distribución, transmisión, reproducción, así como digitalización de esta sin fines de lucro y con el objetivo de divulgarla.

“LA PERSONA AUTORA” autoriza a “EL ORGANISMO” y/o a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la mencionada casa de estudios “LA OBRA” de forma exclusiva en los términos y condiciones aquí expresados, sin que ello implique que se le concede licencia o autorización alguna o algún tipo de derecho distinto al mencionado respecto a la “propiedad intelectual” de la misma obra; incluyendo todo tipo de derechos patrimoniales sobre obras y creaciones protegidas por derechos de autor y demás formas de propiedad industrial o intelectual reconocida o que lleguen a reconocer las leyes correspondientes.

Al reutilizar, reproducir, transmitir y/o distribuir “LA OBRA” se debe reconocer y dar crédito de autoría de la obra intelectual en los términos especificados por el autor, y el no hacerlo implica el término de uso de esta licencia para los fines estipulados. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos patrimoniales y morales de “LAPERSONA AUTORA”.

De la misma manera, se hace manifiesto que el contenido artístico y/o intelectual de cualquier parte de “LA OBRA” son responsabilidad de “LA PERSONA AUTORA”, por lo que se deslinda a “EL ORGANISMO” por cualquier violación a los derechos de autora o autor, de acuerdo con lo establecido en la Ley Guatemalteca y/o tratados internacionales, así como cualquier responsabilidad relacionada con la misma frente a terceros.



Celvin Filadelfo Coy Cac



UNIVERSIDAD
PANAMERICANA

"Sabiduría ante todo, adquiere sabiduría"

Guatemala, 03 de octubre de 2023

Ref. FICA-PF-124/2023

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

De acuerdo con el dictamen rendido por el Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado, asesor de la tesis denominada **Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis Petén**, presentado por el estudiante Calvin Filadelfo Coy Cac quien se identifica con ID 000029602 y, la aprobación de la Evaluación de Competencias Profesionales (ECP), según consta en el Acta No. 030 - 2023, de fecha 12 de junio de 2023; por lo tanto, se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN**, previo a conferirle el título de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental.



Ing. César Augusto Cuevas Guerra
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA

Decano

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Guatemala, 03 de octubre de 2023

Ref. FICA-123/2023

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

CARTA DE ACUSE

Por este medio hago constar que previo a la otorgarsele el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental, el estudiante *Celvin Filadelfo Coy Cac* quien se identifica con ID *000029602*, ha desarrollado la Tesis denominada *"Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis Petén"*.

Aunado a ello, posterior a la lectura del informe de Licenciatura, se hace constar que el trabajo realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En calidad de Decano de Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Ing. César Augusto Cuevas Guerra
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA

Decano

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Guatemala, 03 de octubre de 2023

Ref. FICA-PF-122

DICTAMEN DEL ASESOR DE TESIS

Nombre del estudiante: Coy Cac, Calvin Filadelfo

Título de la tesis: Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis Petén.

Asesor de la tesis: Ingeniero Agr. Victor Augusto Yoj Alvarado

Considerando,

Primero: Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental, **Calvin Filadelfo Coy Cac** quien se identifica con ID 000029602, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado **"Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis Petén"**.

Segundo: Que el profesional Ingeniero Agrónomo Victor Augusto Yoj Alvarado, ha leído el informe de tesis donde consta que el trabajo de tesis realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de asesor del proyecto de tesis se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.


Ing. Agr. Victor Augusto Yoj Alvarado
Colegiado 2,287

Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado
Asesor de Tesis

Guatemala, 02 de octubre de 2023

DICTAMEN DEL REVISOR DE FORMA DE LICENCIATURA

Nombre del estudiante: Coy Cac, Celvin Filadelfo

Título de la Tesis: Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén

Revisora de forma de Tesis: Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores

Considerando,

Primero: Que previo a la otorgarsele el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Agroforestal y Ambiental, el estudiante **Coy Cac, Celvin Filadelfo** quien se identifica con ID **000029602**, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado **“Análisis del Impacto Ambiental Producido por los Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén”**.

Segundo: Que he leído el trabajo de Tesis, donde consta que el estudiante en mención realizó el proyecto investigativo de egreso atendiendo a un método y técnicas propias de esta modalidad académica.

Tercer: Que ha realizado todas las correcciones de redacción y estilo que le fueron planteadas en su oportunidad.

Cuarto: Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de revisora de forma del proyecto de Tesis de licenciatura se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores

Revisora Metodológica de Licenciatura

INDICE

Resumen	i
Introducción	ii
Capítulo I	1
1.1 Antecedentes del Problema	1
1.2 Justificación de la Investigación	2
1.3 Planteamiento del Problema	4
Capítulo II	6
2.4 Sistemas Agroforestales	19
<i>2.4.1 Clasificación de los Sistemas Agroforestales</i>	20
<i>2.4.2 Importancia de los Sistemas Agroforestales</i>	20
<i>2.4.3 Ventajas de los Sistemas Agroforestales</i>	21
2.5 Medio Ambiente	21
2.6 Suelo Agrícola	21
2.7 Agroforestería	22
2.8 Agricultura	23
2.9 Degradación del Suelo	23
2.10 Deforestación	23
2.11 Reforestación	23
Capítulo III	24
3.7 Delimitación	29
<i>3.7.1 Temporal</i>	29
<i>3.7.2 Espacial</i>	29
3.8 Universo	29
3.9 Muestra	29
3.10 Unidades de Análisis y/o Sujetos de Investigación	29
3.11 Técnicas de Investigación	30
<i>3.11.1 Observación</i>	30
3.12 Instrumentos	30

3.12.1 Procedimiento	30
3.13 Caracterización del Estudio	30
3.14 Método de Evaluación de Impacto Ambiental	31
<i>3.14.1 Matriz de Leopold</i>	31
<i>3.14.2 Aplicación de la Matriz de Leopold</i>	31
<i>3.14.3 Procedimiento de Aplicación de la Matriz de Leopold</i>	32
3.15 Capacitaciones	33
3.16 Factibilidad y Viabilidad	33
3.17 Cronograma	34
4.1 Presentación de Resultados	37
4.2 Lista de Cotejo	41
Anexos	52
Anexo No.1 Instrumentos	52
<i>Anexo 1.2 Faunas Existentes en el Área de la Aldea La Esperanza San Luis, Petén que se ven Afectados por el Uso de Agroquímicos</i>	53
<i>Anexo 1.3 Flora Existente en el Área de la Aldea La Esperanza San Luis, Petén que se ven Afectados por el Uso de Agroquímicos y la Reforestación</i>	54
<i>Anexo 1.4 Resultado de Muestra Tomada en Pozo de la Aldea la Esperanza San Luis, Peten, donde Evidencia la Presencia de Sustancias Agroquímicas en el Vital Líquido del cual los Pobladores Ocupan para Consumo</i>	55
<i>Anexo 1.5 Agroquímicos más Utilizados en las Áreas Agrícolas de la Aldea la Esperanza San Luis, Peten.</i>	56
Anexo 2 Fotografías	57
Anexo 3. Autorización de Autoridades donde se Desarrolló el Proyecto de Tesis	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los insecticidas según DL50.	14
Figura 2 Clasificación de los insecticidas según su grupo químico y modo de acción.	08
Figura 3 Clasificación de los herbicidas según su grupo químico y modo de acción.	09
Figura 4 Clasificación de los funguicidas según su grupo químico y modo de acción.	10
Figura 5 Bandas de las etiquetas según categoría toxicológica.	11
Figura 6 Distribución y cambio iónico del plaguicida en el suelo.	14
Figura 7 Esquema representativo del destino ambiental de los plaguicidas.	18
Figura 8 Rutas de ingreso de los agroquímicos en las aguas superficiales.	18
Figura 9 Sistemas agroforestales por componente agrícola y forestal.	20
Figura 10 Servicios ambientales que presta el suelo.	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición operativa.	26
Tabla 2 Desglose de acciones.	31
Tabla 3 Fragmento de la Matriz de Leopold.	32
Tabla 4 Cronograma de actividades.	34
Tabla 5 Aplicación de la matriz de Leopold.	35
Tabla 6 Factores ambientales.	38
Tabla 7 Acciones que producen impacto.	39
Tabla 8 Acciones que producen impacto.	40
Tabla 9 Uso excesivo de agroquímicos.	41

Tabla 10 Aplicación adecuada de productos agroquímicos.	42
Tabla 11 Contaminación de las corrientes de agua.	43
Tabla 12 Áreas degradadas por el uso excesivo de agroquímicos	44
Tabla 13 Uso adecuado en la aplicación y uso de agroquímicos	45
Tabla 14 Áreas deforestadas como producto de monocultivo	46

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Factores ambientales.	38
Gráfica 2 Acciones que producen impacto.	39
Gráfica 3 Acciones que producen impacto.	40
Gráfica 4 Uso excesivo de agroquímicos.	41
Gráfica 5 Aplicación adecuada de productos agroquímicos.	42
Gráfica 6 Contaminación de las corrientes de agua.	43
Gráfica 7 Áreas degradadas por el uso excesivo de agroquímicos.	44
Gráfica 8 Uso adecuado en la aplicación y uso de agroquímicos.	45
Gráfica 9 Áreas deforestadas como producto de monocultivo.	46

Resumen

Los agroquímicos, son sustancias que pueden generar efectos nocivos en la salud y el medio ambiente; en la actualidad, en el territorio guatemalteco el uso de éstos ha ido incrementando extensamente. Considerando las estadísticas sobre el tema, se refleja una alta incidencia de intoxicaciones por malas prácticas en la aplicación, derivado de la ausencia de capacitación asertiva para el manejo de éstos y los efectos que conllevan en el ambiente.

El presente estudio pretende realizar un análisis sobre el impacto producido por los agroquímicos en el control de malezas, enfermedades, plagas y fertilizantes químicos, los cuales son empleados frecuentemente en la Aldea La Esperanza, locación donde se desarrollará la investigación. Cabe mencionar que el empleo de agroquímicos ha ocasionado serios daños al medio ambiente en la localidad, afectando partes de montañas, fuentes de agua y suelos destinados a la producción agrícola.

En el desarrollo del trabajo investigativo se abordarán los conceptos y clasificaciones agroquímicas de uso frecuente en la Aldea La Esperanza, ubicada en el Municipio de San Luis del Departamento de Petén; además, se profundizará en la toxicidad y empleo que se le brinda a los agroquímicos, con el objetivo de demostrar a la población que la utilización de éstos es sumamente perjudicial para la flora, fauna, agua, aire y, especialmente, suelo; además de conllevar consecuencias en el ámbito de la salud en las personas que aplican y están en contacto con dichas sustancias. A partir de ello, se pretende buscar alternativas que permitan mitigar esta problemática a través de sistemas agroforestales, así como la promoción de capacitaciones asertivas contextualizadas a las necesidades encontradas en la aldea para el manejo de los SAF y, así, poder concluir en la generación de recomendaciones basadas en la experiencia adquirida.

Introducción

Los agroquímicos son sustancias capaces de generar consecuencias en la salud y ambiente, sin embargo, han sido utilizados y propagados a nivel nacional dado el aumento de producciones, ante ello, en los últimos años se ha incrementado la incidencia de contaminación, la cual es la mayor problemática y desafío en la actualidad. Es importante destacar que la actividad agrícola ha generado preocupación en diversos sectores dado a las altas aplicaciones de sustancias químicas; adicional a ello, se suma que la falta de supervisión genera alteraciones en el medio ambiente, en especial, en las áreas agrícolas donde el agricultor no posee asistencia técnica sobre las buenas prácticas de aplicación.

La contaminación generada en el medio ambiente y el uso desmedido de agroquímicos es sumamente alarmante dado que destruye el suelo, bosques y recurso hídrico, dando como resultado que comunidades carezcan de agua potable orillándolos a utilizar el agua de río para la elaboración de alimentos y consumo diario; por otro lado, es importante destacar que algunos de los pobladores emplean los recipientes que contenía productos químicos para almacenar el líquido vital, generando así un ciclo de contaminación.

Derivado de lo anteriormente expuesto, el proyecto de investigación tiene como propósito determinar y demostrar que el uso inadecuado y excesivo de agroquímicos ocasiona daños al medio ambiente; para ello, se elabora una matriz diagnóstica a fin de medir la magnitud del impacto generado por el empleo de sustancias químicas; además, se abordará que el desconocimiento de la población, a pesar de ser un elemento escasamente considerado, impacta en los agricultores y en los recursos naturales del país.

El estudio por desarrollar aborda los objetivos de concientizar y capacitar a los agricultores que utilizan agroquímicos a fin de generar alternativas de mitigación o restauración mediante la implementación de sistemas agroforestales, dado que a través de éstos pueden filtrarse toxinas, mejorar las condiciones nutricionales del suelo, reducir cantidades de sustancias químicas y optimizar las condiciones ambientales y de salud de los pobladores. Cabe mencionar que la investigación involucra a cuarenta (40) agricultores a quienes se evaluarán en un periodo de cuatro (04) meses, agosto a noviembre de 2021.

La investigación está constituida por cuatro capítulos; el primer capítulo abarca el marco contextual donde se definen antecedentes, justificación y planteamiento de la problemática derivada del uso de agroquímicos en la Aldea La Esperanza en San Luis, Petén. El capítulo dos, expone el marco teórico donde se profundiza en los conceptos y definiciones alusivas a la temática desarrollada. El tercer capítulo esboza el marco metodológico, en éste se aborda el enfoque y alcance de la investigación, objetivos, delimitación y la muestra donde se ejecutan los instrumentos empleados. Para finalizar, el capítulo cuatro, establece la presentación y discusión de resultados que permiten generar conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I

Marco Contextual

1.1 Antecedentes del Problema

El uso excesivo de productos agroquímicos ha sido empleado desde hace décadas, según estudios realizados, inicialmente se utilizaba azufre como método preventivo de enfermedades, sin embargo, en siglo XVI su uso se expandió al combate de insectos, no obstante, países como China aplicaban cantidades moderadas de compuestos de arsénico con dicho fin.

El origen del uso de plaguicidas modernas en la agricultura y en la salud pública fue en el siglo XIX. Los primeros inventos de plaguicidas fueron elaborados por compuestos altamente tóxicos tales como arseniato de calcio, arseniato de plomo, cianuro de hidrógeno, caldo bordelés y azufre, usados a partir de 1860, para controlar hongos, insectos y bacterias. Debido a su elevada toxicidad dejaron de aplicarse, y fueron reemplazados por plaguicidas de segunda generación, los compuestos orgánicos sintéticos. (Zacharia, 2011, como se citó en Mansilla, 2017)

Cabe mencionar que los años expuestos se experimentaron un movimiento importante en la agricultura a nivel mundial, el cual creció a partir del año 1,960. Ceccon (2008), como se citó en Mansilla (2017), puntualiza que:

Ligado a estos nuevos productos de síntesis química, conocido como revolución verde”. Se divulgó la apropiación de un paquete tecnológico, en el cual se sembraban semillas híbridas, denominadas “variedades de alto rendimiento”, que para indicar su potencial se usaba intensivo de maquinaria pesada, agua, fertilizantes e insecticidas

Tal como explica Curiñaupa (2014), en los años sesenta comenzó a visualizarse el efecto del uso excesivo de agroquímicos y, en el año 1,962, se publica el libro del autor Rache Carson titulado “La Primavera Silenciosa”, donde se detalla la consistencia de insecticidas de organoclorados; en éste argumentaba que “los grandes efectos ecológicos que estaban provocando en los EE. UU, atrajo la atención pública sobre los compuestos, hasta entonces considerados inocuos”. Además, puntualizaba “ciertos animales habían acumulados grandes cantidades de DDT y derivados, y presentaban graves alteraciones reproductivas. Estos condujeron a la prohibición del DDT en EE. UU y, en 1972, la creación de la agencia de protección ambiental (EPA)”.

Cabe destacar que, a pesar de los óptimos resultados iniciales del uso de agroquímicos y del incremento en los rendimientos, tal como explica Zacharia (2011), como se citó en Mansilla (2017).

Comenzaron a notarse efectos letales en el ambiente y en la salud de las personas. Esto fue atribuido a la alta actividad biológica y a la toxicidad, tanto aguda como crónica, de los productos fitosanitarios. Comúnmente conocido como biocidas, ya que tienen el potencial de dañar a otras formas de vida, además de la plaga objetivo.

Autores como Hagmar (2004), como se citó en Curiñaupa (2014) explican que la muestra de agroquímicos “ya sea durante su formulación, producción o utilización puede tener efectos adversos en la salud y el medio ambiente. Estos efectos no siempre están relacionados con lesiones inmediatas y aparentes, sino que pueden tardar incluso años en manifestarse”.

1.2 Justificación de la Investigación

Los agroquímicos son sustancia inorgánicas empleadas en actividades agrícolas para el favorecimiento y optimización de los cultivos para el incremento de la producción; la utilización de éstos aumentó considerablemente dada la demanda mundial por alimentos, principalmente granos y cereales, situación que ha conllevado al uso indiscriminado de dichos productos. Cabe mencionar que la aplicación de agroquímicos es una práctica común en las labores agrícolas, no obstante, dado el uso desmesurado de éstos, se ha convertido en una problemática a nivel mundial

por la toxicidad que conlleva para las persona que lo manipulan, dado que se encuentran expuestos a los componentes y/o ingredientes activos de dichas sustancias, generando posibles intoxicaciones que repercuten en signos o síntomas específicos e inclusive secuelas o efectos crónicos.

Desde la perspectiva del uso excesivo y/o las malas prácticas agrícolas de manipulación se vincula el riesgo a la vida humana, animal, vegetal y fuentes de agua, dado que las consecuencias son sumamente graves y preocupantes; sin embargo, un número elevado agricultores no brinda la importancia a las consecuencias que provocan la incorrecta utilización de agroquímicos, dado que únicamente se enfocan en la facilidad y/o efectividad que éstos productos ofrecen, derivado que entre mayores ganancias que perciben, aumentan la empleabilidad de dichos elementos tóxicos.

La contaminación del recurso hídrico es un ejemplo de la magnitud de secuelas que provocan los agroquímicos por las prácticas agrícolas insostenibles, planteando así una grave amenaza para la salud humana y el ecosistema. Un dato importante por resaltar es que la agricultura es el mayor productor de aguas residuales, por volumen, los contaminantes agrícolas más nocivos son los insecticidas y herbicidas, que con mayor frecuencia son empleados en dicha actividad.

Cabe mencionar que las malas prácticas agrícolas en la mayoría de las ocasiones surgen por el desconocimiento de técnicas adecuadas y moderadas para el uso de productos químicos; además de la falta de información de procedimientos naturales como el uso de sistemas o productos orgánicos que no dañan el medio ambiente o colocan en riesgo la vida humana y ecosistemas. El hecho de concientizar a los agricultores sobre que los métodos naturales son sumamente efectivos para obtener mayores beneficios de la naturaleza sin dañarla, dado que los microorganismos estarían al servicio continuo de la fertilidad del suelo en contraste con el uso de agroquímicos donde los microorganismos desaparecen y únicamente funciona el suelo con el impacto artificial del químico, es, sin lugar a duda, una de las actividades a priorizar.

Aunado a ello, es importante acotar que innumerables agricultores nunca han sido capacitados mediante charlas informativas o talleres formativos vinculados con las buenas prácticas para la manipulación de agroquímico y/o las consecuencias sanitarias y ambientales que conlleva el desconocimiento de los métodos adecuados de utilización. Sumado a ello, los productores tampoco han sido instruidos sobre métodos naturales alternativos como los sistemas

orgánicos, socios de cultivos con árboles forestales y/o reforestación, que pueden ser empleados para coadyuvar al cuidado y protección del medio ambiente.

A raíz de lo anteriormente expuesto, se considera de carácter urgente el análisis y abordaje de esta temática, por lo que se establece como estudio investigativo “Análisis del Impacto Ambiental Producido por Agroquímicos en las Áreas Agrícolas de la Aldea La Esperanza”, el cual posee como finalidad la valuación y determinación de los factores que intervienen en el inadecuado y excesivo uso de agroquímicos, así como la medición del impacto que poseen los productos químicos en el medio ambiente; a partir de ello, se pretende fomentar la implementación de sistemas agroforestales (SAF) para la restauración de áreas destruidas en relación al bosque y, promoción las buenas prácticas para el manejo del suelo, árboles y bosque.

1.3 Planteamiento del Problema

Las sustancias agroquímicas, en la actualidad, son consideradas básicas para llevar a cabo actividades agrícolas a nivel local y nacional; la utilización de los productos químicos dio inicio desde la selección de semillas para cualquier tipo de cultivo, seguidamente del proceso de siembra, control de crecimiento, cosecha y almacenamiento de la producción; si bien es cierto que estos elementos tóxicos poseen beneficios en las plantaciones, repercuten grandemente en el medio ambiente, causando peligro en la flora y fauna y, por ende, en la vida humana; es importante resaltar que entre mayor es el uso de agroquímicos, las secuelas e impacto serán exponencialmente nocivas y peligrosas.

Los agroquímicos, en primer lugar, dañan el suelo dado que es el que recibe de manera directa y sin medida el derramamiento de líquidos tóxicos causando, a gran escala, compactación, erosión y degradación de éste. De igual forma, destruyen microorganismos benéficos y arbustos que apoyan la fertilidad del suelo de manera natural. A raíz de ello, se conduce a la tierra a la sequedad extrema, dicha condición se intensifica si el agricultor labra continuamente en la misma área, es decir, realiza cultivos anualmente.

En segundo lugar, se posiciona el daño al aire y agua, los cuales son altamente contaminados, un ejemplo de ello es ejecutar procesos de fumigación a horas donde se concentran

altas temperaturas, haciendo que la sustancia química se evapore y arrastre el polvo o tierra contaminada a fuentes de agua; a esto se le suma la acumulación de envases o empaques de productos tóxicos como venenos situados a orillas de ríos o nacimientos del recurso hídrico. Un dato importante que mencionar es que, lamentablemente, la agricultura moderna es responsable del vertido de exuberantes cantidades de agroquímicos, sedimentos y sales en los cuerpos de agua. En consecuencia, a las malas prácticas propiciadas por los agricultores y la influencia de los agroquímicos, se originan diversas problemáticas como el bajo rendimiento del suelo por sequedad e infertilidad, destruyendo áreas boscosas y nuevos terrenos, agravando y extendiendo el problema ambiental.

En virtud de lo anteriormente planteado, se establece la presente investigación enfocada en la descripción y análisis del uso de agroquímicos en la comunidad La Esperanza, San Luis, Petén, con el propósito de aportar técnicas y prácticas agrícolas alternas para minimizar el uso de agroquímicos en las áreas de trabajo de las cuarenta (40) familias participantes en el estudio; mediante ello, se pretende mejorar la calidad de vida de la comunidad y los ecosistemas inmersos.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Agroquímicos

El concepto de agroquímico hace referencia a todos aquellos productos elaborados a base de químicos que son empleados frecuentemente en la agricultura, por ejemplo, fertilizantes, insecticidas, plaguicidas y/o herbicidas. García (2008), define “los agroquímicos son un amplio conjunto de sustancias químicas, inorgánicas, que se utilizan para combatir plagas en los vegetales”. Por otro lado, se resalta que la función principal que persigue este tipo de productos es la eliminación de cualquier tipo de insectos, malezas, hongos, bacterias, etcétera; asimismo, funcionan como defoliantes, desecantes, agentes para la reducción de la densidad, evitación de la caída y/o deterioro de la fruta, entre otros. De igual forma, se emplean en procesos de secados, preservación o maduración.

Cabe mencionar que, dentro de los agroquímicos, uno de los más utilizados es el plaguicida, el cual es una mezcla de sustancias que previene, destruye y/o controla cualquier tipo de plaga; dentro de los compuestos químicos que posee se caracteriza ingredientes activos e inertes “como diluyentes o aditivos que son capaces de causar graves daños a la salud y que no son mencionados en las etiquetas” (García, 2008)

Como se ha abordado anteriormente, el uso de productos químicos, a nivel mundial, ha incrementado exponencialmente; según estudios realizados, la tasa de alza ha alcanzado entre el cuatro a cinco coma cuatro por ciento (4% – 5,4%). El peligro que conlleva el aumento desmesurado de la empleabilidad de estos productos radica en los ingredientes que poseen, Mansilla (2012) puntualiza “la principal fuente de agroquímicos es el carbono y nitrógeno, degradándose por la actividad microbiana”.

Asimismo, según Mansilla (2017), como se citó en Mansilla (2012) dentro los principales plaguicidas se incluyen:

- Productos que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

- Sustancias usadas como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de frutas o para evitar la caída prematura.
- Sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para evitar el deterioro durante el almacenamiento y transporte.

Por otro lado, es de suma importancia establecer la clasificación de los agroquímicos, los cuales se categorizan en cuatro (4) grupos:

- Insecticidas.
- Herbicidas.
- Fungicidas.
- Fertilizantes químicos.

2.1.1 Insecticidas

La clasificación según la estructura química toma en cuenta una gran variedad de familias de compuestos, que pueden dividirse en dos grandes grupos, los insecticidas convencionales y los insecticidas irracionales.

Dentro del primer grupo esta estructurados por los insecticidas “modernos de síntesis química, forma parte del grupo de los organoclorados hidrocarburos clorados- junto con el Lindano, el endosulfan, el aldrin, el dieldrin y el clordano, prohibidos actualmente en Argentina y en casi todo el mundo

La Organización Mundial de la Salud clasifica a los insecticidas según su grado de toxicidad o peligrosidad; la toxicidad se mide por medio de la dosis letal media (DL50), o según la concentración media letal (CL50). (Mansilla, 2012)

Figura 1

Clasificación de los insecticidas según DL50.

Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

Nota. Esta figura muestra la clasificación de los insecticidas según DL50. Tomado de *Ramírez y Lascasaña (2014)* como se citó en *Rodas (2017)*.

Figura 2

Clasificación de los insecticidas según su grupo químico y modo de acción.

Insecticidas	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos
	Sistema Nervioso Muscular	Inhibidores de la Acetilcolinesterasa	Organofosforados	Clorpirifos, dimetoato, fenamifós
			Carbamatos	Pirimicarb, metiocarb
		Moduladores del canal Sodio	Piretroides y piretrinas	Cipermetrina, lambdacialotrina
		Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina	Neonicotinoides	Imidacloprid
		Modulador del receptor de la rianodina	Diamida	Clorantraniliprole
	Crecimiento, desarrollo y reproducción	Antagonistas del receptor de ecdisona	Diacilhidracinas	Metoxifenocide
		Inhibidor de la síntesis de quitina	Benzofenilureas	Novaluron
	Respiración y metabolismo de la energía	Inhibidor del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV	Fosfinas	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio
		Inhibidor de la fosforilación oxidativa	Pirazol	Clorfenapir
Sistema digestivo	Toxina alimentaria-disruptor de membrana digestiva-	Proteínas	<i>Bacillus thuringiensis</i>	

Nota. Esta figura muestra la clasificación de los insecticidas según su grupo químico y modo de acción. Tomado de *Mansilla (2017)*.

2.1.2 Herbicidas

Los herbicidas son productos elaborados a base de sustancias químicas con el objetivo de controlar o eliminar malezas consideradas indeseables; éstos son empleados principalmente en las áreas agrícolas dado que las malezas provocan competencias con el cultivo por el agua, nutrimentos, luz y/o espacio, además de que representan fitotoxicidad, incrementando el costo de la cosecha y la disminución de su valor.

Agrisolver (2020) destaca:

La Sociedad Americana de Malezas, en sus siglas en inglés WSSA, Weed Science Society of America, y el Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas, HRAC, Herbicide Resistance Action Committee, implementaron un esquema de clasificación basados en el modo de acción de los herbicidas, que consiste en la serie de actividades que ocurren desde la absorción por medio de la planta, hasta la aparición de fitotoxicidad.

Figura 3

Clasificación de los herbicidas según su grupo químico y modo de acción.

Producto	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos
Herbicidas	Inhibición de la fotosíntesis	Fotosistema I	Bipiridilos	Diquat, paraquat
		Fotosistema II	Triazinonas	Metribuzin
			Ureas	Diuron, linuron
			Benzonitrilos	Bromoxinil
	Inhibición de la división celular	Ensamblaje de microtúbulos	Dinitroanilinas	Pendimetalin
	Inhibición de síntesis aminoácidos aromáticos	Enolpiruvilshikimato sintetasa	Glicinas	Glifosato
	Inhibición de la síntesis de lípidos	Inhibidores de la Acetil CoA carboxilasa	Ciclohexadionas	Setoxidim, Cletodim, Butroxitidim
			Aniloxifenoxis	Diclofop, Haloxifop, Fluazifop
Inhibición de la síntesis de carotenoides	Inhibe formación isoprenoides	Isoxazolidinona	Clomazone	

Nota. Esta figura muestra la clasificación de los herbicidas según su grupo químico y modo de acción. Tomado de Mansilla (2017).

2.1.3 Fungicidas

La American Phytopathological Society, APSNET (2021), explica que los fungicidas, Son mezclas de sustancias químicas elaboradas con la finalidad de prevenir o controlar enfermedades provocados por hongos y bacterias. En las plantas la aparición de hongos es muy común por las diferentes actividades que se realiza en el área agrícola o el mal riego, como ejemplos de ellos están los mildius, antracnosis, mancha bacteriana y entre otros. Gracias a su gran diferencia del resto de organismos (plantas y animales), no se necesitan grandes dosis de producto para que su control se eficaz y resultados favorables.

Por otro lado, el Comité de Acción para la Resistencia de Fungicidas, según explica Ferrero (2017), “ha desarrollado una representación de clasificación de fungicidas, de acuerdo con su modo de acción”, a continuación, se describe la siguiente figura.

Figura 4

Clasificación de los fungicidas según su grupo químico y modo de acción

Producto	Modo de Acción		Grupo químico	Ingredientes Activos	
Fungicidas	Inhibición de la biosíntesis de membrana celular	Síntesis de esteroides	Triazoles	Epoxiconazole Difenoconazole Micobutanil	
	Inhibición de la respiración	Nivel mitocondrial	Metoxiacrilatos	Azoxistrobina	
	Inhibición de la biosíntesis de aa y proteínas	Síntesis de proteínas	Antibiótico hexapiranosil	Kasugamicina	
			Antibiótico glucopiranosil	Streptomicina	
	Múltiples sitios de acción			Ditiocarbamatos	Mancozeb Zineb
				Monometilditiocarbamatos	Metam sodio
				Ftalimida	Captan
				Cloronitrilo	Clorotalonil
				Inorgánico	Sales de cobre
		Inorgánico	Azufre		

Nota. Esta figura muestra la clasificación de los fungicidas según su grupo químico y modo de acción. Tomado de Mansilla (2017).

2.1.4 Fertilizantes Químicos

Éstos, son mezclas físicas o químicas empleadas para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal; sin embargo, las plantas no necesitan compuestos complejos como vitaminas o aminoácidos, los cuales son esenciales en la nutrición del ser humano, dado que sintetizan todo lo que precisan.

Los fertilizantes son productos que contienen elementos químicos que la planta necesita para el ciclo de vida, razón por la cual causan menor daño tanto a ésta como al medio ambiente, no obstante, no es factible indicar lo mismo respecto al suelo, al cual le ocasiona compactación y degradación. García (2012), indica:

La característica más importante de cualquier fertilizante es que debe tener una solubilidad mínima en agua, para que, de este modo pueda disolverse en el agua de riego, ya que la mayoría de los nutrientes entran en forma pasiva en la planta, a través del flujo del agua.

Figura 5

Bandas de las etiquetas según categoría toxicológica.

Banda de color de las etiquetas según categoría toxicológica		
Color de la Banda	Clasificación de la OMS según riesgos	Clasificación del Peligro
Rojo (PMS 199 C)	Ia- Producto Sumamente Peligroso	MUY TOXICO
Rojo (PMS 199 C)	Ib - Producto Muy Peligroso	TOXICO
AMARILLO (MPS AMARILLO C)	II - Producto Moderadamente Peligroso	NOCIVO
Azul (PMS 293 C)	III Producto Poco Peligroso	CUIDADO
Verde (PMS 347 C)	IV - Producto que Normalmente no Ofrece Peligro	CUIDADO

Nota. Esta figura muestra las Bandas de las etiquetas según categoría toxicológica. Tomado de García (2015).

2.1.5 Ventajas de los Agroquímicos

Tal como explica García (2012), dentro de las ventajas de los agroquímicos, es factible resaltar las siguientes:

- Sirven para eliminar plagas y enfermedades (plaguicidas y fungicidas) que atacan los cultivos.
- Mejoran el rendimiento en los cultivos (abonos químicos, granulados o foliares).
- La mayoría de los herbicidas son selectivos, elimina selectivamente ciertas hierbas consideradas malezas.
- Con ellos también se pueden mantener y mejorar las calidades durante su almacenamiento (los conservantes, colorantes y aditivos artificiales empleados en tratamientos post cosecha).

2.1.6 Desventajas de los Agroquímicos

Aunado a ello, García (2012) comenta sobre las principales desventajas que conllevan los agroquímicos.

- Por el excesivo uso de agroquímicos las plagas toman resistencia a los compuestos químicos, provocando una sobrepoblación de especies en las áreas agrícolas atacando los cultivos, disminuyendo así los rendimientos productivos, además de esto la aplicación de insecticidas provoca cambios de hábitat en los insectos y para su supervivencia buscan alimentarse en otras especies como en plantas forestales. E ahí en donde se origina el problema forestal, con la destrucción de algunos árboles montañosos.

- El uso de agroquímicos ha hecho que los campesinos sean exageradamente facilistas, conformistas y sujetos a los compuestos químicos, pues descuidando por completo los daños que causan estas sustancias; así como el daño al medio ambiente, al bosque, al suelo y hasta al mismo cultivo, sólo creen que, si a los cultivos son atacados por alguna plaga, hierba, enfermedad o deficiencia en sus desarrollo o crecimiento, solo tienen que aplicar alguno de los agroquímicos.
- El uso de agroquímicos genera consecuencias fatales para el medio ambiente, la mayoría de las veces ocurre más en las corrientes de agua, o nacimientos de donde se alimentan y/o viven una diversidad de seres vivos ya sean animales o personas; además se volatilizan al aire más si la aplicación se hace en horario donde el sol se calienta y son tan fuertes que pueden permanecer de 7 a 15 días en los cultivos, cambiando el sabor final de algunos productos.

2.2 Problemas Ambientales Derivados al Uso de Agroquímicos

La problemática ambiental derivada del uso de agroquímicos, es una de las prioridades a minimizar, por tal motivo es fundamental reconocer cuáles son las preocupaciones primordiales ante la situación. García (2012) expone lo siguiente:

- Uso desmedido de agroquímicos.
- Contaminación de aire, agua, suelo y alimentos.
- Erosión.
- Deforestación.

2.2.1 Efectos de los Agroquímicos en el Suelo

Los efectos de los agroquímicos en el suelo principalmente se enfocan en el desbalance de la naturaleza, lo cual puede provocar cambios ecológicos dado que en el suelo existe una infinidad

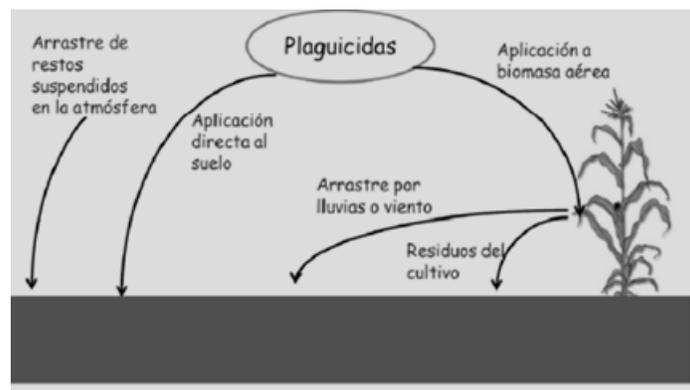
de poblaciones de animales, microorganismos y vegetales que, al introducir plaguicidas causan cambios radicales afectando elementos biológicos y modificando la estructura del suelo.

Si bien es cierto que la aplicación de agroquímicos sobre los cultivos tiene por objetivo controlar las diferentes plagas, su empleabilidad implica a su vez la contaminación directa del suelo. Tal como exponen Suárez et al. (2019) “en áreas extensivas de producción agrícola donde una gran variedad de agroquímicos es utilizada en el curso del año y son aplicados según su formulación ya sea, foliares, granulados o polvos”. Por otro lado, es necesario destacar que el modo de aplicación y el tipo de formulación empleada dependerán en que los agroquímicos se distribuyan en el cultivo y suelo.

Se debe de acotar que al momento en que se lleva a cabo el proceso de suministrar las sustancias agroquímicas, éstas son absorbidas inmediatamente por el ecosistema, tanto por la planta que la asimila desde la raíz y la distribuye por el aire libre para que, finalmente, descienda por el suelo y sea arrastrada directamente al agua para la total contaminación. Ante ello, Rodas (2012) expresa “la aplicación directa en los cultivos, derrames accidentales, lavado de tanques y filtros, principalmente el uso inadecuado de estos compuestos por parte de la población es determinante para la contaminación ambiental”.

Figura 6

Distribución y cambio iónico del plaguicida en el suelo.



Nota. Esta figura muestra la distribución y cambio iónico del plaguicida en el suelo. Tomado de Torri (2015), como se citó en Rodas (2017).

Complementando al tema abordado, Rodas (2012), indica:

Algunos de los factores que influyen en el comportamiento y destino de los agroquímicos en el suelo se clasifican en: a) dependientes, del suelo (tipo de suelo, humedad, pH, temperatura, capacidad de adsorción, etc.) y b) dependientes del plaguicida (naturaleza química y estabilidad ante la degradación química, microbiológica y fotoquímica).

2.2.2 Contaminación del Agua

Demalas y Eleftherohorinos (2011), como se citó en Mansilla (2017), establecen que “la mayor parte del receptor inicial del agroquímico es el suelo, pero por medio del deslave los cuerpos de agua subyacentes a las áreas agrícolas suelen ser el receptor final”. A partir de lo indicado por los autores se concluye que los agroquímicos expuestos en el suelo son derramados hacia las corrientes o nacimiento de agua superficiales luego de la lluvia. Ante ello, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO – (2019) argumenta:

Estos productos pueden estar de forma libre o como partículas adheridas a partículas del suelo minerales... estos productos también pueden ingresar a aguas subterráneas por lixiviación pudiendo alcanzar el agua de pozo utilizada para el consumo humano.

Los estudios topográficos indican la inclinación del suelo, y así se determina con mayor claridad el arrastre de los agroquímicos tanto a aguas superficiales como subterráneas. “Por ejemplo, en terrenos con pendientes elevadas se da un mayor escurrimiento y erosión de suelos contaminados hacia aguas superficiales.

2.2.2.1 Transporte en el Agua. Suárez et al. (2019) indican “cuando es alcanzada el agua superficial, los agroquímicos pueden ser llevados a diferentes distancias dependiendo de factores tales como el estado físico del producto, su estabilidad y la velocidad del flujo del agua”.

2.2.3 Contaminación del Aire

La aplicación de plaguicidas, sin importar el medio de distribución, se despliega y transporta por aire. Gravilescu (2005) establece que,

La emisión de plaguicidas a la atmósfera ocurre desde la canopia de la planta y desde la superficie del suelo; presionado el proceso de vaporación atmosférica, el calor de vaporización del plaguicida, los flujos de aire y el método de aplicación del plaguicida.

2.2.3.1 Contaminación Aérea Vinculada al Uso de Agroquímicos. Las sustancias químicas que no aparecen en las plantas o área deseada son distribuidas por el aire mediante la evaporación; cabe resaltar que este tipo de contagio depende, en gran manera, del medio o equipo empleado en la aplicación. Suárez et al. (2019), comentan que “las gotas de menor tamaño poseen una menor velocidad de sedimentación, por ende, caen más lentamente al suelo que las de mayor tamaño y tienden a viajar largas distancias”.

Por su parte la FAO (2019) explica:

Los factores climáticos influyen el grado en que los agroquímicos contaminan la atmósfera. Por ejemplo, la volatilización es más rápida cuando la temperatura ambiente es mayor. En general, factores ambientales como la velocidad del viento, la temperatura y la humedad necesitan ser tenidos en cuenta cuando se planea aplicar aerosoles para maximizar la cantidad de agroquímico que alcanza su objetivo y minimizar la contaminación aérea.

2.2.3.2 Transporte en el Aire. La persistencia de agroquímico tales como insecticidas organoclorados han sido detectados en animales y nieve de regiones polares, lo cual está extremadamente alejado de cualquier punto de liberación. Ante ello, la FAO (2019) indica “tal caso determina que los agroquímicos son transportados a largas distancias por el movimiento de las bolas de aire en la tierra”.

2.3 Destino Ambiental de los Agroquímicos

Según la FAO (2019), se argumenta que “además de tener en cuenta factores relacionados con el ingreso y movimiento de estos compuestos, es necesario analizar otros factores. Cuatro factores controlan el destino de los agroquímicos en su localización, persistencia, biodisponibilidad y bioconcentración”.

2.3.1 Localización

Ésta, está enfocada en la ubicación del área agrícola y el uso que se le da a la misma. Tal como aborda la FAO (2019), existen distintas clases de agroquímicos asociados al distinto usos del suelo; ante ello expone “en el suelo, aire y agua cercana a malezas o cultivos donde comúnmente se utilizan productos como herbicidas e insecticidas, por ejemplo, el glifosato y sus derivados, cipermetrina y clorpirifos fácilmente esa sustancia llegar a ser contaminante”.

2.3.2 Persistencia

La durabilidad de los agroquímicos dependerá de la formulación y el propósito para el cual se empleará o el área donde será implementado, suelo, agua, aire o clima; “por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha informado que el glifosato puede persistir en el suelo entre 45 a 60 días y los residuos han sido encontrados hasta un año después de su aplicación” (EPA, 1999). Por su parte, la FAO (2019) expresa “aunque en si hay productos que no son tóxico ni muy persistentes, pero sí a los subproductos inertes o los coadyuvantes empleados en su formulación”.

2.3.3 Bioconcentración

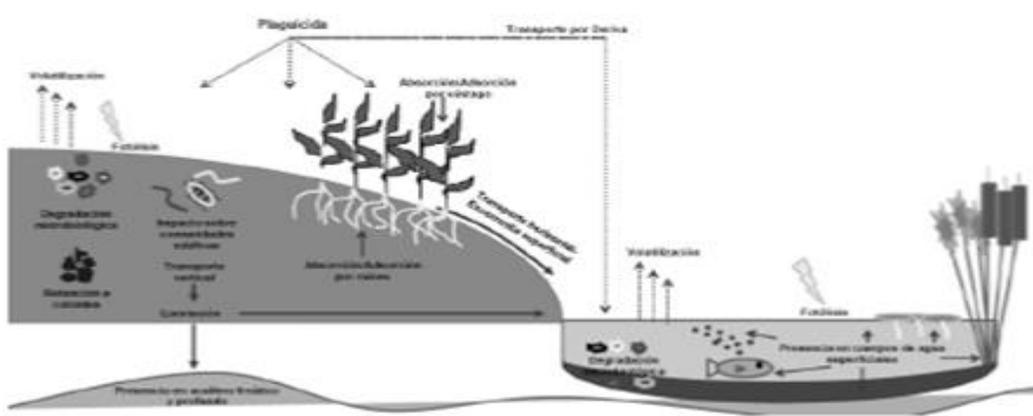
Ésta, se refiere a la formulación existente, en ocasiones, en ingredientes inertes que poseen mayor concentración que otros subproductos o el ingrediente activo.

2.3.4 Biodisponibilidad

Ante tal punto, la FAO (2019, expone “puede ser que en la formulación de un agroquímico como coadyuvante de éste lleve una alta concentración de agua que pueden volver algunos productos más solubles y por ende más disponibles para los organismos acuáticos”.

Figura 7

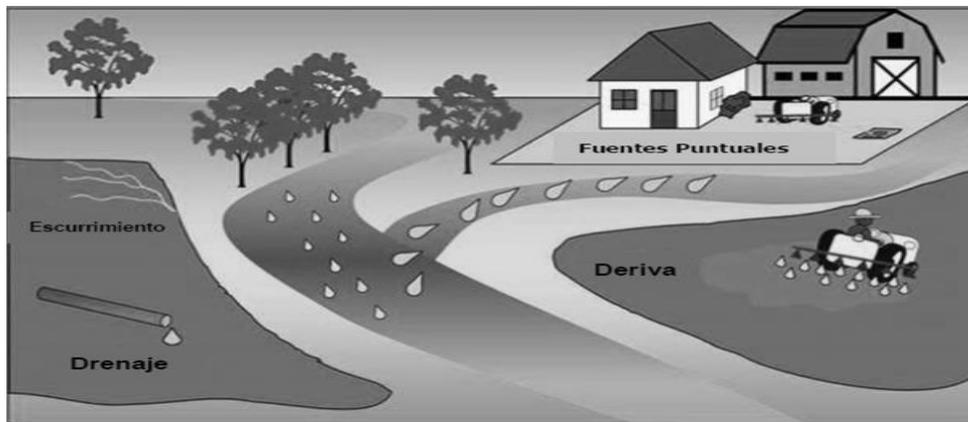
Esquema representativo del destino ambiental de los plaguicidas.



Nota. Esta figura muestra el esquema representativo del destino ambiental de los plaguicidas. Tomado de Aparicio (2015), como se citó en Mansilla (2017).

Figura 8

Rutas de ingreso de los agroquímicos en las aguas superficiales.



Nota. Esta figura muestra las rutas de ingreso de los agroquímicos en las aguas superficiales. Tomado de Suárez (2019).

2.4 Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales – SAF –, son una forma de utilizar el suelo de manera sostenible, para ello, plantas leñosa (forestales) se encuentran de manera deliberada en una misma unidad de tierra con plantas agrícolas, ya sean anuales o perennes, así como con animales de ganado u otros. Tal como explica Japan International Research Center for Agricultural Sciences – López, J (2010),

Esto significa que para que un sistema sea considera agroforestal debe de poseer varios componentes, animal, forestal, cultivos y/o agrícolas, lo mas importante es que una de ellas sea un forestal leñoso perenne y que si producción se más de un año.

Por su parte, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal – CONIF – (1998), como se citó por Sifuentes (2010), expresa “se definen sistemas agroforestales como una serie de tecnologías del uso de la tierra en la que se combinan ecológica y económicamente de manera secuencial o temporal, los árboles y arbustos con cultivos y /o pastos”.

Aunado a ello, López, J (2010), argumenta:

El uso de especies leñosas ya sea en bosque latifoliado o plantaciones en conjunto con actividades agropecuarias, permite balancear el uso productivo de los suelos con la protección de los recursos naturales, como suelo, agua, fauna silvestre y animales domésticos y cultivos agrícolas”. Además de eso permite recuperar áreas degradadas, fertilidad en el suelo y evita la erosión eólica o hídrica. Se debe tener en cuenta en el uso de las especies más adaptadas al lugar, elegir el tiempo de plantación, siembra y uso de los animales, combinado con el ordenamiento apropiado para obtener los mejores resultados.

2.4.1 Clasificación de los Sistemas Agroforestales

La clasificación de los sistemas agroforestales está basada en la función de cada especie, es decir que, según la estructura y densidad que poseen en el espacio y tiempo de vida. López, J (2010), comenta “su base funcional (función del componente leñoso), su base socioeconómica (objetivo comercial) y base ecológica (aptitud del sistema a ciertas condiciones agroclimáticas)”.

Figura 9

Sistemas agroforestales por componente agrícola y forestal

Sistemas	Tipo de uso y actividades
Sistemas agro silvícolas	Agricultura migratoria, barbecho mejorado, cultivo en plantaciones forestales y taungya, árboles en parcelas de cultivos, leñosas como soporte vivo para cultivos, huertos caseros, cultivo en callejones
Sistemas silvopastoriles	Cercas vivas, banco forrajeros, árboles dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones forestales y pasturas en callejones
Sistemas especiales	Silvoentomología y silvoacuicultura

Nota. Esta figura muestra los sistemas agroforestales por componente agrícola y forestal. Tomado de Jiménez y Muschler (2001) como se citó por Sifuentes (2010).

2.4.2 Importancia de los Sistemas Agroforestales

La importancia de los sistemas agroforestales radica en que las especies forestales o leñosas fertilizan los cultivos agrícolas de manera natural y orgánica, aumentando el rendimiento de la producción y evitando el uso de agroquímicos mediante la combinación de especies, evitando la entrada de plagas transmisoras de enfermedades. Por otro lado, los SAF, mantienen la productividad del suelo sin causar degradación; además los árboles brindan leña mediante el proceso de poda, sin necesidad de causar la muerte de la planta.

2.4.3 Ventajas de los Sistemas Agroforestales

López, J (2010), aborda las siguientes ventajas de la utilización de los sistemas agroforestales:

- Conserva el suelo y hábitat para las aves.
- Beneficios económicos múltiples, ya que a través de ello se puede producir una gran variedad de productos para ventas y autoconsumo.
- Protege los nacimientos de aguas y arroyos.
- Menor riesgo para la salud del agricultor, ya que en los sistemas agroforestales se evita el uso de agroquímicos que son altamente peligroso en la salud del hombre.

2.5 Medio Ambiente

Es todo aquello que nos rodea, es decir lo que está a nuestro alrededor, como árboles, animales, plantas, aire, sol, casas, etc. Todo lo que miramos o vemos a nuestros lados, se llama medio ambiente y de nosotros como humanos depende que se mantenga o desaparezca. (García, 2012)

En la Aldea La Esperanza, existe diversidad de especies de árboles, infinidad de plantas silvestres puramente empleadas para uso medicinal, alimenticio o industrial. Por otro lado, con relación a la fauna, ésta forma parte de ecosistemas forestales, por ende, los bosques pueden ser determinantes para las futuras generaciones.

2.6 Suelo Agrícola

El suelo agrícola es aquella área donde el clima es favorable para la germinación, crecimiento y desarrollo del cultivo; asimismo, éste, es rico en nutrientes para garantizar la óptima producción.

Figura 10

Servicios ambientales que presta el suelo.

Servicio ambiental	Descripción
Almacenaje, filtración y transformación	El suelo almacena minerales, materia orgánica, agua y varias sustancias químicas. Sirve de filtro natural de las aguas subterráneas, la principal reserva de agua potable, y libera dióxido de carbono, metano y otros gases a la atmósfera.
Hábitat y reserva genética	El suelo es el hábitat de una cantidad infinita de organismos de todo tipo que viven en el suelo.
Fuente de materias primas	Los suelos proporcionan materias primas tales como las arcillas, las arenas y los minerales.

Nota. Esta figura muestra los Servicios ambientales que presta el suelo. Tomado Rodas (2017).

2.7 Agroforestería

“La agroforestería es una actividad que se lleva a cabo a través de socios de cultivos agrícolas con plantas forestales, ya sea con bosques latifoliado, bosque en regeneración o plantaciones de alguna especie en específico”. (Proyecto de Manejo Sostenible de Recursos Naturales, 2007)

Es importante resaltar que la agroforestería tiene como principales objetivos:

- Minimizar la degradación de suelos.
- Maximizar los efectos benéficos de las interacciones entre el suelo, plantas, animales, paisajes y/o hombre.
- Optimizar la productividad del sistema, respetando los tiempos de la naturaleza y, promoviendo la regeneración del suelo.

2.8 Agricultura

Autores conceptualizan la agricultura como “la actividad que el hombre realiza en el suelo con la finalidad de cultivar y obtener frutos para autoconsumo, con propósitos alimenticios, medicinales y estéticos”. (Proyecto de Manejo Sostenible de Recursos Naturales, 2007)

2.9 Degradación del Suelo

Proyecto de Manejo Sostenible de Recursos Naturales (2017), con relación a la degradación del suelo, comenta “básicamente, es la reducción de la capacidad del suelo provocado por actividades inadecuadas por parte del ser humano, a través de mecanización agrícola de tecnologías utilizadas, uso de productos agroquímicos y la sobrepoblación con fines económicos”.

2.10 Deforestación

La deforestación, se refiere a la pérdida del bosque provocado por la actividad humana mediante actividades agrícolas, ganaderas y/o de comercialización de madera.

2.11 Reforestación

Proyecto de Manejo Sostenible de Recursos Naturales (2007) especifica que la reforestación:

Es una actividad u operación en ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado estaban cubiertas de bosque, regeneración de especies, recuperación de áreas degradadas que en su mayoría fue provocado por actividades para ampliación de áreas agrícolas o ganaderas, así como también la ampliación de áreas rurales.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Problemática a Investigar

Derivado del análisis realizado en la comunidad estudiada, se establece realizar la investigación de egreso de Licenciatura en Ingeniería Agroforestal y Ambiental en el impacto ambiental producido por agroquímicos, en las áreas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.

3.2 Enfoque de Investigación

El presente estudio poseerá un enfoque analítico, dado que analizará las ventajas y desventajas que conlleva la aplicación de agroquímicos, asimismo, esgrimirá una orientación deductiva derivado que pretende establecer el alcance de contaminación que ejercen los productos químicos enfocados en el campo agrícola al medio ambiente.

3.3 Alcance de la Investigación

La investigación por desarrollar involucrará a cuarenta (40) agricultores con producciones que oscilan entre pequeñas y medianas, ubicadas en la Aldea La Esperanza, del Municipio de San Luis, Departamento de Petén, Guatemala.

3.4 Objetivos

3.4.1 Objetivo General

Analizar el impacto ambiental producido por agroquímicos en las áreas agrícolas e implementación de sistema agroforestal como estrategia de restauración en la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.

3.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los agroquímicos mayormente utilizados en la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.

- Evaluar, mediante la Matriz Leopold, las áreas de trabajo agrícola a fin de validar los efectos positivos y negativos ocasionados por los agroquímicos en la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.
- Promover espacios de capacitación y aprendizaje sobre la utilización de agroquímicos y sistemas agroforestales con el objeto de mitigar el daño ocasionado por inadecuado uso de productos químicos en los sistemas de producción en la comunidad La Esperanza, San Luis, Petén.

3.5 Pregunta de Investigación

¿La implementación de sistemas agroforestales, como estrategia de restauración, disminuiría el impacto ambiental producido por los agroquímicos utilizados actualmente en las áreas agrícolas de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén?

3.6 Operacionalización de las Variables

3.6.1 Variable Dependiente

En el rubro de variables dependientes se enlista:

- Análisis del impacto ambiental.
- Nivel de toxicidad de los agroquímicos.

3.6.2 Variable Independiente

En el rubro de variables independientes se categoriza:

- Inadecuada utilización de agroquímicos.
- Malas prácticas de manipulación de agroquímicos.

3.6.3 Definición operativa

Tabla 1

Definición operativa

Problema de Investigación	Variable de Estudio	Variable Dependiente	Variables Independientes	Objetivo General	Objetivos Específicos	Sujetos de Investigación	Preguntas de Investigación
En la Aldea La Esperanza ubicada en el Municipio de San Luis, Departamento de Petén, no cuentan con información y capacitación adecuada sobre la utilización de agroquímicos y los daños causados al medio ambiente, y la	Analizar el nivel de impacto ambiental causado por los agroquímicos a través del método de Leopold y observación directa en el campo.	Análisis del impacto ambiental. Nivel de toxicidad de los agroquímicos	Inadecuada utilización de agroquímicos. Malas prácticas de manipulación de agroquímicos.	Analizar el impacto ambiental producido por agroquímicos en las áreas agrícolas e implementación de sistema agroforestal como estrategia de restauración en la Aldea La	Identificar los agroquímicos mayormente utilizados en la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén. Evaluar, mediante la Matriz Leopold, las áreas de trabajo agrícola a fin de validar los efectos positivos y	Cuarenta (40) agricultores con producciones que oscilan entre pequeñas y medianas, ubicadas en la Aldea La Esperanza, del Municipio de San Luis, Departamento de Petén, Guatemala.	¿La implementación de sistemas agroforestales, como estrategia de restauración, disminuiría el impacto ambiental producido por los agroquímicos utilizados actualmente en las áreas agrícolas de la

<p>repercusión a la salud humana, y alternativas como sistemas agroforestales para mejorar la calidad en el suelo y minimizar la utilización de químicos en sus cultivos.</p>	<p>Esperanza, San Luis, Petén.</p>	<p>negativos ocasionados por los agroquímicos en la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.</p> <p>Promover espacios de capacitación y aprendizaje sobre la utilización de agroquímicos y sistemas agroforestales con el objeto de mitigar el daño ocasionado por inadecuado uso de productos</p>	<p>Aldea La Esperanza, San Luis, Petén?</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

químicos en los
sistemas de
producción en la
comunidad La
Esperanza, San
Luis, Petén.

3.7 Delimitación

3.7.1 Temporal

El estudio investigativo se llevará a cabo durante cuatro meses, de agosto a noviembre del año 2,021.

3.7.2 Espacial

La investigación será realizada en conjunto con los agricultores de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén.

3.8 Universo

La población del estudio será de cuarenta (40) agricultores residentes de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén, entre edades de dieciocho años (18â) a setenta años (70â); representando el cien por ciento (100%) de la población agrícola.

3.9 Muestra

La investigación no poseerá muestra dado que se considerará al cien por ciento (100%) de la población dedicada a la agricultura de la Aldea La Esperanza, San Luis Petén.

3.10 Unidades de Análisis y/o Sujetos de Investigación

Con el propósito de llevar a cabo la investigación, se tomarán como sujetos directos del estudio a los pequeños y medianos agricultores de la Aldea La Esperanza, San Luis, Petén, quienes realizan trabajos de campo agrícola en densidades de una a diez manzanas (1 – 10 mz), donde se obtienen rendimientos por cosecha de treinta a cuarenta quintales (30 – 40q) por manzana en el cultivo de maíz; en el cultivo de frijol el beneficio oscila ente diez a quince quintales (10 – 15q) por manzana y; en el cultivo de cardamomo el aprovechamiento es entre doce a veinticinco quintales (12 a 25q) por manzana.

3.11 Técnicas de Investigación

3.11.1 Observación

Para el desarrollo de la investigación se empleará la técnica de la observación para analizar las áreas agrícolas de diferentes prácticas y la utilización de agroquímicos en las actividades de agricultura, con el objetivo de detectar problemáticas que perjudican al medio ambiente.

3.12 Instrumentos

Con el propósito de llevar a cabo los objetivos del presente estudio, se emplearán los siguientes instrumentos de investigación:

- Guía de observación.
- Lista de cotejo.
- Matriz de Leopold.

3.12.1 Procedimiento

La aplicación del instrumento de observación dirigido a agricultores se llevará a cabo mediante visitas periódicas y capacitaciones sobre la utilización de agroquímicos, donde se abordarán temáticas como cantidad, periodicidad y tipos de sustancias químicas empleadas en áreas agrícolas; a partir de ello, se pretende que los sujetos de investigación adquieran información fundamental y necesaria para llevar a cabo buenas prácticas de manipulación y aplicación de agroquímicos, así como, concientizar de los efectos que éstos producen en el suelo, agua, aire y, como los residuos tóxicos como envases, empaques y deforestación provocada dañan, masivamente, a los ecosistemas. Cabe mencionar que las percepciones observadas se anotarán en la lista de cotejo y en la boleta de campo para el levantamiento de información.

3.13 Caracterización del Estudio

Dado que la investigación será de carácter descriptiva, y se basa específicamente en la observación de campo a ejecutar, se empleará la matriz de Leopold la cual contiene nueve (9)

acciones que pueden impactar al medio ambiente. La matriz de Leopold está representada por filas y cinco (5) condiciones ambientales por columnas.

3.14 Método de Evaluación de Impacto Ambiental

3.14.1 Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold es el instrumento mediante el cual se podrá calcular y analizar factores que afectan, positiva y negativamente, a los sistemas ambientales en áreas agrícolas de la Aldea la Esperanza, San Luis, Petén.

3.14.2 Aplicación de la Matriz de Leopold

Para llevar a cabo la aplicación de la Matriz de Leopold, se tomarán áreas agrícolas que presenten actividades similares, con relación al presente estudio se abordará la aplicación constante de agroquímicos en áreas de trabajo con mayor flujo de labores de agricultura.

Tabla 2

Desglose de acciones para ejecución de Matriz de Leopold.

Acciones Agrícolas
Preparación de suelo
Desinfectante de suelo
Fertilización
Insecticidas
Funguicidas
Herbicidas
Acumulamiento de residuos en áreas de trabajo
Reciclaje

3.14.3 Procedimiento de Aplicación de la Matriz de Leopold

El procedimiento de aplicación de la Matriz de Leopold considera que en la matriz se colocarán dos (2) números en un rango de uno a diez (1 – 10) para llevar a cabo la valorización cuantitativa; el primer número indica la magnitud del impacto y el segundo la importancia de éste.

Tabla 3

Fragmento de la Matriz de Leopold.

		Matriz de Leopold sobre el uso de agroquímico										
Factores ambientales										Evaluaciones		
	Suelo		Agua		Atmósfera	Flora		Fauna		Promedios positivos	Promedios negativos	Promedio aritmético
	Superficial	Subterráneo	Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Calidad de aire	Macro flora	Micro flora	Acuática	Terrestres			
Acciones susceptibles a producir impacto												
Preparación de área												
Desinfección de suelo												
Siembra												
Fertilización química			3	5						0	1	

↑
↑
 Importancia Magnitud

3.15 Capacitaciones

En las capacitaciones, mediante el método teórico, se abordará el uso de agroquímicos y la implementación de sistemas agroforestales; en éstas participarán cuarenta (40) agricultores; cabe resaltar que en las charlas informáticas se expondrán teorías y fuentes científicas.

Con el propósito de capacitar a los sujetos de investigación se desarrollarán dos (2) talleres de concientización y un (1) taller de formación sobre sistemas agroforestales para fortalecer los conocimientos que esgrimen los agricultores sobre la temática, a fin de mitigar y restaurar el daño causado por los agroquímicos. Es importante acotar que para la transmisión de información se empleará la técnica expositiva y participativa, donde se utilizarán recursos didácticos como presentaciones PPT, carteles, fotografías y, el recurso humano como el expositor y participación de los agricultores.

3.16 Factibilidad y Viabilidad

El presente estudio se considera factible y viable de ejecutar dado que es una investigación con enfoque descriptivo, donde se analizará el grado de desarrollo de problemáticas visibles desde tiempos pasados hasta los actuales. Cabe mencionar que la orientación del proyecto encaminará la evaluación bajo el impacto del problema central para crear alternativas de solución y así minimizar agravamientos futuros.

Por otro lado, se acota que el estudio no requerirá una elevada cantidad de recursos económicos o de tiempo para poder ejecutar las acciones correctivas. Dentro del desarrollo de la investigación se considerarán aspectos como área de estudio, transporte, recursos didácticos, materiales, recursos tecnológicos, recursos humanos.

3.17 Cronograma

Tabla 4

Cronograma de actividades del proyecto investigativo.

No	Actividades	Julio		Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre		
		24	31	7	14	28	4	11	18	2	16	30	6	20	27
1	Elaboración, presentación y aprobación de proyecto de investigación														
2	Visitas y observación en áreas agrícolas														
3	Encuesta a agricultores														
4	Análisis de interpretación de resultados														
5	Primera Charla sobre el impacto que provoca el uso de agroquímicos														
6	Segunda Charla sobre las consecuencias que provoca el mal uso de agroquímicos														
7	Capacitación e implementación del sistema agroforestal														
8	Entrega de informe final de tesis														

Capítulo IV

Presentación y Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos permiten responder la premisa sobre el impacto ambiental que provocan los agroquímicos en el medio ambiente de la comunidad La Esperanza, del Municipio de San Luis del Departamento de Petén, los cuales están basados en la observación directa y en la ejecución de la Matriz de Leopold, donde de manera simple resume y jerarquiza los impactos ambientales causados por sustancias químicas empleadas por productores agrícolas del estudio. En el análisis de la información se evaluó principalmente características como el suelo, agua, atmósfera, condiciones ecológicas, flora y fauna, a fin de recopilar información que permitió retroalimentar, mediante capacitaciones, a los agricultores para crear conciencia sobre el daño que conlleva al ecosistema.

A continuación, se postulan los resultados obtenidos, en éstos se muestra la tabla de los factores que ocasiona alteraciones significativas al medio ambiente, representados con el signo negativo (-) indicando la magnitud e importancia del impacto. Las casillas en blanco corresponden a interacciones que se considera que no ocasionan alteraciones significativas o que la acción no produce ningún daño al medio ambiente. Por otro lado, las casetas que representan datos con signo positivo (+) indican que las acciones son de beneficio para el ambiente.

Tabla 5

Aplicación de la matriz de Leopold.

Matriz de Leopold sobre Uso de Agroquímicos

Factores ambientales									Evaluaciones			
	Suelo		Agua		Atmosfera	Flora		Fauna		Promedios positivos	Promedios negativos	Promedio aritmético
	Superficial	Subterráneo	Calidad de agua superficial	Calidad de agua subterránea	Calidad de aire	Macro flora	Micro flora	Acuática	Terrestres			
Acciones susceptible a producir impacto												
Preparación de área	-4 4	-7 4	-3 5	-2 1	-4 2	-2 2	-3 2	-3 2	-3 2	8	-85	
Desinfección de suelo	-7 5	-2 2	-4 4	-5 5	-4 4	-3 4	-2 2	-5 6	-5 6	8	-142	
Siembra	-4 3	+3 5			+2 1		+5 4			3	1	25
Fertilización química	-7 7	-4 3	-5 3	-5 5	-5 6	+3 3	+4 3	-3 4	-3 4	2	6	-122
Aplicación de insecticida	-6 6	-2 1	-5 6	-4 3	-6 6	-3 3		-4 4	-6 6	8	-177	
Aplicación de herbicida	-8 10	-7 6	-6 7	-3 4	-7 7	-5 4	-6 6	-5 4	-3 3	9	-310	

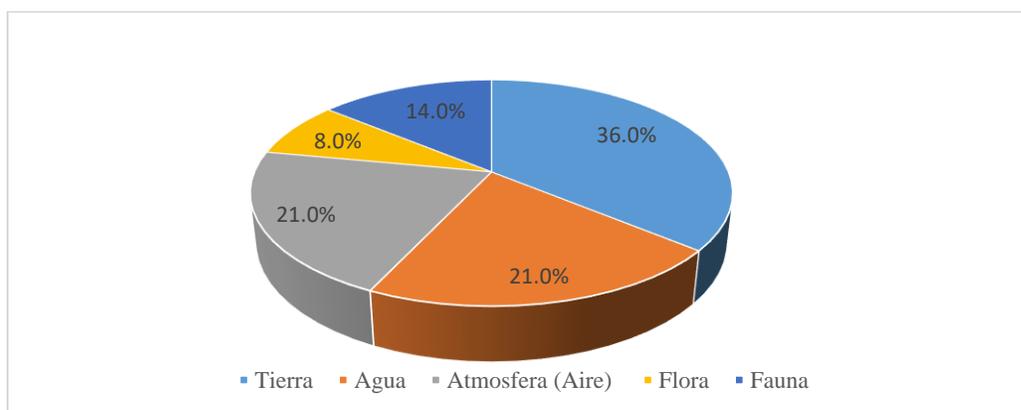
Aplicación de funguicidas	-	-2	-3	-2	-	-4	-3	-3	-2		9	-102
Manejo de desechos	-	-3	-3	-4	-6				-2		6	-92
Cosecha	-	-4			-3	-4					4	-48
Evaluaciones	Positivo		1		1	1	2			5		
	Negativo	9	8	7	7	8	5	4	4	7	59	
	Aritmético	-	-99	-133	-92	-218	-52	-31	-46	-99		-1053

4.1 Presentación de Resultados

Con el propósito de dar respuesta a los objetivos esbozados y con la información obtenida mediante observaciones a los trabajadores y la Matriz de Leopold, fue factible efectuar el análisis y correlación de efectos positivos y negativos de la utilización de agroquímicos; para ello, se identificaron elementos químicos, según efectos los efectos que producen en el medio ambiente y se caracterizó en bajo y alto.

Tabla 6*Factores ambientales.*

Ponderación	Respuesta	Porcentaje
-36	Suelo	36%
-21	Agua	21%
-21	Atmósfera	21%
-8	Flora	8%
-14	Fauna	14%
Total 100		100%

Gráfica 1*Factores ambientales.*

De acuerdo con la observación directa realizada en el campo, y basado en la Matriz de Leopold, los resultados obtenidos correlacionados con factores ambientales se estiman que son afectados todos de forma directa; dando un índice mayor el suelo derivado de la descarga directa de agroquímicos; en segundo lugar, se enlista el agua (Ver anexo 1.4) y el aire dada la dispersión y lixiviado de moléculas al momento de aplicar agroquímicos. En tercer puesto, se esgrime la fauna del área, la cual es afectada por intoxicaciones tras la ingesta de componentes químicos. En último punto, y en menor cantidad, se resalta la flora. (Ver anexo 1.3)

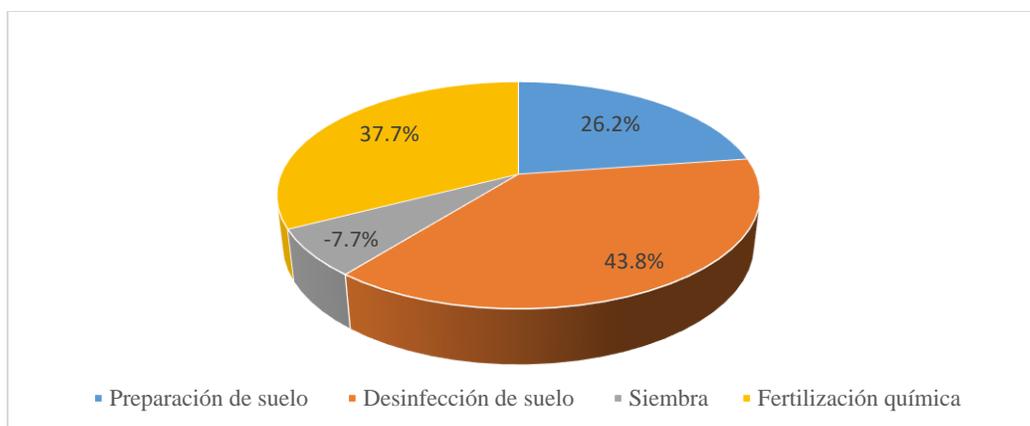
Tabla 7

Acciones que producen impacto.

Ponderación	Respuesta	Porcentaje
-85	Preparación de área	26%
-142	Desinfección de suelo	44%
25	Siembra	-8%
-122	Fertilización química	38%
Total 100		100%

Gráfica 2

Acciones que producen impacto.



En este punto, la información de campo recopilada, a través de la observación y Matriz de Leopold, establece que las acciones que producen mayor impacto nocivo es la desinfección del suelo, la cual se lleva a cabo en la mayoría de parcelas mediante uso de químicos; seguidamente, se resalta el proceso de fertilización de los cultivo a través de productos que poseen síntesis química; de igual forma, la preparación de suelo, donde se emplean fertilizantes, corresponden a acciones con altos grados de repercusiones; por último, y reflejando una baja ponderación se detalla la siembra, dado que ésta se ejecuta de forma tradicional manual.

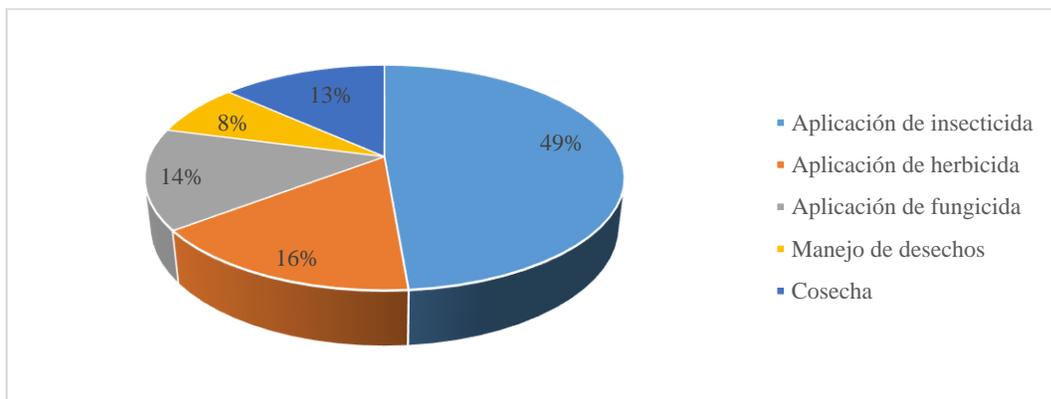
Tabla 8

Acciones que producen impacto.

Ponderación	Respuesta	Porcentaje
-310	Aplicación de insecticida	49%
-102	Aplicación de herbicida	16%
-92	Aplicación de fungicida	14%
-48	Manejo de desechos	8%
-85	Cosecha	13%
Total 100		100%

Gráfica 3

Acciones que producen impacto.



A través de los datos obtenidos en el estudio de campo y las ponderaciones reflejadas en la Matriz de Leopold, se considera que la acción que produce mayor impacto negativo en el ambiente es la aplicación de insecticidas, dado que destruye insectos benéficos y no benéficos del cultivo; en segundo lugar, se postula los herbicidas que, de igual forma, destruyen plantas en su totalidad; en tercer punto, se postula el uso de fungicidas y; por último, el proceso de cosecha, dado que se emplean algunos químicos para el resguardo de la misma. (Ver anexo 1.5)

4.2 Lista de Cotejo

El bosquejo de lista de cotejo empleada puede ser visualizado en el anexo 1.

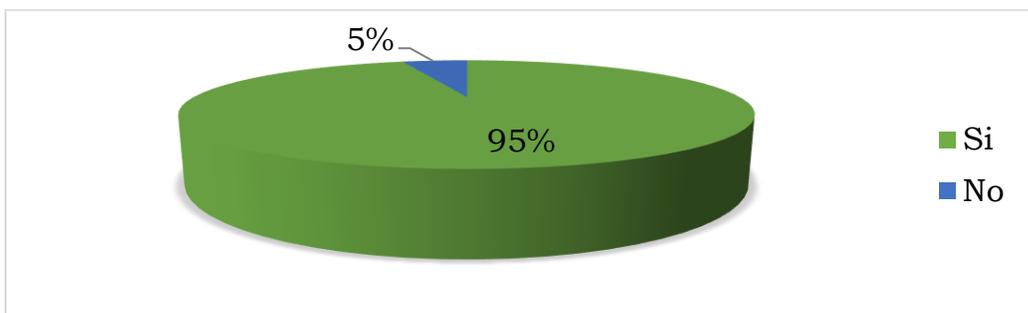
Tabla 9

Uso excesivo de agroquímicos.

No. De parcelas	Respuesta	Porcentaje
38	Si	95%
2	No	5%
Total	40	100%

Gráfica 4

Uso excesivo de agroquímicos.



Para la lista de cotejo, en la observación de campo se evaluaron cuarenta (40) parcelas, de éstas, treinta y ocho (38) evidenciaban uso excesivo de agroquímicos (Ver anexo 1.5), derivado que existen pequeños depósitos dispuestos para almacenamiento de éstos; únicamente dos (2) parcelas reflejan uso escaso de sustancias químicas derivado del alto costo que éstas presentan, por lo que únicamente utilizan la cantidad necesaria de fertilizantes y algunos insecticidas.

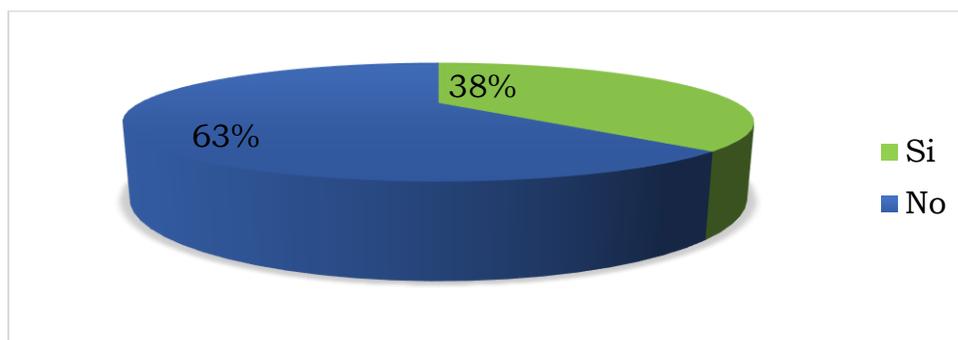
Tabla 10

Conocimiento sobre la aplicación adecuada de productos agroquímicos.

Número de Parcelas	Respuesta	Porcentaje
15	SI	38%
25	NO	63%
Total 40		100%

Gráfica 5

Conocimiento sobre la aplicación adecuada de productos agroquímicos.



En las áreas de trabajo de los agricultores se observó que, en la mayoría de las parcelas, siendo éstas el sesenta y tres por ciento (63%), los propietarios desconocen la correcta aplicación de los agroquímicos, dado que existen malas prácticas en el proceso de dosificación; aunado a ello, los productores puntualizan que no se realizan evaluaciones de las necesidades reales de la problemática y deficiencias de los cultivos, ante este punto, únicamente el treinta y ocho por ciento (38%) de las parcelas conocen, teóricamente, la aplicación adecuada, no obstante, no realizan diagnósticos propicios para determinar si es realmente necesario el uso de kit de cosecha.

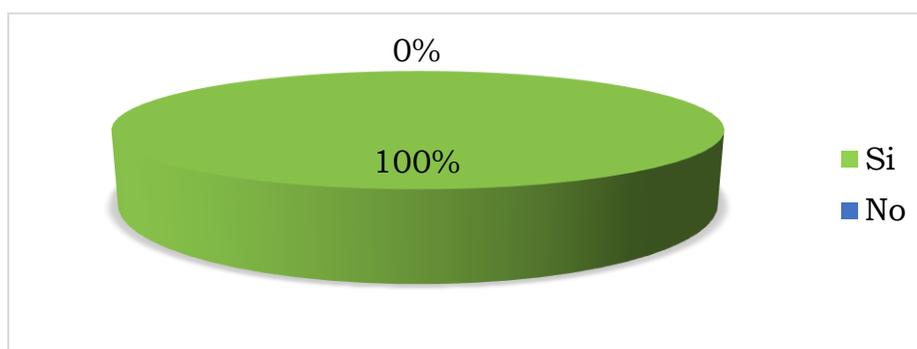
Tabla 11

Contaminación de las corrientes de agua cerca de las áreas agrícolas con residuos o envases de agroquímicos.

No. De parcelas	Respuesta	Porcentaje
40	SI	100%
0	NO	0%
Total	40	100%

Gráfica 6

Contaminación de las corrientes de agua cerca de las áreas agrícolas con residuos o envases de agroquímicos.



Referente al ítem de contaminación de las corrientes de agua cerca de las áreas agrícolas con residuos o envases de agroquímicos, según se coteja, se encontraron residuos que evidencia la presencia de químicos vertidos y envases a la orilla de arroyos y pozo de la comunidad donde se extrae agua para el consumo humano (Ver anexo 1.4); esta situación, sin lugar a duda coloca en riesgo la salud de los pobladores por el desconocimiento de la toxicidad y contaminación que produce.

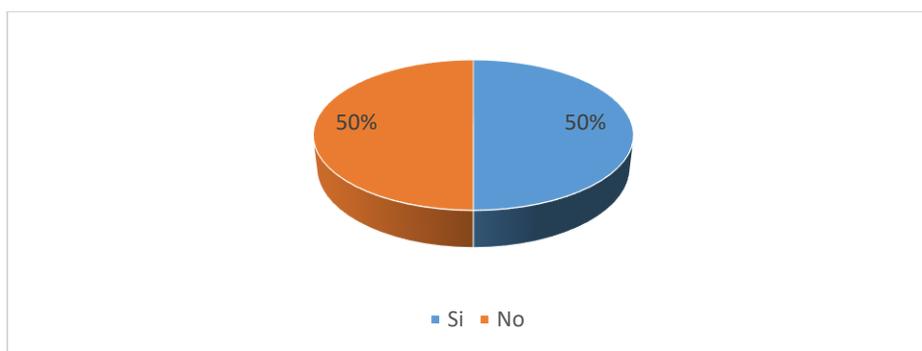
Tabla 12

Áreas degradadas por el uso excesivo de agroquímicos.

No. De parcelas	Respuesta	Porcentaje
20	SI	50%
20	NO	50%
Total	40	100%

Gráfica 7

Áreas degradadas por el uso excesivo de agroquímicos.



Durante el trabajo de campo se evaluaron cuarenta (40) parcelas, dentro de las cuales veinte (20), correspondiente al cincuenta por ciento (50%), se encuentran degradadas por el uso excesivo de agroquímicos; mientras que el otro cincuenta por ciento (50%) están en peligro latente si no se realizan las medidas correctivas en un lapso corto de tiempo, dado que la tendencia de los agricultores radica en el uso excesivo de sustancias químicas derivado que desconocen formas amigables y económicas para cultivar y prolongar la vida del suelo y el ecosistema inmerso.

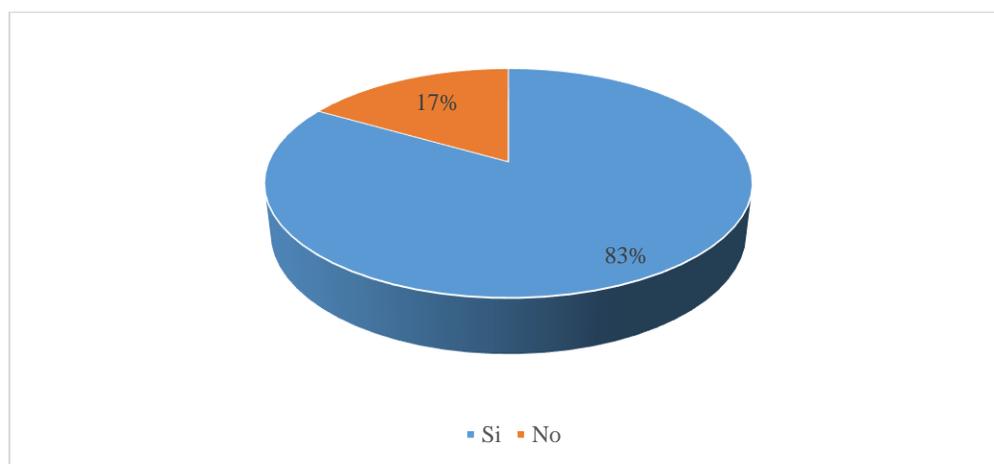
Tabla 13

Uso adecuado y correcto en la aplicación y precaución en el uso de agroquímicos.

No. De parcelas	Respuesta	Porcentaje
33	NO	83%
7	SI	17%
Total	40	100%

Gráfica 8

Uso adecuado y correcto en la aplicación y precaución en el uso de agroquímicos.



El ochenta y tres por ciento (83%) de las parcelas analizadas reflejaron que existen malas prácticas de manipulación y aplicación de agroquímicos; dentro de las problemáticas más recurrentes se evidencia, inadecuada dosificación, desinfección de equipo, equipo deficiente, nulas o escasas medidas de seguridad ocupacional como por ejemplo falta de uso de equipo de protección – EPP – como guantes, mascarilla especial, lentes y vestimenta. Por otro lado, únicamente se resalta que en el diecisiete por ciento (17%) de las parcelas se realizan aplicaciones con medidas correctas, en las primeras horas de la mañana, utilizando ropa adecuada para este propósito.

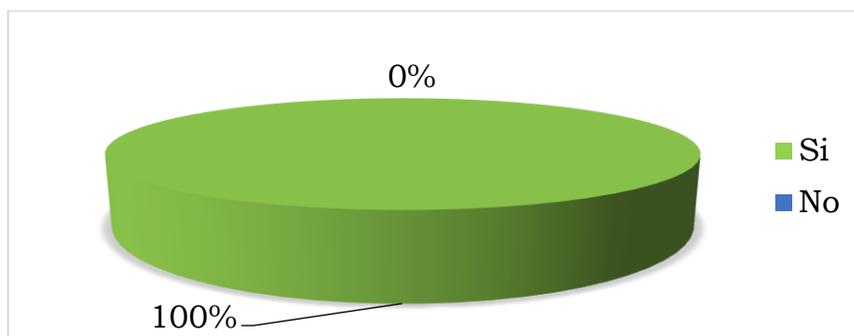
Tabla 14

Áreas deforestadas como producto del monocultivo y por el excesivo uso de agroquímicos.

No. De parcelas	Respuesta	Porcentaje
40	SI	100%
0	NO	0%
Total 40		100%

Gráfica 9

Áreas deforestadas como producto del monocultivo y por el excesivo uso de agroquímicos.



Mediante el proceso de observación fue factible validar que la totalidad de las parcelas objeto de investigación están rodeados de áreas deforestadas como productos de monocultivo, así como, el uso excesivo de agroquímicos, ya que son de fácil acceso en toda el área, causando efectos negativos al medio ambiente.

4.3 Análisis de Ejecución de Capacitaciones sobre el Uso de Agroquímicos y los Sistemas Agroforestales como estrategia de Restauración

Mediante los resultados obtenidos en la Matriz de Leopold y, con la finalidad de proveer y mitigar los daños provocados por los agroquímicos, se realizaron capacitaciones en donde se abordaron temáticas vinculadas al impacto ambiental; importancia del cuidado del medio ambiente; implementación agroforestal como medidas de restauración; protección del medio

ambiente y métodos de implementación de sistemas agroforestales – SAF –. Dentro de las capacitaciones se expusieron las formas correctas de sembrar árboles, así como el mantenimiento y cuidado de éstos; de igual forma, se brindó orientación sobre los tipos de cultivos adaptables en los SAF y las formas adecuadas para llevar a cabo la limpieza y protección sin el empleo de agroquímicos. Cabe mencionar que los talleres informativos tenían como objetivo principal concientizar y crear el sentido de responsabilidad sobre el cuidado y recuperación de los recursos naturales afectados en los participantes.

Por otro lado, es necesario resaltar que, como medida de mitigación, y con el propósito de practicar lo aprendido en las capacitaciones, se realizó una donación de cien (100) árboles de diferentes especies como árbol de Pino, Teca, Rosul, Chicozapote y Matilisguate, a cada uno de los agricultores participantes. Ante ello, se afirma que cada productor recibió con satisfacción los árboles donados, expresando emoción y esperanza de recuperar las áreas de tierra afectas por las malas prácticas de manipulación de agroquímicos; aunado a ello, se mostraron receptivos en la implementación de sistemas agroforestales para obtener beneficios en la agricultura, como la obtención de bosque, leña, madera y medios de sombra y humedad para cultivos de cardamomo y café.

4.4 Conclusiones

- El impacto ambiental que generan los agroquímicos en la Aldea La Esperanza, es mayor a los beneficios obtenidos mediante la aplicación de éstos; llegando a afectar el rendimiento actual de los cultivos. La Matriz de Leopold, permitió concluir que los elementos más afectados por el uso de sustancias químicas agrícolas son el suelo, agua (Ver Anexo 1.4), aire, fauna y otros microorganismos con tasas negativas sumamente elevadas, de tal forma que se establece que éstos son los que se les debe de colocar mayor atención el proceso de mitigación.
- El estudio investigativo, mediante la Matriz de Leopoldo, permitió reconocer que las sustancias químicas con mayor intensidad en el impacto y daño de la naturaleza son los herbicidas, insecticidas y desinfectantes de suelo (Ver anexo 1.5), que son catalogados como tóxicos, sobre dosificados e inadecuadamente empleados en las parcelas de los

agricultores, dado que no solo contaminan el medio ambiente, sino que también arriesgan la salud de quienes los aplican y las familias de la comunidad.

- Las malas prácticas de manipulación y aplicación de agroquímicos están fuertemente vinculadas con la desinformación y falta de capacitación de los agricultores de la Aldea La Esperanza. Comúnmente, fue viable visualizar uso frecuente de sustancias químicas sin control o límite; terrenos infértiles; compactación y erosión del suelo; deslizamiento de tierra con envases y empaques de venenos que son directamente arrastrados a fuentes pluviales, generando contaminación del recurso hídrico y afectado directamente a la vida humana, animal y vegetal.
- La fase de capacitación a los cuarenta (40) agricultores permitió promover buenas prácticas sobre el uso de agroquímicos, asimismo, facilitó la transmisión de conocimientos con el objetivo de mitigar los daños ocasionados por sustancias químicas y abordar temáticas referentes a la protección del medio ambiente.

4.5 Recomendaciones

- Se recomienda desarrollar programas de educación sanitaria y ambiental a poblaciones potenciales y en riesgo, con la finalidad de promover, sensibilizar y concientizar a los pobladores sobre el uso y manejo adecuado del medio ambiente.
- Se sugiere coordinar con autoridades e instituciones gubernamentales y no gubernamentales, así como con representantes, propietarios de agro servicios o fabricantes de agroquímicos, brinden asistencia técnica o capacitación a los agricultores en temáticas correspondiente al uso de agroquímicos, a fin de brindar información sobre el adecuado manejo de estas sustancias y así sean capaces de conocer los diferentes productos y su impacto en el medio ambiente.
- A entidades locales, municipales y/o departamentales se les recomienda coordinar proyectos de implementación de sistemas agroforestales o programas conservacionistas en terrenos de pobladores productores.

- Promover talleres de aprovechamiento forestal sostenible en la comunidad La Esperanza orientados a las especies implementadas por los agricultores para la extracción de leña y subproductos forestales en los raleos que deben hacerse en plantaciones manejadas de forma sostenible.

Lista de Referencias

- Curiñaupa, J. A. (s. f.). *Aplicación de productos agroquímicos en los cultivos de la comunidad de Perccapampa - Distrito de Lircay y sus efectos nocivos en la salud humana* [Tesis]. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Estrada, E. A. (2010). *Manual Técnico Agrícola: Elaboración de abonos orgánicos sólidos, tipo compost* (Primera). <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Suelos/abonosOrganicos.pdf>
- García, J. C. (2008). *Implicaciones ambientales y legales del uso y abuso de agroquímicos en la salud de los habitantes del Departamento de Chimaltenango* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- García, J. R. (2010). *El uso de agroquímicos en los huertos familiares del sitio Cucuy*.
- Gestión de malezas parte IV*. (2020). AgriSolver. <https://www.agrisolver.com/blog/gestion-de-malezas-parte-iv-herbicidas-y-desarrollo-de-resistencias>
- González, J. P. (2013). *Determinación de grado de adopción y evaluación de dos prácticas agroforestales en las comunidades de Cumbas y Conde y Morales Chupa Cotacachiabura* [Bachelor Tesis]. Universidad Técnica del Norte.
- López, J. (2010). *Manual de sistemas agroforestales para el desarrollo rural sostenible: Agroforestería - Silvopastoril - Agrosilvopastoril*. https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/manual_guideline/manual_guideline_-_42.pdf
- Mansilla, C. M. (2017). *Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas en siete modelos socio productivos hortícolas del Cinturón Verde de Mendoza* [Tesis]. Universidad Nacional de Cuyo.

- Ongley, E. D. & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). *Contaminación agrícola de los recursos hídricos: Introducción*. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. <https://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm>
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). *ONU Programa para el medio ambiente: Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf
- Proyecto de Manejo Sostenible de Recursos Naturales. (2007). *Manual de agroforestería*. <https://www.biopasos.com/documentos/028.pdf>
- Riley, M. B., Williamson, M. R., & Maloy, O. (2002). *Plant disease diagnosis* (J. C. Ureta, Trad.). Diagnóstico De Enfermedades En Plantas. <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/casestudies/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>
- Rodas, J. J. (2015). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la Parroquia San Joaquín*.
- Sifuentes, F. J. (2010). *Evaluación de la sostenibilidad ambiental en sistemas agroforestales de pequeños productores del distrito de José Crespo y Castillo*.
- Suárez, R. P., Brodeur, J. C., & Zaccagnini, M. E. (2013). Los agroquímicos y el ambiente. *ResearchGate*, 317231324. https://www.researchgate.net/publication/317231324_Los_Agroquimicos_y_el_Ambiente

Anexos

Anexo No.1 Instrumentos

Anexo 1.1 Lista de Cotejo para Observación de Campo



No.	Criterios	Si	No
1	Se ve el uso excesivo de agroquímico		
2	Conocimiento sobre la aplicación adecuada de productos agroquímicos		
3	Contaminación de las corrientes de agua cerca de las áreas agrícolas con residuos o envases de agroquímicos.		
4	Se ven áreas degradadas por el uso excesivo de agroquímico		
5	Se observa el uso adecuado, la aplicación y precaución en el uso de agroquímicos.		
6	Se ven áreas deforestadas como producto del monocultivo y por el excesivo uso de agroquímicos.		

Anexo 1.2 Faunas Existentes en el Área de la Aldea La Esperanza San Luis, Petén que se ven Afectados por el Uso de Agroquímicos

No.	Nombres	Nombre científico
1	Cutetes	Corytophanes
2	Ratón	Mus musculus
3	Armadillo	Priodontes maximus
4	Mapache	Procyonidae
5	Zorrillo	Mephitidae
6	Gato de montes	Felis silvestris
7	Barba amarilla	Bothrops atrox
8	Mazacuata	Boa constrictor
9	Palomas	Geotrygon montana
10	Gavilán	Accipiter nisus
11	Pato de agua	Anas platyrhynchos domesticus
12	Lombriz Roja	Eisenia fetida
13	Abejas	Anthophila
14	Tortuguillas	Diabrotica speciosa
15	Chinches	Cimex lectularius
16	Mariquitas	Coccinellidae
17	Gusano Cogollero	Helicoverpa armigera
18	Gusano falso medidor	Pseudoplusia includens
19	Mosca negra	Simuliidae

Anexo 1.3 Flora Existente en el Área de la Aldea La Esperanza San Luis, Petén que se ven Afectados por el Uso de Agroquímicos y la Reforestación

No.	Nombres	Nombre científico
1	Nikté	
2	Konop	
3	Apazote	Dysphania ambrosioides
4	Ixpujuj	
5	Chaperno	Lonchocarpus yoroensis
6	Chicozapote	Manilkara zapota
7	Cola de coche	Enterolobium cyclocarpum
8	Jiote	Bursera simaruba (L.)
9	Barío	Calophyllum brasiliense var. rekoi Standl.
10	Palo zorra	Cordia dodecandra
11	Incienso	Boswellia sacra
12	Guayaba	Psidium guajava
13	Bayal	Desmoncus orthacanthos
14	Nance	Byrsonima crassifolia
15	Hierva mora	Solanum nigrum
16	Hongo xikinche	Boletus edulis

Anexo 1.4 Resultado de Muestra Tomada en Pozo de la Aldea la Esperanza San Luis, Peten, donde Evidencia la Presencia de Sustancias Agroquímicas en el Vital Líquido del cual los Pobladores Ocupan para Consumo


GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA
DIRECCIÓN DE ÁREA DE SALUD DE PETÉN SUR ORIENTE

EL INFRASCRITO INSPECTOR DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

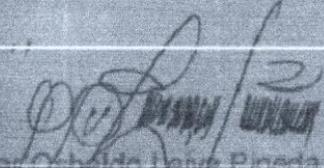
HACE CONSTAR:

Que el día jueves 2 de Diciembre del 2021 se realizó una muestra de Agua del nacimiento, ubicado en Caserío la Esperanza, San Luis Petén.

La cual se analizó en dicho laboratorio con la cuenta el centro de salud de Poptún, Petén, se obtuvo un resultado; Positivo a moléculas de (N-fosfonometilglicina, C₃H₈NO₅P, CAS 1071-83-6) **GLIFOSATO y E-COLY**

Se recomienda que le de tratamiento, para consumo humano.

Y PARA LOS USOS LEGALES QUE AL INTERESADO CONVenga, SE EXTIENDE LA PRESENTE CONSTANCIA EN HOJA DE PAPEL BOND MEMBRETADO TAMAÑO CARTA SELLADO Y FIRMADO EN POPTÚN, PETÉN, A LOS 6 DIAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO DOS MIL VEINTIUNO.


Oscar Obeldo Leiva Pineda
Inspector de saneamiento Ambiental



Anexo 1.5 Agroquímicos más Utilizados en las Áreas Agrícolas de la Aldea la Esperanza San Luis, Peten.

NO.	Nombres	Clasificación de Peligro
Herbicidas		
1	Glifosato	Moderadamente Peligroso
2	Gramoxone	Altamente Peligroso
3	2-4D	Moderadamente Peligroso
4	Ilustre	Moderadamente Peligroso
5	Atrazina	
Insecticidas		
1	Imidacloprid	Moderadamente Peligroso
2	Semevin	Altamente Peligroso
3	Cipermetrina	Moderadamente Peligroso
4	Monarca	Moderadamente Peligroso
Funguicidas		
1	Mancoseb	Poco Peligroso
2	Amistar	Moderadamente Peligroso
3	Comet@	Moderadamente Peligroso
4	INZYDE	Poco Peligroso
Fertilizantes		
12	Calcio-boro	Poco peligroso
13	Triple 15	Moderadamente Peligroso
14	Urea	Moderadamente Peligroso
15	Ixim	Moderadamente Peligroso
16	MOP 0-0-60	Moderadamente Peligroso

Anexo 2 Fotografías

Anexo 2.1 Visitas de Campo



Anexo 3. Autorización de Autoridades donde se Desarrolló el Proyecto de Tesis

Carta de autorización

Aldea La Esperanza, municipio de San Luis, departamento de Petén

En mi calidad de Presidente del Consejo de Desarrollo Comunitario COCODE, de la aldea antes mencionada, en cumplimiento que corresponde mis funciones como autoridad de la comunidad, por este acto, doy respuesta a la Solicitud presentada por el Calvin Filadelfo Coy Cac estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroforestal y Ambiental de la Universidad Panamericana en donde solicita autorización para efectuar su respectiva investigación de Tesis en esta comunidad con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Agroforestal y Ambiental.

Después de haber analizado dicha petición, doy por autorizado el permiso para que realice los estudios en esta comunidad de acuerdo con el tema y la cantidad de personas sujetas a su investigación.

Y, para remitir a donde corresponda, firmo y sello la presente constancia hecha en una hoja de papel bond tamaño carta. A los 25 días del mes de julio de 2021.

Alejandro Maaz Pop

Alejandro Maaz Pop

Presidente de COCODE

