



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición

nombre del programa universitario de investigación de la Digi

"Impacto de prácticas agroecológicas en el suelo y agua para uso agrícola: revisión de campo en sistema milpa en la región Ch'orti', Chiquimula."

nombre del proyecto de investigación

4.8.24.7.39

número de partida presupuestaria

Centro Universitario de Oriente

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica que avaló el proyecto

PhD. Eduardo René Solís Fong (Coordinador)
Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte (Profesor Investigador)
Ing. Agr. Gladys Eunice Ortega Paz (Investigadora)
Ing. Gal. Vivian Cecibel Cerón Elías (Investigadora)
Elder Onasis Moscoso Ortíz
Julio Alberto Guardado Paz
Julio Fernando González Hernández

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por la Digi

Chiquimula, 20 de febrero del 2025

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

MARN Ing. Agr. Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Liuba María Cabrera Ovalle
Coordinadora Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición -
PRUNIAN-

Autores

PhD. Eduardo René Solís Fong, No. de registro personal: 20151682
Coordinador del proyecto

Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte, No. de registro personal: 20100322
Investigador

Ing. Agr. Gladys Eunice Ortega Paz, No. de registro personal: 20241168
Investigador

Ing. Gal. Vivian Cecibel Cerón Elías, No. de registro personal: 20170865
Investigador

Elder Onasis Moscoso Ortiz, No. de registro personal: 20231018
Auxiliar de investigación II

Julio Alberto Guardado Paz, No. de registro personal: 20241160
Auxiliar de investigación I

Julio Fernando González Hernández, No. de registro personal: 20241161
Auxiliar de investigación I

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: **4.8.24.7.39** en el Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición – PRUNIAN-.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Índice general

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Contexto de la investigación	10
3. Revisión de literatura	11
4. Planteamiento del problema	14
5. Objetivos	16
6. Hipótesis	17
7. Método	17
7.1 Tipo de investigación	17
7.2 Enfoque y alcance de la investigación	18
7.3 Diseño de la investigación	19
7.4 Población, muestra y muestreo	19
7.5 Técnicas	21
7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis	22
7.7 Procesamiento y análisis de la información	23
8. Aspectos éticos y legales	24
9. Resultados y discusión	24
9.1 Efecto de las prácticas agroecológicas en la calidad y fertilidad del suelo	25
a. Área establecida por práctica	28
b. Práctica agroecológica según la pendiente	29
c. Tenencia de la tierra con relación al área por agricultor	31
d. Manejo agronómico de los sistemas agrícolas	33
e. Adopción de métodos orgánicos	34
f. Manejo de malezas	34
g. Manejo de plaguicidas y fertilizantes químicos	35
9.2 Análisis de los resultados de laboratorio	39



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

a. Densidad aparente del suelo.....	40
b. Potencial de Hidrógeno.....	42
c. Conductividad eléctrica	44
d. Concentración de fósforo en el suelo	47
e. Concentración de potasio en el suelo	49
f. Porcentaje de materia orgánica en el suelo	51
g. Relación de Fosforo y Potasio con la Materia Orgánica.....	54
h. Efecto de las prácticas agroecológicas en la humedad del suelo y la conservación de suelo 57	
9.2.1 Determinación de la erosión	59
10. <i>Propiedad intelectual</i>	61
11. <i>Beneficiarios directos e indirectos</i>	61
12. <i>Estrategia de divulgación y difusión de los resultados</i>	61
13. <i>Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)</i>	62
14. <i>Contribución al desarrollo de iniciativas de ley</i>	63
15. <i>Vinculación</i>	63
16. <i>Conclusiones</i>	64
17. <i>Recomendaciones</i>	66
18. <i>Referencias</i>	68
19. <i>Apéndice</i>	72
<i>Apéndice 1: Instrumento de recolección de información</i>	72
<i>Apéndice 2. Recolección de suelo en base a las prácticas de conservación de suelo, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula.</i>	73
<i>Apéndice 3. Revisión de efecto de Prácticas (Carrileo de rastrojo y Abono verde)</i>	75
<i>Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación</i>	76
<i>Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario</i>	76
<i>Aprobación de la Dirección General de Investigación</i>	77



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Tabla de prácticas, muestras tratamiento A y B.....</i>	19
<i>Tabla 2: Operacionalización de las variables</i>	22
<i>Tabla 3: Interacción de porcentaje de pendiente y prácticas agroecológicas:</i>	29
<i>Tabla 4: Relación entre área total del terreno y Tenencia de la tierra</i>	32
<i>Tabla 5: Promedio de resultados de laboratorio por práctica agroecológica.....</i>	39
<i>Tabla 6: Tipos de manejo agrícola relacionados a parámetros de laboratorio y macrofauna</i>	46

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de tratamientos	21
Figura 2. Promedio de área que contiene prácticas agroecológicas	28
Figura 3. Interacción de porcentaje de pendiente y prácticas agroecológicas	30
Figura 4. Relación entre área total de terreno y tenencia de tierra	32
Figura 5. Manejo de plagas, enfermedades y fertilización	33
Figura 6. Tipo de control de plagas	35
Figura 7. Manejo de fertilización	36
Figura 8. Manejo de malezas	36
Figura 9. Sistemas agrícolas identificados	37
Figura 10. Origen del recurso hídrico	38
Figura 11. Densidad aparente del suelo (gr/ml)	40
Figura 12. Promedio de Densidad Aparente del suelo en el Área Ch'ortí	41
Figura 13. Potencial de Hidrógeno	42
Figura 14. Promedio Ph de suelo en el Área Ch'ortí'	43
Figura 15. Conductividad Eléctrica (mS/cm)	44
Figura 16. Promedio Conductividad eléctrica del suelo en el Área Ch'ortí'	45
Figura 17. Concentración de fosforo en el suelo	47
Figura 18. Promedio de concentración de fosforo en suelo en el Área Ch'ortí'	48



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 21. Concentracion de potasio en el suelo	49
Figura 20. Promedio de concentración de potasio en suelo en el Área Ch'ortí	50
Figura 21. Concentración de materia orgánica en el suelo	51
Figura 22. Promedio de materia orgánica en suelo en el Área Ch'ortí	53
Figura 23. Contenido de fósforo, potasio y materia orgánica por práctica San Juan Ermita	54
Figura 24. Contenido de fósforo, potasio y materia orgánica por práctica Jocotán	55
Figura 25. Contenido de fósforo, potasio y materia orgánica por práctica Camotán	56
Figura 26. Humedad <i>In Situ</i> del suelo	58
Figura 27. Promedio de Humedad in situ de suelo en el Área Ch'ortí	59



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Resumen

El estudio "Impacto de prácticas agroecológicas en el suelo y agua para uso agrícola" se llevó a cabo en la región Ch'orti', Chiquimula, con el objetivo de evaluar la efectividad de estas prácticas en la conservación del suelo y la retención de agua en el sistema milpa. La investigación fue realizada por un equipo interdisciplinario de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), en colaboración con agricultores locales y entidades como ASEDECHI, CARITAS e IICA-CRIA.

Se utilizó un enfoque mixto con un diseño cuasi-experimental, incluyendo técnicas como encuestas estructuradas, entrevistas semiestructuradas y observación participante. Además, se aplicaron mediciones de parámetros físicos y químicos del suelo y agua mediante herramientas como pH metros y espectrofotómetros. Los datos fueron analizados mediante métodos descriptivos, comparativos y correlacionales.

Los resultados muestran que las prácticas mejoran la calidad y fertilidad, como los abonos verdes e incorporación de rastrojos en un 58% la conductividad eléctrica, un 10.46% más retención de humedad y un 38% de aumento en el contenido de materia orgánica, con relación a la parcela sin práctica. Los hallazgos fueron divulgados a través de talleres, publicación científica y redes institucionales, beneficiando directamente a agricultores e instituciones que trabajan en la sostenibilidad agrícola.

Estos resultados servirán a agricultores de subsistencia, técnicos agrícolas y responsables de políticas públicas en la región, promoviendo la adopción de modelos agroecológicos que contribuyan a la mitigación del cambio climático y la seguridad alimentaria local.

Palabras clave:

1. Erosión del suelo	2. Fertilidad del suelo	3. Materia orgánica	4. Textura del suelo,	5. Práctica agroecológica
----------------------	-------------------------	---------------------	-----------------------	---------------------------



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Abstract

The study "Impact of Agroecological Practices on Soil and Water for Agricultural Use" was carried out in the Ch'orti' region of Chiquimula, with the aim of evaluating the effectiveness of these practices in soil conservation and water retention within the milpa system. The research was conducted by an interdisciplinary team from the University of San Carlos of Guatemala (USAC), in collaboration with local farmers and entities such as ASEDECHI, CARITAS, and IICA-CRIA.

A mixed-method approach with a quasi-experimental design was employed, incorporating techniques such as structured surveys, semi-structured interviews, and participant observation. In addition, physical and chemical parameters of soil and water were measured using tools such as pH meters and spectrophotometers. The data were analyzed using descriptive, comparative, and correlational methods.

The results indicate that the practices improve soil quality and fertility; for example, green manures and the incorporation of crop residues led to a 58% increase in electrical conductivity, a 10.46% increase in moisture retention, and a 38% increase in organic matter content compared to the control plot without these practices. The findings were disseminated through workshops, scientific publications, and institutional networks, directly benefiting farmers and institutions dedicated to agricultural sustainability.

These results will serve subsistence farmers, agricultural technicians, and public policy makers in the region, promoting the adoption of agroecological models that contribute to climate change mitigation and local food security.

Keywords:

1. Soil erosion,	2. Soil fertility	3. Soil organic matter	4. Soil texture	5. Agroecological practice
------------------	-------------------	------------------------	-----------------	----------------------------



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

1. Introducción

La región Ch'orti', situada en el departamento de Chiquimula, Guatemala, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la sostenibilidad de sus sistemas agrícolas, especialmente en lo que respecta al manejo del suelo y el agua. Los impactos del cambio climático han exacerbado la vulnerabilidad de los agricultores locales, generando un aumento significativo en la inseguridad alimentaria que enfrentan las familias en las comunidades rurales (Aguilar, Y. 2011). Ante esta realidad, se hace imperativo promover prácticas agrícolas sostenibles que mejoren la resiliencia de los sistemas agrícolas y mitiguen los impactos negativos sobre los recursos naturales. (p. 51)

Esta investigación buscó explorar el impacto de prácticas agroecológicas en la región Ch'orti', con especial atención en sus efectos sobre el suelo y el agua. Estas prácticas, que integran principios de ecología y sostenibilidad en la agricultura, representan una alternativa prometedora para abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos que enfrenta la región (Rosset y Altieri, 2018). (p.26). Al promover la conservación del suelo, la infiltración de agua (cosecha de agua insitu) y diversificar los cultivos, se contribuye en la mejora de la productividad agrícola y reducir la vulnerabilidad de los agricultores frente a condiciones climáticas adversas.

Esta proyecto de investigación se fundamentó en estudios previos que han destacado la importancia de las prácticas agroecológicas para la agricultura sostenible. Por ejemplo, investigaciones realizadas por Altieri y Nicholls (2020) han demostrado los beneficios de la agroecología para la protección y conservación del suelo, así como la biodiversidad, mientras que los estudios de Gliessman (2007) han resaltado su potencial para contribuir con la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al problema climático actual.

Los objetivos de este estudio comprenden la evaluación de los beneficios de las prácticas agroecológicas para el suelo y el agua en el contexto de la región Ch'orti', así como la determinación de la viabilidad y aceptación por parte de los agricultores locales.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Para lograr estos objetivos, se empleó un diseño de investigación que combine métodos cuantitativos y cualitativos, incluyendo la implementación de prácticas agroecológicas en parcelas piloto previamente establecidas, la recolección de datos de variables sobre suelo y agua, y la realización de entrevistas con agricultores. Esta investigación se presenta como un esfuerzo integral para contribuir al conocimiento científico y promover prácticas agrícolas sostenibles en la región.

2. Contexto de la investigación

2.1 Delimitación en tiempo y espacio

La presente investigación se desarrolló entre los meses de julio a noviembre del 2024, en la región Ch'orti', ubicada en el oriente de Guatemala. Esta región comprende los municipios de Camotán, Jocotán y San Juan Ermita, pertenecientes al departamento de Chiquimula. Geográficamente, se encuentra entre las latitudes 14.37°N y 14.58°N, y las longitudes 89.10°O y 89.29°O.

Desde el punto de vista climático, la región Ch'orti' se encuentra dentro del Corredor Seco Centroamericano, caracterizado por una precipitación irregular y periodos prolongados de sequía (MAGA, 2019). Esta variabilidad climática ha afectado significativamente la producción agrícola, limitando la disponibilidad de agua y la fertilidad del suelo, lo que ha llevado a la adopción de estrategias de resiliencia por parte de los agricultores locales (IICA, 2020).

En el aspecto cultural e histórico, la región Ch'orti' es el hogar del pueblo maya Ch'orti', cuya identidad, tradiciones y conocimientos agrícolas han sido fundamentales en el manejo de los recursos naturales (Aguilar, 2011). A lo largo del tiempo, la combinación de la cosmovisión indígena y la influencia de prácticas agrícolas convencionales ha generado un sistema productivo híbrido con conocimientos tradicionales y agroecológicos. Sin embargo,



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

la presión de los mercados, el acceso limitado a tecnologías sostenibles y la degradación del suelo han impactado su capacidad de producción (Rosset & Altieri, 2018).

Desde un enfoque social y político, los pequeños agricultores de la región enfrentan condiciones de alta vulnerabilidad debido a la pobreza, la inseguridad alimentaria y la falta de acceso a recursos productivos (SEGEPLAN, 2022). Las políticas agrícolas en la región han priorizado modelos de producción intensiva, dejando de lado enfoques más sostenibles y adaptados a la realidad del Corredor Seco (MAGA, 2019). En este contexto, la investigación buscó aportar evidencia sobre el impacto positivo de las prácticas agroecológicas en la conservación del suelo y el agua, con el objetivo de fortalecer la resiliencia climática y la seguridad alimentaria en la zona.

2.2 Población beneficiada

La población objetivo de esta investigación está conformada por pequeños agricultores de la región Ch'orti', quienes practican la agricultura de subsistencia y se ven directamente afectados por las condiciones climáticas adversas y la degradación del suelo. Estos agricultores fueron seleccionados por su conocimiento y experiencia en la implementación de prácticas agroecológicas.

Indirectamente, los resultados de esta investigación beneficiarán a comunidades rurales en condiciones de inseguridad alimentaria, así como a instituciones gubernamentales y organizaciones que trabajan en la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en la región. La información generada podrá ser utilizada para diseñar estrategias de adaptación al cambio climático y contribuir con la mejora de los sistemas de producción agrícola en otras áreas del Corredor Seco Centroamericano (IICA, 2020).

3. Revisión de literatura

La agroecología es una disciplina que aplica principios ecológicos al diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles. Altieri (2019) destaca que la agroecología promueve la



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

biodiversidad, el reciclaje de nutrientes, y la resiliencia del ecosistema agrícola, lo que resulta en una mayor sostenibilidad a largo plazo.

Los principios fundamentales de la agroecología incluyen la diversificación de cultivos, la incorporación de materia orgánica, y el manejo integrado de plagas. Según Wezel et al. (2009), estos principios buscan mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la eficiencia del uso del agua, y reducir la dependencia de insumos externos. Además, la agroecología enfatiza la importancia del conocimiento local y la experimentación participativa, adaptando las prácticas a las condiciones específicas de cada región.

Medir el impacto de las prácticas utilizadas por los productores en la disponibilidad, calidad y fertilidad del suelo y el agua es un tema fundamental en la búsqueda de sistemas agrícolas sostenibles y resilientes. La agroecología, como disciplina integradora, se basa en principios ecológicos para diseñar sistemas agrícolas que sean económicamente viables, socialmente justos y ambientalmente sostenibles (Altieri, 1999. (p. 9). En este contexto, estas prácticas se presentan como una elección prometedora a los enfoques convencionales de la producción agrícola intensiva, que suelen tener impactos adversos en el ambiente y a las familias más vulnerables.

La agroecología es una perspectiva integral que procura fomentar sistemas agrícolas que sean duraderos y adaptables al integrar principios ecológicos. Su aplicación se fundamenta en la variedad de cultivos, el cuidado del suelo y la preservación de la diversidad biológica. Según un estudio publicado en Nature en 2020, la implementación de prácticas agroecológicas puede incrementar la producción de alimentos y fortalecer la capacidad de los sistemas agrícolas para resistir al cambio climático.

De acuerdo a investigación realizada por (Terry, A. et.al., 2023) La incorporación agroecológica de las fincas, mediante la implementación de prácticas agroecológicas, posibilita el aumento del rendimiento agrícola de varios cultivos de importancia económica para Cuba, con mejoras que oscilan entre el 20% y el 70%. Esta transformación, a su vez, contribuye significativamente a fortalecer la seguridad alimentaria a nivel local.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Una transición global de la producción convencional a la agroecológica será crucial para alcanzar los objetivos de acción y cumplir con las metas globales. La diversificación a escala de campo, finca y paisaje promete en gran medida hacer los sistemas alimentarios más sostenibles; sin embargo, los agricultores por sí solos no pueden lograr esta gran transformación. Se requiere acción en toda la cadena de suministro (Wanger et al., 2020).

Las prácticas agroecológicas, como la rotación de cultivos, el manejo integrado de plagas, la agroforestería y el uso de abonos verdes, tienen un impacto significativo en la conservación del suelo. Estas prácticas promueven la biodiversidad y la actividad biológica en el suelo, mejoran su estructura y aumentan la acumulación de agua y nutrientes (Gliessman, 2007, p. 13). Además, al reducir la dependencia de insumos químicos y la labranza intensiva, las prácticas agroecológicas contribuyen a mitigar la pérdida del suelo y la disminución de la fertilidad a largo plazo (Montgomery, 2007).

Los sistemas de cultivos intercalados de dos o más cultivos en la misma área de campo y los sistemas agroforestales, parecen ser un modelo prometedor de intensificación ecológica para producir más con un menor impacto ambiental. Se han documentado algunos efectos positivos en la productividad, mejor uso de recursos bióticos y abióticos, mejora de la fertilidad del suelo y el ciclo de nutrientes, y el control de plagas y enfermedades (Paut et al., 2024).

La gestión del agua para la agricultura es otro aspecto clave donde las prácticas agroecológicas que marca la diferencia. El diseño de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia, junto con técnicas de riego eficientes como el riego por goteo, permite optimizar el uso del agua y reducir la dependencia de fuentes externas (Rockström et al., 2010). Al mismo tiempo, estas prácticas ayudan a minimizar la contaminación del agua al reducir el escurrimiento superficial de agroquímicos y la lixiviación de nutrientes. (p. 20)

Además de sus beneficios directos para el suelo y el agua, las prácticas agroecológicas también tienen impactos positivos en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La diversificación y la incorporación de árboles en los sistemas agrícolas promueven la presencia de flora y fauna beneficiosas, como polinizadores y organismos del suelo, que contribuyen al control natural de plagas y enfermedades (Gliessman, 2007, p.15). Esta mayor



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

biodiversidad también mejora la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a perturbaciones ambientales y climáticas.

En resumen, las prácticas agroecológicas ofrecen una vía prometedora para abordar los desafíos ambientales y sociales asociados con la agricultura moderna. Al centrarse en la conservación del suelo y el agua, así como en el incremento de la biodiversidad y la resiliencia, contribuyen significativamente a la creación de sistemas agrícolas más sostenibles y equitativos.

4. Planteamiento del problema

La región Ch'ortí, ubicada en Chiquimula, Guatemala, se enfrenta a retos significativos en relación con la conservación del suelo y la gestión del agua en sistemas agrícolas de familias de infrasubsistencia y subsistencia, a causa de la creciente presión ambiental y el impacto climático. Aunque el uso de prácticas agroecológicas emerge como una posible solución para abordar estos problemas y promover la sostenibilidad en los cultivos de maíz y frijol, persiste una falta de comprensión completa sobre su impacto real en la conservación, incremento o interacción del suelo agrícola y el agua en la región Ch'ortí.

Los suelos agrícolas en la región Ch'ortí están sujetos a la degradación debido a la erosión hídrica y eólica, la compactación y la disminución de materia orgánica. La ausencia de prácticas sostenibles que propicien un manejo adecuado del suelo podría comprometer aún más su calidad y productividad. Según el informe "Proteger y recuperar el suelo, un recurso crucial bajo amenaza" (IICA, 2020), la región enfrenta una erosión del suelo acelerada debido a prácticas agrícolas no sostenibles, lo que resulta en la pérdida de suelo fértil y poca retención de agua, provocando bajos rendimientos en el maíz y frijol, principales cultivos de las familias vulnerables de la región.

Asimismo, la región Ch'ortí enfrenta desafíos en cuanto a la cantidad y calidad del agua para uso agrícola, especialmente durante períodos de sequía prolongada, conocida generalmente como canícula, que se manifiesta durante los meses de julio-agosto. Aunado a esto, las prácticas tradicionales sobre el uso de los recursos agravan esta situación, afectando tanto la



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

productividad agrícola como la seguridad alimentaria. Según el informe "Evaluación de los Recursos Mundiales de Agua" (WRI, 2020), la región Ch'orti' se encuentra en una situación de estrés hídrico, con la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación del agua debido a actividades agrícolas, comprometiendo su disponibilidad y calidad.

La agricultura intensiva con alta dependencia de pesticidas y fertilizantes constituye una estrategia importante para "alimentar al mundo".

Sin embargo, dicha intensificación convencional está vinculada a rendimientos decrecientes y puede resultar en "trampas de intensificación", es decir, disminuciones en la producción desencadenadas por la retroalimentación negativa de la pérdida de biodiversidad a niveles altos de insumos (Burian et al., 2024). Las sequías severas tienen el potencial de reducir la productividad forestal y desencadenar la mortalidad de los árboles. La mayoría de los árboles enfrentan varios eventos de sequía durante su vida y, por lo tanto, la resiliencia a las condiciones secas puede ser crucial para la supervivencia a largo plazo (DeSoto et al., 2020).

Las prácticas de conservación inadecuadas afectan la producción sostenible de las parcelas agrícolas debido a la erosión y al descenso de la fertilidad. Comprender la erosión del suelo e implementar prácticas de conservación específicas del sitio contribuye en el desarrollo rural basado en la agricultura. El estudio tuvo como objetivo documentar el problema de la erosión del suelo y los esfuerzos de conservación del suelo y del agua. Los objetivos específicos de este estudio fueron evaluar la severidad de la erosión del suelo, las prácticas para reducir la erosión y los determinantes de la decisión de reducir la erosión (Djillo et al., 2024).

A pesar del creciente interés en las prácticas agroecológicas, su adopción y aplicación en la región Ch'orti' aún no se han evaluado completamente. La falta de información sobre su efectividad y beneficios específicos dificulta la toma de decisiones tanto para los agricultores como para los responsables de la extensión rural y técnicos agrícolas. Estudios como "Impacto de las prácticas agroecológicas sobre la conservación, incremento o interacción de servicios ecosistémicos en suelos agrícolas" (McCune et al., 2021) indican que el proceso de adopción de prácticas agroecológicas se basa en principios generales y en la colaboración en la experimentación. Este enfoque implica una comprensión más profunda del contexto y las



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

necesidades específicas locales para su implementación y adaptación exitosa, como se documenta en "Documentando la evidencia en Agroecología: Una perspectiva Latinoamericana" (Altieri et al., 2021).

Por lo tanto, es fundamental abordar esta brecha de conocimiento mediante una revisión de campo exhaustiva en sistemas agrícolas de maíz y frijol (sistema milpa) de la región Ch'orti', con el fin de obtener información concreta sobre cómo las prácticas utilizadas en sus sistemas agrícolas están influyendo en la preservación, mejora o relación entre el suelo y agua desde la perspectiva agrícola. Esta evidencia será crucial para informar sobre la viabilidad y efectividad de estas prácticas en el contexto local. Esta investigación proporcionará datos y análisis que puedan orientar la creación de modelos de prácticas adaptativas, futuras intervenciones y políticas agrícolas hacia la sostenibilidad y la resiliencia climática.

¿Cuál es el impacto de las prácticas agroecológicas en la conservación del suelo y la gestión del agua en los sistemas agrícolas de maíz y frijol en la región Ch'orti', Chiquimula?

¿Qué prácticas agroecológicas se han implementado en la región y cuál ha sido su grado de adopción por parte de los agricultores?

¿Cómo afectan las prácticas agroecológicas a la retención de humedad y la fertilidad del suelo en la producción de maíz y frijol?

¿Cuáles son los principales factores que limitan o favorecen la adopción de prácticas agroecológicas en la región Ch'orti'?

¿Qué estrategias podrían mejorar la implementación de prácticas agroecológicas para aumentar la sostenibilidad agrícola en la región?

5. Objetivos

5.1 General

Evaluar el impacto de las prácticas agroecológicas en la calidad, fertilidad y retención de humedad de los suelos en el sistema milpa de la región Ch'orti', Chiquimula, con el propósito de desarrollar recomendaciones para el diseño de modelos agrícolas sostenibles y resilientes, adaptados a las necesidades específicas de la zona.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

5.2 Específicos

- Determinar el efecto de las prácticas agroecológicas, en la calidad y fertilidad del suelo de las parcelas agrícolas del sistema milpa.
- Determinar el efecto de las prácticas agroecológicas, en la humedad del suelo de las parcelas agrícolas del sistema milpa

6. Hipótesis

La implementación de prácticas agroecológicas en las parcelas agrícolas de la región Ch'orti', Chiquimula, tiene un efecto positivo en la calidad y fertilidad del suelo, la retención de humedad y la valoración económica, respaldando así la viabilidad de estrategias agrícolas sostenibles y resilientes en la zona.

7. Método

7.1 Tipo de investigación.

La investigación realizada en la región Ch'orti', Chiquimula, se enmarca dentro de la **investigación aplicada**, conforme a los criterios del Manual de Frascati (2015). Este estudio tuvo como propósito generar nuevos conocimientos sobre la influencia de las prácticas agroecológicas en la calidad y fertilidad del suelo, con un enfoque orientado a la resolución de problemas concretos en sistemas agrícolas locales. A través de un diseño metodológico que combinó análisis físico-químicos del suelo, la investigación permitió establecer correlaciones entre la adopción de estrategias agroecológicas y la mejora de la estructura edáfica y la retención de humedad. Los resultados obtenidos proporcionan información para la optimización del manejo del suelo en comunidades rurales, contribuyendo a la formulación de estrategias agrícolas más sostenibles y resilientes frente a condiciones cambio climático.

El enfoque aplicado del estudio se evidencia en la posibilidad de transferencia directa de los hallazgos a la práctica agrícola, permitiendo que los productores adapten y optimicen sus



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

sistemas de cultivo en función de los resultados obtenidos. La evaluación comparativa entre parcelas manejadas bajo un sistema tradicional y aquellas que integran prácticas agroecológicas demostró mejoras significativas en parámetros clave como el contenido de materia orgánica, la estabilidad estructural del suelo y la capacidad de infiltración de agua.

Asimismo, los análisis estadísticos realizados contribuyeron a validar científicamente el impacto positivo de estas estrategias, favoreciendo su replicabilidad en otras regiones con características agroclimáticas similares. De este modo, la investigación no solo genera conocimiento académico relevante, sino que también ofrece herramientas prácticas para la toma de decisiones en el ámbito de la producción agrícola sostenible.

7.2 Enfoque y alcance de la investigación.

Basándonos en los objetivos planteados, la investigación tiene un enfoque mixto. Esto se debe a que se utilizarán métodos tanto cuantitativos como cualitativos para abordar las diversas dimensiones del problema y responder a las preguntas de investigación de manera más completa, tiene un alcance explicativo por que buscó entender las causas y los efectos del fenómeno bajo estudio.

Para la identificación del estado actual del manejo del suelo, la investigación empleará métodos cuantitativos, como encuestas estructuradas o análisis de laboratorio para caracterizar física y químicamente el suelo. De igual manera, para medir parámetros como la erosión del suelo y la infiltración de agua, se utilizarán técnicas de medición estándar y análisis estadístico de los datos recopilados.

Por otro lado, para los objetivos orientados a comprender la relación entre la adopción de prácticas agroecológicas y la mejora en la productividad agrícola, así como para identificar los obstáculos y desafíos que enfrentan los agricultores, se emplearon métodos cualitativos, como entrevistas semiestructuradas y grupos focales. Estos métodos permitirán recopilar percepciones, experiencias y opiniones de los agricultores de manera más detallada y contextualizada.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7.3 Diseño de la investigación.

La investigación "Impacto de prácticas agroecológicas en el suelo y agua para uso agrícola: revisión de campo en sistema milpa en la región Ch'orti', Chiquimula" se desarrolla bajo un diseño mixto, cuasi-experimental y de tipo transversal. No se manipulan variables, sino que se observa y analiza el fenómeno en su contexto natural. Se estudia el impacto de prácticas agroecológicas sin intervenir en su aplicación.

7.4 Población, muestra y muestreo.

Características de la Población:

La población objetivo de esta investigación son los agricultores que practican la agricultura en la región Ch'orti', Chiquimula, Guatemala. Esta población incluye pequeños agricultores que operan en la región.

Muestra:

Para realizar la investigación se tomó una muestra representativa a conveniencia de 30 unidades experimentales para la toma de datos de cada práctica agroecológica, considerando 10 parcelas por cada municipio.

Tabla 1:

Tabla de prácticas, muestras tratamiento A y B.

PRÁCTICA	MUESTRA TRATAMIENTO A	MUESTRA TRATAMIENTO B
Integración de rastrojos	1 UE	15 UE
Kuxur Rum	1 UE	15 UE
Barreras muertas	1 UE	15 UE
Barreras vivas	1 UE	15 UE
Abonos verdes	1 UE	15 UE
Zanjas de infiltración	1 UE	15 UE

Nota: Tratamiento A: sistema tradicional (sin prácticas). Tratamiento B: Sistema + práctica agroecológica.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Criterios de Inclusión:

- Agricultores que practican la agricultura y aplican prácticas agroecológicas en la región Ch'orti', Chiquimula.
- Agricultores que estuvieron dispuestos a participar en la investigación y compartir su experiencia.

Criterios de Selección de Informantes:

Los informantes fueron seleccionados de manera intencional, considerando su experiencia en la agricultura y su conocimiento sobre las prácticas agroecológicas.

Se busco incluir a agricultores con diferentes niveles de experiencia y con diversidad en el tamaño de sus fincas.

Características de los Informantes:

- Experiencia en la agricultura en la región Ch'orti', Chiquimula.
- Conocimiento sobre las prácticas agroecológicas y su implementación.
- Disposición para participar en entrevistas o grupos focales.

Tamaño de la unidad de muestreo

Las parcelas por comunidad, cubrieron un área total de 874 m² que es equivalente a 2 tareas de terreno (437 m² cada una) para establecer dos tratamientos de la siguiente manera:

Tratamiento A (TA): sistema tradicional (sin prácticas)

Tratamiento B (TB): Sistema + práctica agroecológica

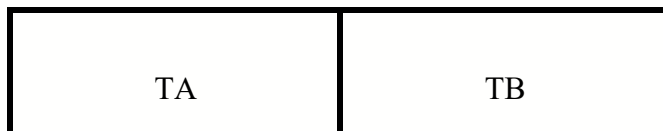
Tanto las parcelas con las prácticas a evaluar como la parcela cultivada de la manera tradicional por el agricultor, contarán con un área experimental total de 437 m² cada una (una

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

cuerta de terreno). La distribución de los tratamientos en la parcela por comunidad se realizará al azar, tal y como se expresa en la figura 1:

Figura 1:

Distribución de tratamientos



Sin escala

Ubicación de área de análisis de laboratorio:

Se utilizó el laboratorio de suelo y agua del Centro Universitario de Oriente CUNORI.

7.5 Técnicas

Encuestas Estructuradas: Para recopilar datos cuantitativos sobre prácticas agrícolas, manejo del suelo, adopción de prácticas agroecológicas, entre otros aspectos. Las encuestas fueron administradas de manera presencial, según la accesibilidad de los agricultores.

Entrevistas Semiestructuradas: Para explorar en profundidad las percepciones, experiencias y prácticas de los agricultores en relación con las prácticas agroecológicas. Las entrevistas brindaron información cualitativa valiosa y permitió la comprensión de los contextos locales.

Observación Participante: Para realizar una observación directa y la toma de datos de las variables de los de las actividades agrícolas en la región y profundizar en las prácticas utilizadas, los desafíos enfrentados y los resultados obtenidos. Esta técnica proporciona datos complementarios a otras formas de recolección de información.

Herramientas de Medición de Parámetros Físicos y Químicos del Suelo y Agua: Como pH metro, conductímetro, espectrofotómetro, entre otros, para evaluar características físicas

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

y químicas del suelo como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, medidores de humedad en campo, entre otros.

Cuadernos de Campo: Para tomar notas durante las observaciones participantes, registrar observaciones clave y detalles relevantes del contexto local.

7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis

Los indicadores para analizar las variables bajo estudio se realizaron en las siguientes prácticas agroecológicas: Integración de rastrojos, Kuxur Rum, Barreras muertas, Barreras vivas, Abonos verdes, - Zanjas de infiltración

Tabla 2:

Operacionalización de las variables

Objetivo específico	Variable	Instrumentos	Indicadores	Unidad de medida o cualificación
Determinar el efecto de las prácticas agroecológicas, en la calidad y fertilidad del suelo de las parcelas agrícolas.	Fertilidad y Calidad del Suelo	Encuesta estructurada Herramientas de Medición de Parámetros Físicos y Químicos del Suelo y Agua Observación participante	- Materia Orgánica - Elementos Químicos (P, K) - Conteo de lombrices	- % M.O. - Concentración en PPM - Número de lombrices por área
Determinar el efecto de las prácticas agroecológicas, en la humedad del suelo de las parcelas agrícolas.	Humedad en el suelo		- Ph - Conductividad Eléctrica - Textura del suelo - Temperatura del suelo - Humedad en el suelo - Erosión	- Unidades de pH - (mS/cm) - Clase textural - Grados °C - % de humedad



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7.7 Procesamiento y análisis de la información.

Se realizó de acuerdo al siguiente orden:

Organización de los Datos: se organizó de manera adecuada para facilitar su análisis. Esto incluyó la creación de una base de datos en una hoja de cálculo que contenga todos los datos recopilados, asegurándose de que estén correctamente etiquetados y estructurados.

Análisis Descriptivo: Se realizó un análisis descriptivo para obtener una comprensión básica de los datos recopilados. Esto incluyó la realización de estadísticas descriptivas, como medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de dispersión (desviación estándar, rango), así como la creación de gráficos y tablas para visualizar los datos.

Análisis Cualitativo: Los datos cualitativos recopilados a través de entrevistas, se llevó a cabo para identificar patrones, temas emergentes y relaciones entre los datos. Esto implicó la codificación de datos, la identificación de categorías y la interpretación de los resultados cualitativos.

Análisis Cuantitativo: Los datos cuantitativos a través de encuestas y a través de los cuadernos de campo donde se consignarán las lecturas de los indicadores de cada variable, se realizó un análisis cuantitativo para examinar relaciones y asociaciones entre las variables de interés. Esto incluyó el uso de pruebas estadísticas como pruebas de correlación, pruebas de significancia, entre otros, según la naturaleza de los datos y los objetivos de investigación.

Comparación de Grupos: Los datos de diferentes grupos de agricultores (por ejemplo, aquellos que utilizan prácticas agroecológicas frente a aquellos que no), se realizó comparaciones entre estos grupos para evaluar el efecto de las prácticas en diversas variables de interés.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Interpretación de Resultados: Una vez completado el análisis, se interpretaron los resultados obtenidos y sacamos conclusiones basadas en los hallazgos. Esto implicó la identificación de patrones, tendencias y relaciones significativas, así como la discusión de las implicaciones de los resultados para la práctica agrícola.

8. Aspectos éticos y legales

No aplica.

9. Resultados y discusión

Los resultados de la investigación titulada “Impacto de prácticas agroecológicas en el suelo y agua para uso agrícola: revisión de campo en sistema milpa en la región Ch’orti’, Chiquimula” se presentan a continuación, basándose en el objetivo general: evaluar la efectividad de las prácticas agroecológicas en la calidad, fertilidad y humedad del suelo en los sistemas agrícolas de la región Ch’orti’.

Para llevar a cabo investigación, se recolectó información mediante acercamientos a diversas instituciones y actores locales (ASEDECHI, CARITAS, IICA-CRIA y MAGA), y agricultores de la región. La muestra incluyó productores que implementan prácticas como barreras vivas, zanjas de infiltración, integración de rastrojos y uso de abonos verdes. El enfoque del estudio fue analizar cómo estas prácticas influyen en la calidad del suelo y en la retención de agua en el sistema milpa.

En primer lugar, se analizaron las características sociodemográficas de los agricultores y las prácticas implementadas. Posteriormente, se realizó la recolección de muestras y datos en campo para cada indicador, junto con un análisis descriptivo de la condición del suelo y la eficiencia en la conservación de agua. Finalmente, se evaluó la eficacia de cada práctica agroecológica, observando su impacto en la calidad, fertilidad y humedad del suelo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

9.1 Efecto de las prácticas agroecológicas en la calidad y fertilidad del suelo

Para evaluar el impacto de las prácticas agroecológicas en la calidad, fertilidad y humedad in situ del suelo, se llevaron a cabo mediciones e interpretaciones de diversas variables asociadas al manejo del suelo en el sistema milpa.

Los datos recolectados incluyeron indicadores físicos del suelo (como el área destinada a la práctica, pendiente, tenencia de la tierra, así como la fuente de agua) y variables de mejora del suelo como el uso de abonos verdes, barreras vivas e incorporación de rastrojos. Estas variables resultan determinantes para la fertilidad, la calidad y la retención de humedad del suelo.

La experiencia sobre la implementación de prácticas agroecológicas enfocadas a la conservación de suelo y agua durante varios años, permitió evaluar su impacto en los sistemas analizados y generar recomendaciones para el diseño de modelos agrícolas sostenibles y resilientes. A continuación, se describen las prácticas agroecológicas evaluadas en los sistemas:

Kuxur Rum:

El sistema agroforestal Kuxur Rum es una práctica aplicada en el Corredor Seco de Guatemala, donde se intercalan árboles de *Gliricidia sepium* en el sistema milpa. Esta práctica ayuda a mejorar la resiliencia del suelo al reducir la erosión, retener humedad, y mantener la fertilidad gracias a la cobertura vegetal. Además, los árboles brindan sombra, creando un microclima que protege los cultivos del estrés hídrico y las altas temperaturas. El sistema también fomenta la biodiversidad, atrayendo polinizadores y depredadores naturales de plagas, lo que reduce la necesidad de agroquímicos y promueve un ambiente agrícola sostenible.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Zanjas de infiltración:

Las zanjas de infiltración se construyen mediante gavetas de 2*0.40*0.40 metros, diseñadas para captar y permitir la infiltración del agua de lluvia en el suelo. Esta práctica mejora la retención de agua y combate la erosión, especialmente en terrenos inclinados, lo que favorece la formación de un suelo más fértil y saludable. Los beneficios incluyen la recarga de acuíferos subterráneos, el control de la escorrentía, y el mantenimiento de la humedad en períodos secos, lo cual favorece el crecimiento de los cultivos.

Además, estas zanjas fomentan la biodiversidad al proporcionar hábitats para especies beneficiosas, como insectos y aves, que ayudan al control natural de plagas

Barreras muertas:

Las barreras muertas consisten en construir muros de piedras colocados contra la pendiente del terreno. Las barreras muertas deben tener una distancia adecuada según el cultivo y la pendiente que está en ese momento. Ya que estas se incorporan en terrenos con mucha piedra superficial. Los beneficios de esta práctica es reducir la erosión del suelo que provoca algunas variables climáticas como lo es la temporada de inviernos con el agua de lluvia. Al evitar una parte de la erosión del suelo beneficiamos en tener menos pérdida de nutrientes de esta misma. Así mismo ayuda en delimitar el área de cultivo y protegerlo contra los animales.

Abonos Verdes:

Los abonos verdes son plantas cultivadas temporalmente que se cortan y entierran antes de florecer para mejorar el suelo. Al descomponerse, aportan nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, mejoran la estructura del suelo, reducen la erosión, y permiten una mejor circulación de aire y agua. Brindando beneficios tales como: control de malezas, fertilidad, Protección natural, Retención de agua. Estos promueven un suelo más fértil y saludable.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Barreras Vivas:

Las barreras vivas se conforman por hileras de árboles o plantas perennes que rodean o atraviesan los cultivos, actuando como muros naturales. Estas barreras facilitan la retención de nutrientes y agua, enriquecen el suelo, controlan plagas y promueven la biodiversidad, además de proteger los cultivos del viento y de temperaturas extremas. También contribuyen a la estabilidad del terreno en áreas escarpadas y sirven de hábitat para especies benéficas.

Integración de rastrojos:

La integración de rastrojos implica incorporar en el suelo los residuos orgánicos que quedan tras la cosecha, en lugar de quemarlos. Estos residuos actúan como cobertura, lo que ayuda a disminuir la erosión, conservar la humedad, controlar las malezas y aumentar el contenido de materia orgánica, generando así un suelo más fértil.

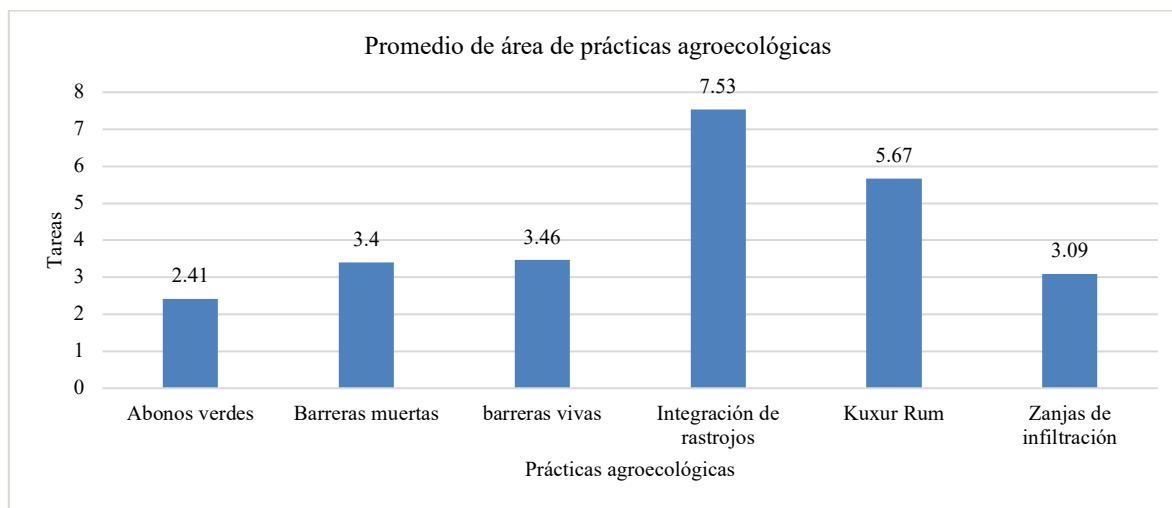
A diferencia de la agricultura intensiva, que depende en gran medida de insumos químicos y de la mecanización, las prácticas agroecológicas se orientan a disminuir la dependencia de insumos externos y a emplear recursos renovables que regeneren la fertilidad del suelo, incrementan la biodiversidad) y, en su lugar, emplean recursos renovables y prácticas que regeneran la fertilidad del suelo, aumentan la biodiversidad y minimizan la degradación ambiental. Con base a la información recolectada con los colaboradores de las instituciones, se ha demostrado que las prácticas agroecológicas de conservación de suelo a investigar han sido factibles para los productores de la región, de acuerdo a los años de implementación y producción estable.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

a. Área establecida por práctica

Figura 2:

Promedio de área que contiene prácticas agroecológicas:



Dentro del estudio se consideraron cuantificaron las áreas por práctica agroecológica en promedio establecida por los agricultores, se encontraron tres prácticas agrícolas empleadas directamente para mejorar la conservación de los suelos y la disponibilidad de nutrientes en sistemas de cultivo de maíz y frijol en áreas rurales:

La integración de rastrojos consiste en dejar restos de cosechas anteriores en el suelo, lo cual reduce la evaporación, inhibe el crecimiento de malezas y proporciona materia orgánica y nutrientes residuales mediante la descomposición. La facilidad de esta técnica permite que los agricultores la implementen en áreas de aproximadamente 7.53 tareas (3,289.17 m²).

El Kuxur Rum, un sistema agroforestal, emplea el árbol madre de cacao (*Gliricidia sepium*), una leguminosa que se poda antes de la siembra para facilitar la penetración solar y fomentar la germinación de semillas. El material podado reduce la evaporación, fija nitrógeno en el suelo y enriquece el suelo con nutrientes. Los agricultores suelen practicar esta técnica en áreas de aproximadamente 5.67 tareas (2,472.34 m²).

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Las barreras vivas consisten en sembrar leguminosas como (*Mucuna pruriens*), (*Canavalia ensiformis*), y (*Phaseolus vulgaris*) en hileras espaciadas cada 6-7 metros, lo cual cubre el suelo, fija nitrógeno y, en el caso del *Phaseolus vulgaris*, también proporciona alimento debido a su resistencia a enfermedades. Esta práctica mejora el suelo y aporta un recurso alimentario para los agricultores. El área promedio establecida según la figura 2, es de 2.41 tareas. Estas prácticas integran estrategias de conservación de suelo, control de malezas, aporte de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes, beneficiando tanto al ecosistema agrícola como a la seguridad alimentaria local.

b. Práctica agroecológica según la pendiente.

Las prácticas agroecológicas deben adaptarse a la pendiente del terreno para maximizar su efectividad y prevenir la erosión. En áreas con pendientes pronunciadas, se recomienda implementar barreras vivas o muertas y zanjas de infiltración que ayuden a retener el suelo y agua, evitando la pérdida de nutrientes. En terrenos con menor inclinación, la incorporación de cobertura vegetal y abonos verdes es eficaz para mejorar la estructura del suelo y conservar la humedad, promoviendo una producción sostenible y adecuada a las condiciones específicas de cada pendiente. Para el caso de la investigación se realizó la interacción del pendiente en función de la práctica, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3:

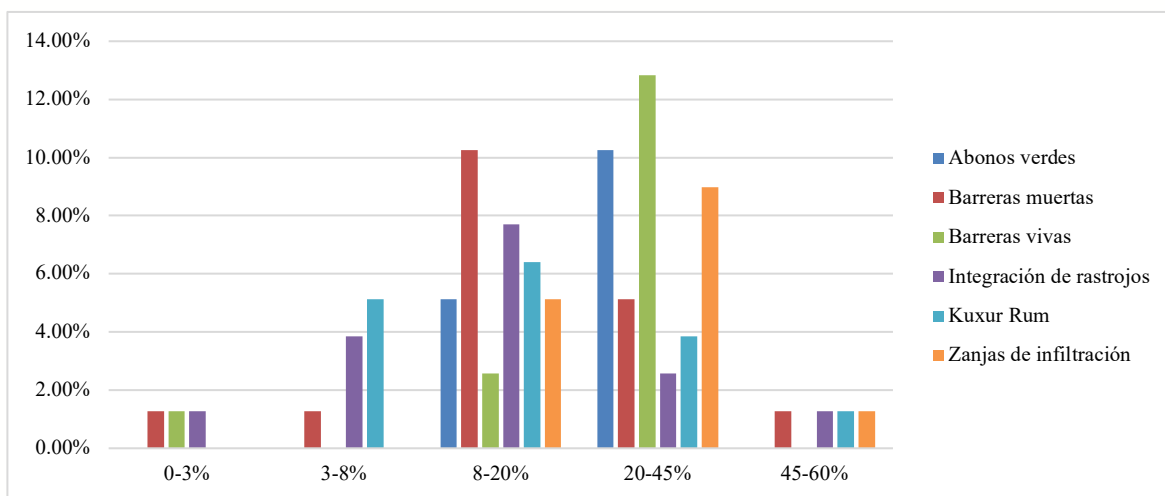
Interacción de porcentaje de pendiente y prácticas agroecológicas:

Porcentaje de pendiente	Abonos verdes	Barreras muertas	Barreras vivas	Integración de rastrojos	Kuxur Rum	Zanjas de infiltración	Total
0-3%	0.00%	1.28%	1.28%	1.28%	0.00%	0.00%	3.85%
3-8%	0.00%	1.28%	0.00%	3.85%	5.13%	0.00%	10.26%
8-20%	5.13%	10.26%	2.56%	7.69%	6.41%	5.13%	37.18%
20-45%	10.26%	5.13%	12.82%	2.56%	3.85%	8.97%	43.59%
45-60%	0.00%	1.28%	0.00%	1.28%	1.28%	1.28%	5.13%
Total	15.38%	19.23%	16.67%	16.67%	16.67%	15.38%	100.00%

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 3:

Interacción de porcentaje de pendiente y prácticas agroecológicas



En terrenos con pendientes pronunciadas (20-45%), la práctica predominante es el uso de barreras vivas, abonos verdes y zanjias de infiltración. Estas especies vegetales se desarrollan en suelos de baja fertilidad, característicos de áreas con alta erosión, y actúan como mejoradores del suelo mediante la acumulación de biomasa durante su ciclo. Esta biomasa se incorpora al suelo a través de una poda intensa durante la floración, enriqueciendo el suelo y ayudando a restaurar su estructura y nutrientes.

Las barreras muertas, la integración de rastrojos y el Kuxur Rum, son empleadas principalmente en pendientes moderadas (8-20%) debido a la complejidad de su construcción, que consiste en la colocación de piedras provenientes del mismo terreno. Estas barreras ralentizan el flujo de agua y facilitan la acumulación de suelo transportado por la escorrentía durante las lluvias, ayudando a reducir la erosión y a mejorar la estructura del suelo.

En pendientes pronunciadas (20-45%), las barreras vivas consisten en la siembra de árboles frutales, maderables o especies de leguminosas. Estas plantas se adaptan bien a las pendientes elevadas y cumplen la función de evitar grietas y rupturas en el terreno, además de proveer



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

una fuente adicional de ingresos para las familias al aprovechar áreas menos productivas para cultivos de grano básico.

La integración de rastrojos se observa en pendientes moderadas (8-20%), principales zonas de agricultura de subsistencia en comunidades como las del área Ch'ortí'. Los residuos de cosechas anteriores cubren el suelo, proporcionando una capa protectora y nutritiva que reduce la erosión. La práctica de no quema de rastrojos, ya integrada en las costumbres locales, ha favorecido la recuperación progresiva de suelos anteriormente degradados.

El Kuxur Rum, un sistema agroforestal basado en la siembra de esquejes, se encuentra mayormente en terrenos con pendientes moderadas (8-20%). Este sistema aprovecha el crecimiento vigoroso de los árboles para crear una cobertura vegetal que protege el suelo, y es sometido a una poda intensa para aumentar la luminosidad y mejorar las condiciones de germinación de los cultivos asociados.

Finalmente, las zanjas de infiltración se utilizan en pendientes de 20-45% para aumentar la capacidad de infiltración del suelo y reducir la erosión en áreas con altos niveles de escorrentía. Estas zanjas permiten mejorar la retención de agua y la humedad en el suelo, protegiendo las pendientes de erosión severa durante la temporada de lluvias.

c. Tenencia de la tierra con relación al área por agricultor.

En el contexto de la investigación sobre prácticas agroecológicas, la tenencia de la tierra es un aspecto crítico que afecta la implementación de estas prácticas y el manejo de los recursos naturales. La relación entre la tenencia y el área disponible por agricultor determina la escala en la que se pueden adoptar prácticas de conservación del suelo, manejo de nutrientes y otras técnicas agroecológicas.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Los agricultores con menor acceso a tierra suelen enfrentar limitaciones para aplicar métodos intensivos, lo que puede reducir su capacidad de mejorar la calidad del suelo y optimizar la productividad agrícola de manera sostenible.

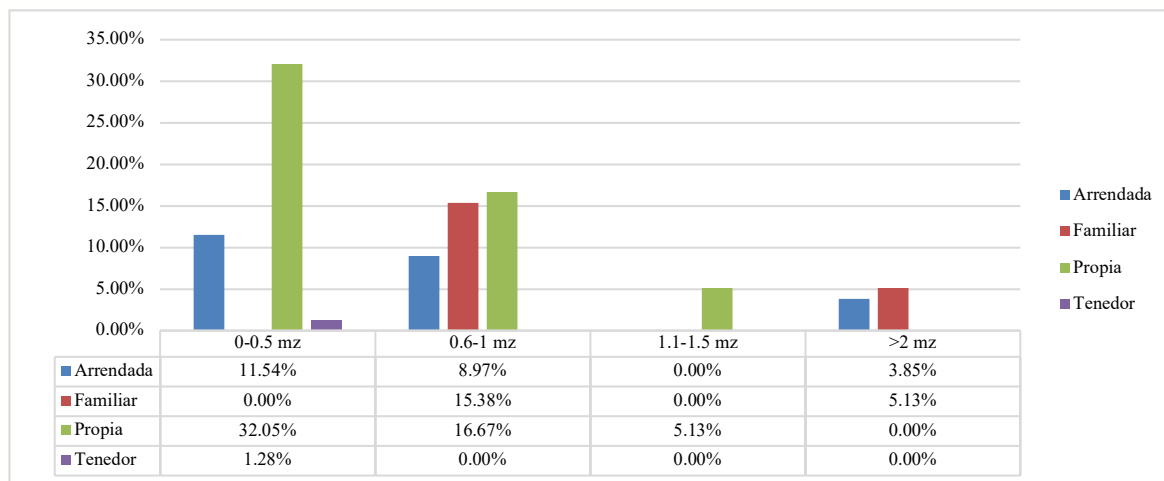
Tabla 4:

Relación entre área total del terreno y Tenencia de la tierra

Cuenta de Área de la parcela	Arrendamiento	Familiar	Propia	Tenedor	Total, general
0-0.5 mz	11.54%	0.00%	32.05%	1.28%	44.87%
0.6-1 mz	8.97%	15.38%	16.67%	0.00%	41.03%
1.1-1.5 mz	0.00%	0.00%	5.13%	0.00%	5.13%
>2 mz	3.85%	5.13%	0.00%	0.00%	8.97%
Total, general	24.36%	20.51%	53.85%	1.28%	100.00%

Figura 4:

Relación entre área total del terreno y tenencia de la tierra



La mayor proporción de terrenos pertenece a parcelas de 0-0.5 manzanas (mz), representando el 44.87% del total de los agricultores bajo estudio. De estas, el 32.05% corresponde a tierras propias, generalmente heredadas a través de generaciones familiares, mientras que el 11.54% corresponde a tierras arrendadas. Los arrendatarios de estas parcelas pagan mediante dinero o producción agrícola para poder usar el terreno (comúnmente conocido como “a medias”).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En segundo lugar, el 41.03% de las encuestas corresponde a terrenos de 0.6-1 manzana. En estos casos, se distribuye en un 16.67% de tierras propias, un 15.38% de tierras familiares y un 8.97% de tierras heredadas entre los miembros de la familia, lo que se debe a la subdivisión de las parcelas a lo largo de las sucesiones familiares, lo que genera una parcelación para la distribución entre los hijos de la familia.

Por otro lado, las parcelas de 1.1-1.5 manzanas representan solo el 5.13% del total de terrenos. En estos casos, las tierras son consideradas propiedad de terratenientes que arrendan las parcelas a otros agricultores durante la temporada de lluvias, obteniendo beneficios económicos a través del pago por el uso de la tierra. Finalmente, las parcelas de más de 2 manzanas representan el 8.97%. En estos casos, la tenencia de la tierra es principalmente familiar, donde varios miembros de la familia comparten el uso del terreno y las labores agrícolas. Este sistema colaborativo de trabajo permite reducir los costos mediante una organización en la que los miembros se apoyan mutuamente a lo largo del ciclo agrícola.

d. Manejo agronómico de los sistemas agrícolas

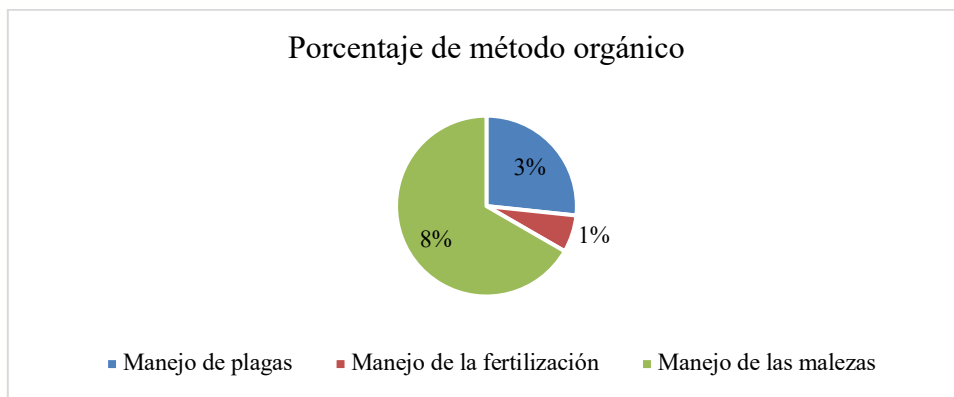
El manejo agronómico en la región Ch'orti' se caracteriza por la predominancia de técnicas convencionales en el cultivo de maíz y frijol, fundamentales para la subsistencia local. En estos sistemas, se hace un uso intensivo de fertilizantes químicos y plaguicidas para mantener la productividad; sin embargo, estos métodos enfrentan desafíos significativos, como la baja disponibilidad de recursos, la erosión y la degradación del suelo debido a la falta de prácticas de conservación.

Para el análisis del manejo agronómico se consideran tres actividades principales: control de plagas y enfermedades, control de malezas y la fertilización. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada actividad, apoyados en el análisis de las figuras 5, 6, 7 y 8.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 5:

Manejo de plagas, enfermedades y fertilización, con método orgánico



e. Adopción de métodos orgánicos

En la figura 5, se muestra que solo el 3% de los agricultores emplea métodos orgánicos para el control de plagas, y apenas el 1% utiliza alternativas orgánicas en fertilización. En ocasiones, se utiliza compost mezclado con abonos orgánicos, pero de forma esporádica. La limitada adopción de prácticas orgánicas en estas áreas indica una fuerte dependencia de insumos químicos para garantizar la productividad, lo que puede tener repercusiones negativas en la calidad del suelo y del agua.

f. Manejo de malezas

Al relacionar la figura 5 y 8, sobre manejo de malezas, se puede notar que solo el 8% de los agricultores recurre al “chapeo” eliminación manual con machete o azadón, para el control de malezas. De acuerdo a testimonios locales, esta práctica permite preservar especies nativas como el tomatillo silvestre, hierba mora, loroco, chipilín y algunos chiles, que a menudo se eliminan al utilizar herbicidas sintéticos. Esta baja adopción de métodos manuales sugiere una tendencia limitada hacia prácticas más sostenibles, en contraposición a la prevalencia del manejo convencional.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

g. Manejo de plaguicidas y fertilizantes químicos

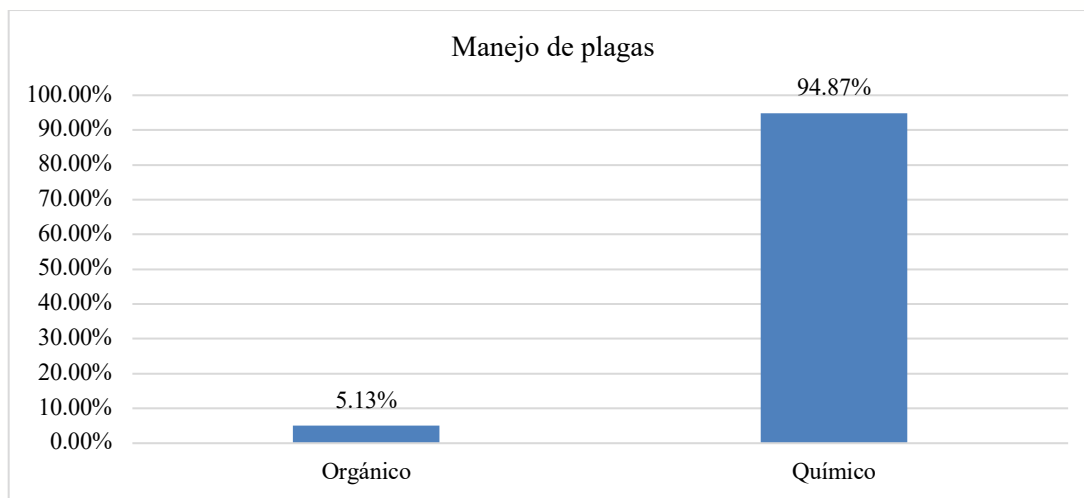
En la figura 6, se muestra que el 94.87% de los agricultores utiliza métodos químicos para proteger sus cultivos. Este elevado uso se debe, en parte, al desconocimiento de los daños potenciales sobre el suelo y el medio ambiente. Como se ha demostrado por algunos autores, el uso intensivo de agroquímicos genera filtraciones que contaminan fuentes de agua, afectan su calidad y dañan los ecosistemas acuáticos. En el suelo, estos productos alteran la estructura, reducen la fertilidad y disminuyen la actividad biológica, como es el caso de los microorganismos del suelo, esenciales para el desarrollo de las plantas.

En la figura 7, se demuestra que el 94.87% de los agricultores, al igual que para el manejo de plagas. Recurre a la fertilización química. Este uso intensivo podría estar relacionado con la disminución de materia orgánica en el suelo. Para ello debe considerar la combinación de fertilizantes como químicos con compost u otros insumos orgánicos para mitigar el impacto negativo sobre la calidad del suelo a largo plazo.

Solo el 5.13% de los agricultores opta por métodos orgánicos, lo que podría relacionarse con la limitada capacitación disponible en el área para promover estas alternativas.

Figura 6:

Tipo de control de plagas



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 7:

Manejo de fertilización

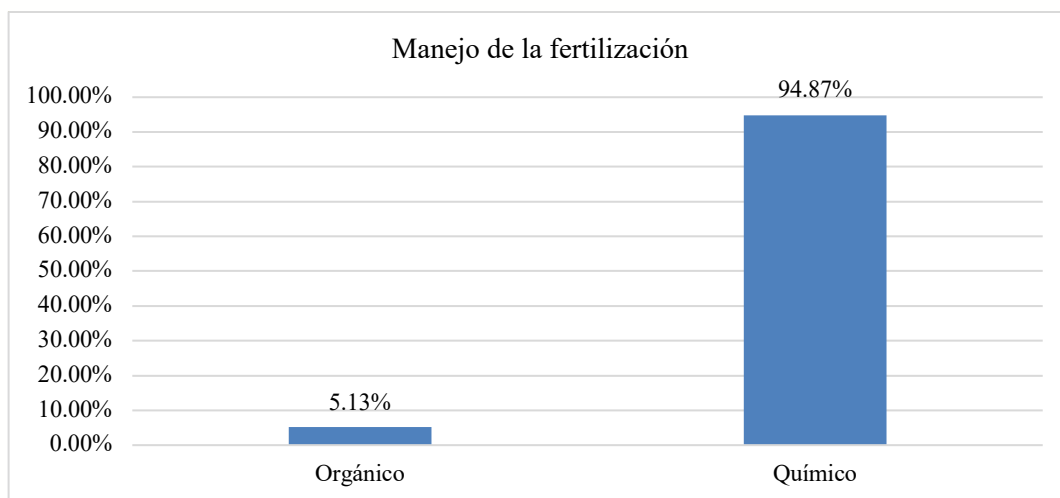
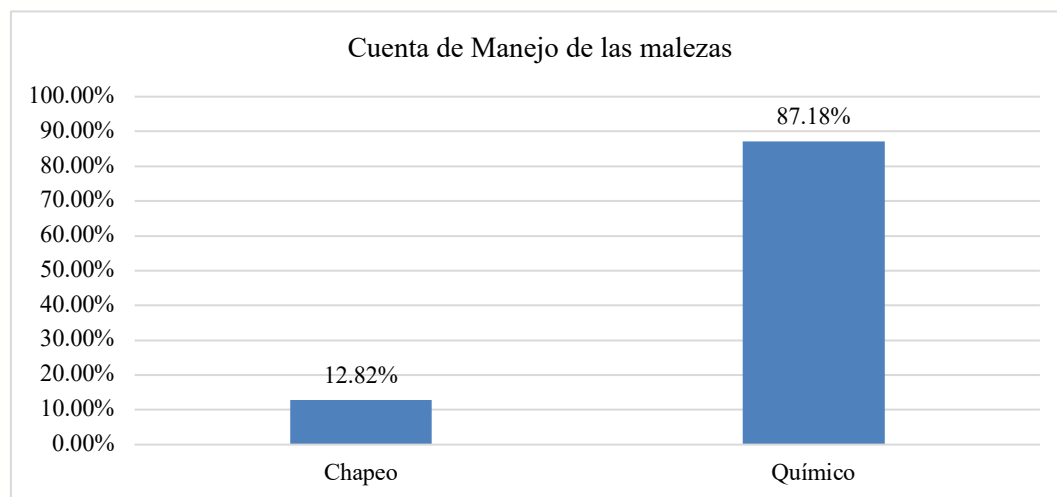


Figura 8:

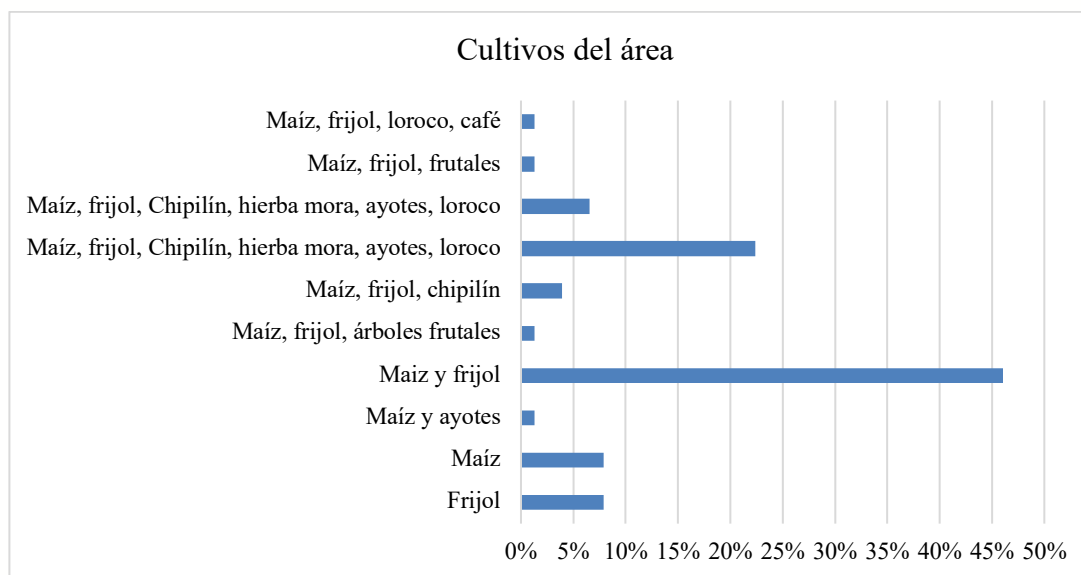
Manejo de malezas



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 9:

Sistemas Agrícolas identificados



La diversidad de plantas dentro del sistema productivo brinda beneficios adicionales a los agricultores, más allá de la producción principal de maíz y frijol, que representa el 46% del sistema de cultivo. Sin embargo, el uso generalizado de agroquímicos para el manejo de malezas ha contribuido a la eliminación de especies nativas.

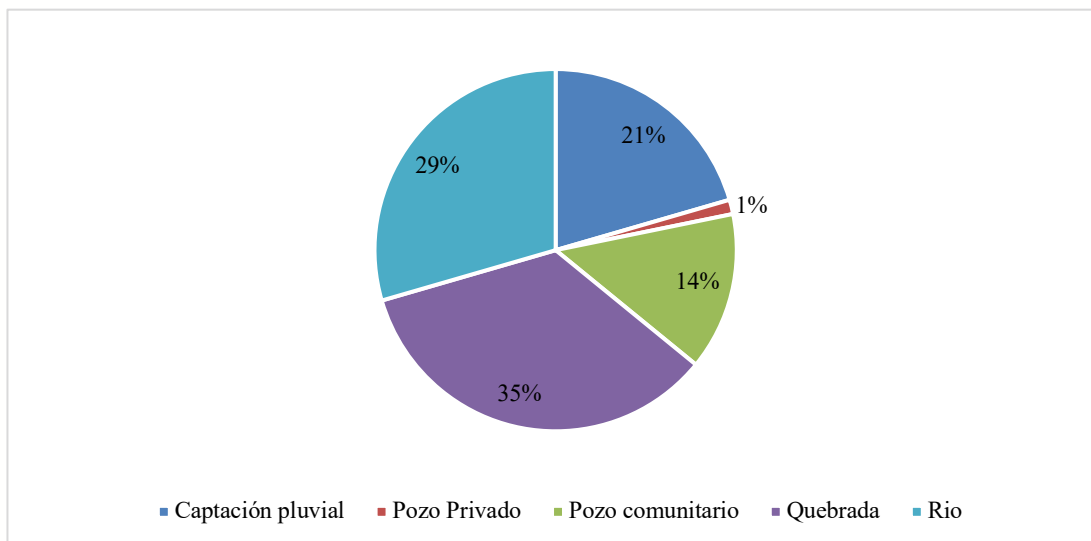
La combinación de cultivos de maíz, frijol, chipilín, hierba mora, ayotes y loroco es la segunda práctica predominante. Estos cultivos no solo aportan a la seguridad alimentaria de las familias, sino que también generan ingresos adicionales mediante la venta en comunidades cercanas.

El establecimiento de otros cultivos, como árboles frutales o café, es menos frecuente. Estos requieren mayor espacio para su desarrollo y, debido a que muchos terrenos son arrendados, el establecimiento de cultivos perennes resulta limitado. Estos resultados reflejan una dependencia del cultivo anual y limitaciones para diversificar con especies de mayor valor económico debido a restricciones de espacio y tenencia de la tierra.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 10:

Origen del recurso hídrico



El acceso al agua, recurso esencial para la preparación de productos de control de plagas, enfermedades y malezas, presenta limitaciones importantes para los agricultores de la región. La quebrada constituye la fuente de agua para el 35% de los productores, pero debido a su carácter estacional, se seca al inicio de la estación seca. El 29% de los agricultores utiliza agua del río más cercano, y el 21% depende de la captación pluvial, práctica común entre quienes no tienen acceso a fuentes cercanas.

Este último método implica la recolección de agua de encharcamientos o mediante plásticos en agujeros, lo que conlleva un suministro de calidad variable y potencialmente contaminada. Esto puede afectar la efectividad de las aplicaciones agrícolas, requiriendo dosis mayores para el control adecuado de plagas y enfermedades en los cultivos.

9.2 Análisis de los resultados de laboratorio

Tabla 5:

Promedio de resultados de laboratorio por práctica agroecológica

Municipio	Práctica	Promedio de °T	Unidades de pH	Conductividad (mS/cm)	Promedio de % H	Densidad Aparente (gr/ml)	Fósforo (PPM)	Potasio (PPM)	%M. O.	Clase Textural
San Juan Ermita	Ninguna	28.51	6.01	0.23	15.22	0.93	2.57	53.59	5.28	Arcillosa
	Kuxur Rum	28.90	7.17	0.67	22.07	0.84	83.20	58.01	6.64	Arcillosa
	Zanjas de infiltración	28.15	7.54	0.33	19.76	0.86	2.57	28.84	5.75	Arcillosa
	Barreras muertas	28.38	5.96	0.19	17.30	0.88	6.58	0.24	5.76	Arcillosa
	Abonos verdes	29.10	6.26	0.21	15.01	0.86	78.19	9.23	10.43	Arcillosa
	Integración de rastrojos	28.50	6.85	0.25	16.21	0.94	6.80	10.81	4.68	Arcillosa
	Barreras vivas	28.20	5.02	0.08	9.01	1.11	15.17	12.30	7.49	Arcillosa
Jocotán	Ninguna	27.87	5.98	0.33	20.45	0.82	4.88	35.25	4.06	Arcillosa
	Kuxur Rum	27.60	7.10	0.57	21.84	0.79	42.68	15.96	7.56	Arcillosa Limosa
	Zanjas de infiltración	29.90	7.48	0.45	21.64	0.84	13.08	25.75	5.46	Arcillosa
	Barreras muertas	27.26	7.00	0.45	24.40	0.72	7.69	43.39	7.17	Arcillosa
	Abonos verdes	27.26	6.70	0.60	17.71	0.84	12.76	52.46	6.38	Arcillosa
	Integración de rastrojos	27.62	6.53	0.67	26.07	0.79	12.50	52.91	8.63	Arcillosa
	Barreras vivas	27.60	6.85	0.41	16.06	0.90	10.74	67.88	5.19	Arcillosa
Camotán	Ninguna	27.80	7.05	0.20	21.26	0.74	10.01	11.15	6.17	Arcillosa
	Kuxur Rum	27.08	7.25	0.28	18.70	0.90	50.00	13.33	9.22	Arcillosa
	Zanjas de infiltración	27.18	7.61	0.56	16.07	0.89	2.28	21.10	4.53	Franco Arcillosa
	Barreras muertas	27.18	7.29	0.37	24.24	0.73	2.57	12.80	7.81	Arcillosa
	Abonos verdes	29.10	7.10	0.26	14.04	0.75	61.47	12.96	10.22	Franco Arcillosa
	Integración de rastrojos	26.96	7.12	0.29	21.32	0.86	7.47	16.48	6.77	Arcillosa
	Barreras vivas	29.78	7.16	0.27	19.36	0.77	26.90	14.33	10.17	Franco Arcillosa

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

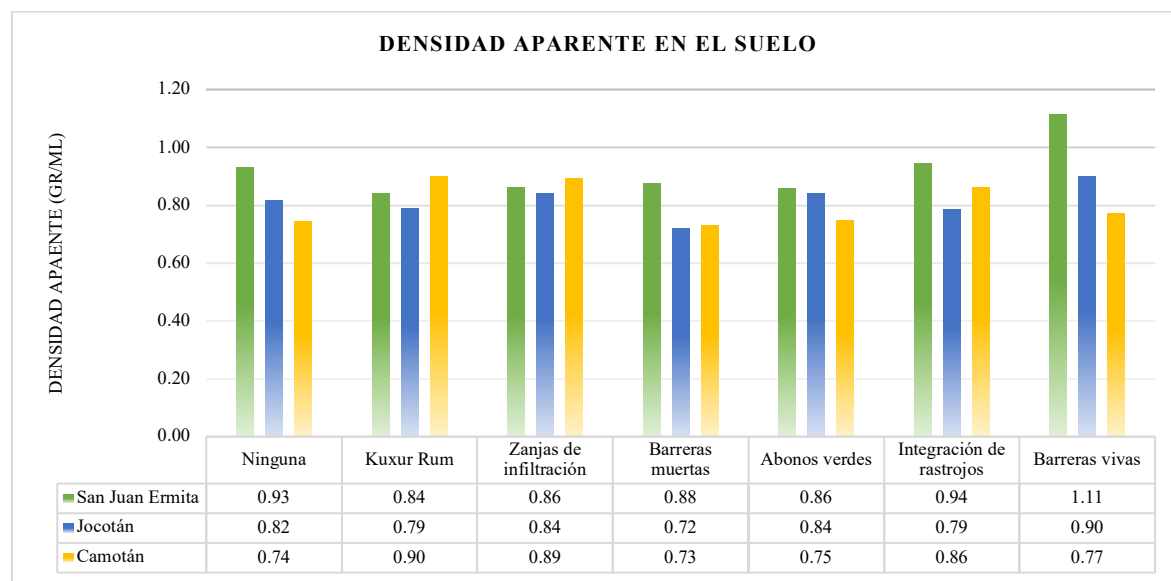
Los resultados indican que las prácticas de Kuxur Rum, abonos verdes y barreras vivas presentan los valores más altos de humedad del suelo y materia orgánica, lo que sugiere que estas estrategias favorecen la retención de agua y la fertilidad. Las parcelas sin prácticas agroecológicas muestran menores niveles de fósforo y potasio, lo que podría estar relacionado con la erosión y nutrición.

a. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo es un indicador importante de su calidad y salud, influyendo directamente en la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En el contexto de las prácticas agroecológicas, la densidad aparente tiende a reducirse gracias a prácticas como la incorporación de materia orgánica y la cobertura vegetal, que mejoran la estructura del suelo. Esto facilita el crecimiento radicular, la infiltración de agua y el intercambio gaseoso, contribuyendo a un suelo más suelto y fértil que favorece la productividad agrícola sostenible en la región.

Figura 11:

Densidad aparente del suelo (gr/ml)

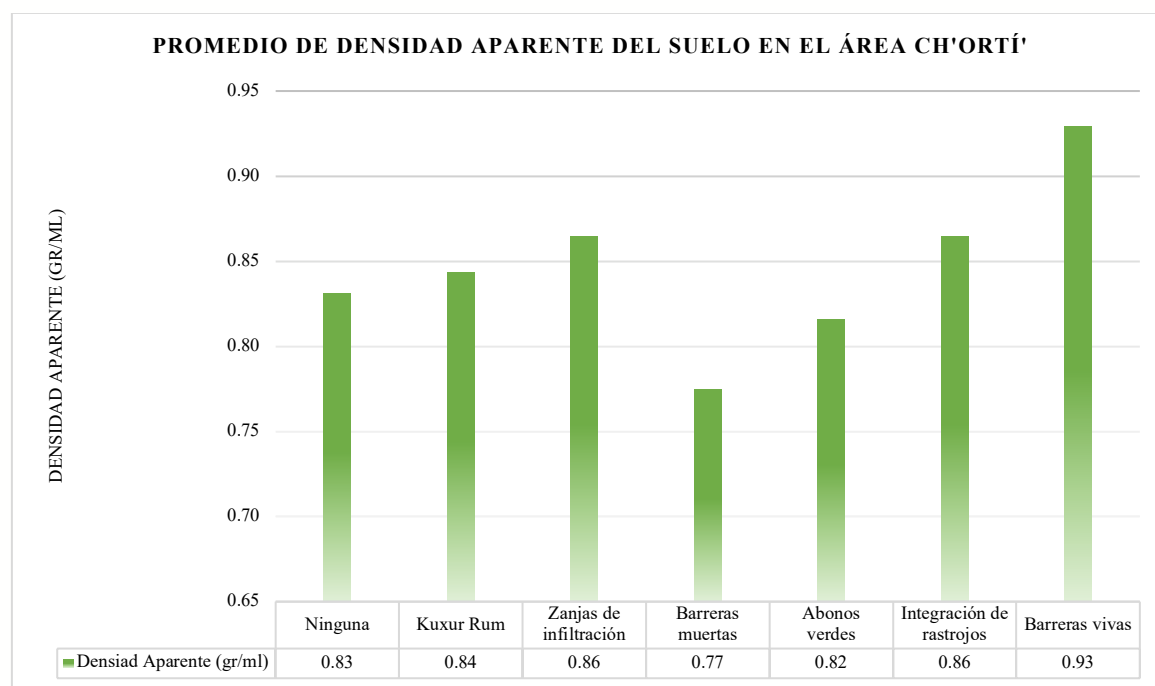


Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Las prácticas de barreras vivas, integración de rastrojos y zanjas de infiltración mejoraron la densidad aparente del suelo al incrementar la materia orgánica y la estabilidad estructural, lo que favorece la infiltración de agua y el crecimiento radicular.

Figura 12:

Promedio de Densidad Aparente del suelo en el Área Ch'orti'



En la figura 12, se comprueba que las prácticas agroecológicas con mejores valores en Densidad Aparente del suelo para el área Ch'orti' son los Barreras vivas, Integración de rastrojos y Zanjas de Infiltración. La densidad aparente del suelo, está relacionado directamente con la clase textural del terreno, como se observa en la tabla 3, se puede inferir que la mayoría de prácticas presen suelos adecuados para la mayoría de cultivos, manteniendo un equilibrio entre aireación, retención de agua y estabilidad estructural, excepto la práctica barreras muertas no ha realizado no presenta una mejora pues son suelos sueltos que podría afectar la capacidad de retención de agua.

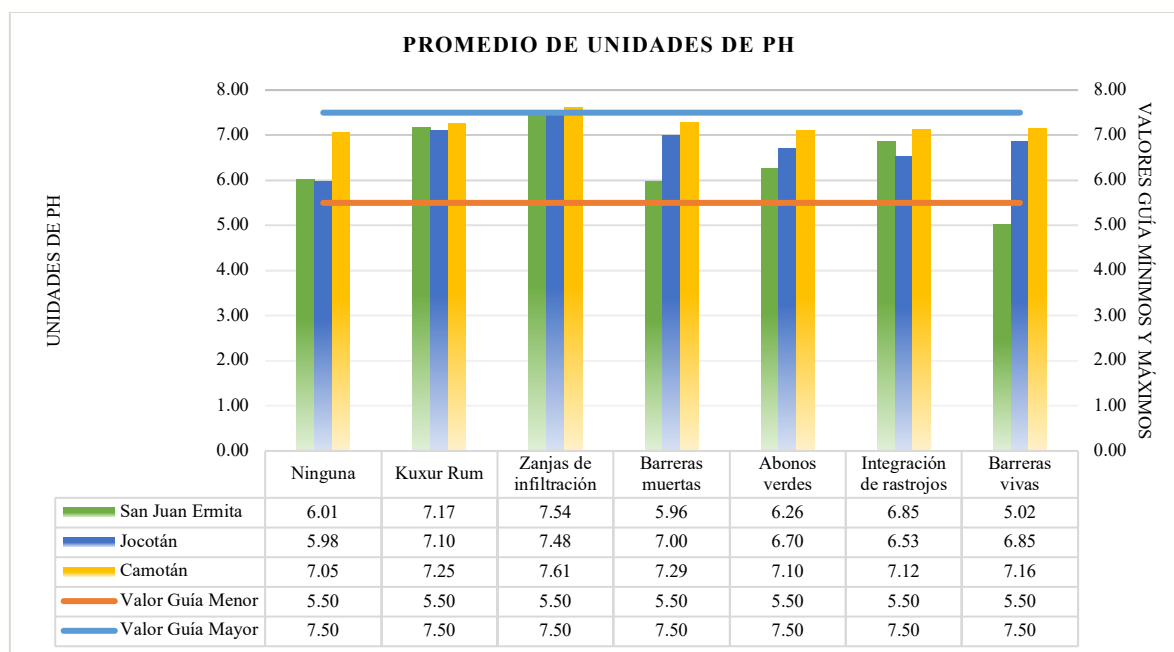
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

b. Potencial de Hidrógeno

El potencial de hidrógeno es uno de los parámetros claves para la salud de los cultivos, especialmente para los sistemas milpa, debido a que el equilibrio de pH en el suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas y de acuerdo a la interacción de las condiciones climáticas con las características edáficas del área promueven un óptimo rendimiento de los cultivos.

Figura 13:

Potencial de Hidrógeno

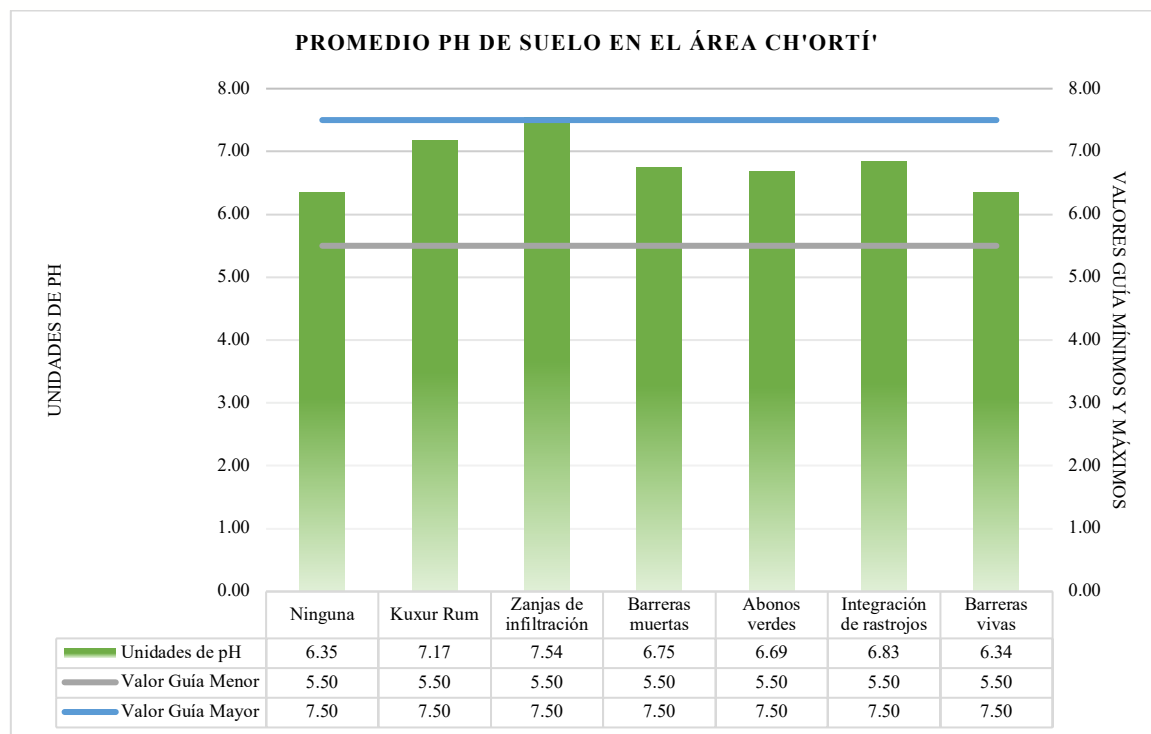


Los datos muestran una tendencia de potencial de hidrógeno neutro en los modelos de Kuxur Rum y Zanjas de Infiltración; mientras que, para los modelos de Integración de Rastrojos, Abonos Verdes, Barreras Muertas y Barreras Vivas se presenta un promedio de potencial de hidrógeno ligeramente ácido, teniendo los valores óptimos en los modelos de Zanjas de Infiltración y Kuxur Rum de las áreas de estudio de los municipios de San Juan Ermita, Jocotán y Camotán.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 14:

Promedio de pH del suelo en el Área Ch'orti'



En la figura 14, se observa el promedio de unidades de pH general para el área Ch'orti', en donde se comprueba que los modelos con valores óptimos de pH en el suelo son Zanjás de Infiltración con un valor promedio de 7.54, seguido de Kuxur Rum con un valor promedio de 7.17 y Abonos Verdes con un valor promedio de 6.69.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los modelos con mejor conductividad eléctrica en el suelo son Kuxur Rum, y Zanjás de infiltración, debido a que este parámetro está relacionado a la humedad en el suelo y al tipo de suelo presente en el área de estudio que es predominantemente arcilloso, lo cual se evidencia en los valores presentados en la figura 11 y la tabla 5.

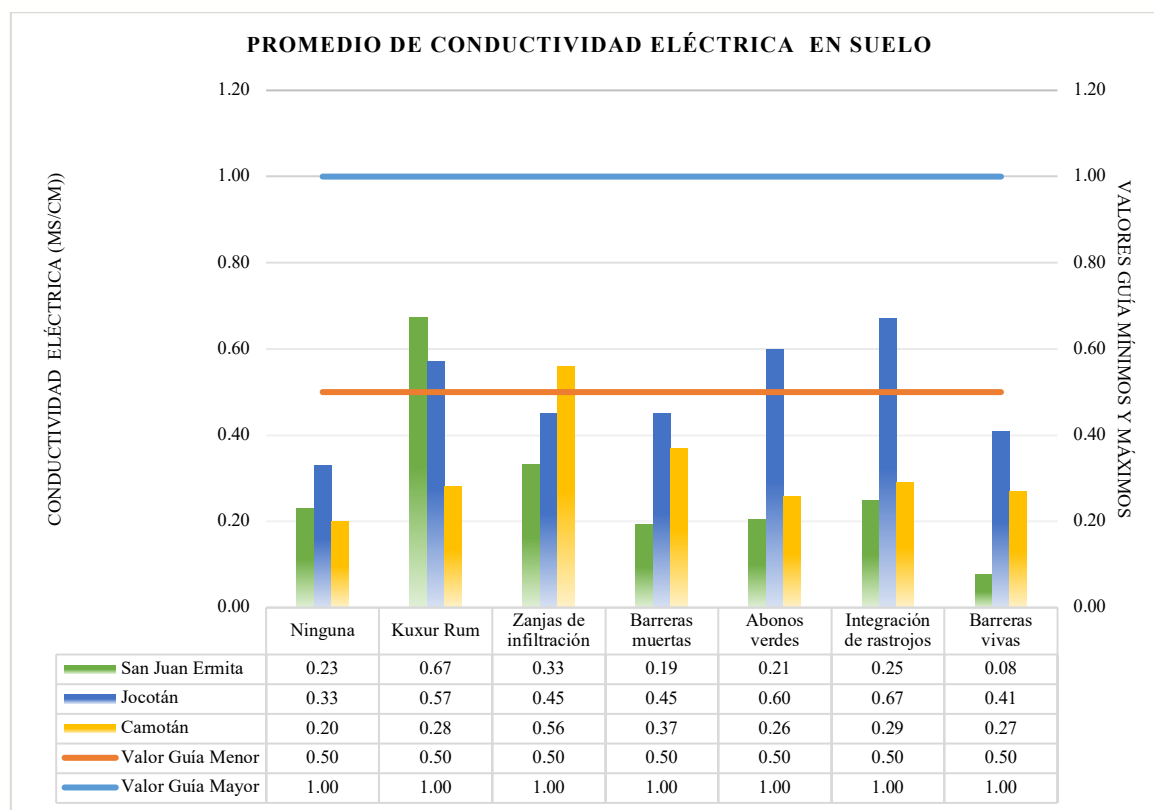
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

c. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica el contenido de sales naturales solubles en el suelo; los valores adecuados varían de acuerdo al tipo de cultivo, en el caso del sistema milpa, se recomienda que los valores oscilen entre 0.5 mS/cm a 1 mS/cm, ya que esto asegura que su crecimiento y desarrollo no se verá afectado por estrés salino.

Figura 15:

Conductividad Eléctrica (mS/cm)

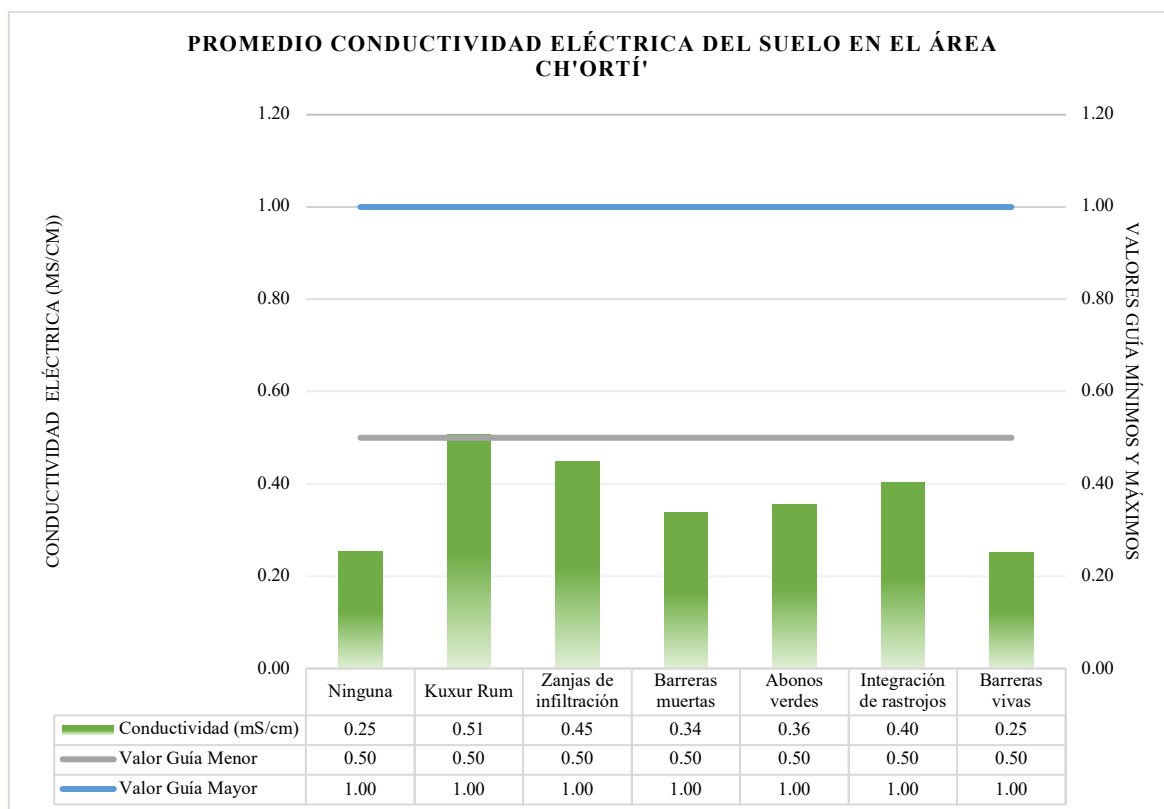


Cabe resaltar que el contenido de sales naturales también depende de las características edáficas del suelo, por ejemplo en el área de Jocotán al momento de la recolección de las muestras se observaban rocas con presencia de carbonatos de calcio, lo cual influye en los valores de conductividad eléctrica altos en el 80% de las prácticas implementados en las áreas de estudio de Jocotán.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 16:

Promedio de conductividad eléctrica del suelo en el Área Ch'ortí



En la figura 16, se observa el promedio conductividad eléctrica general para el área Ch'ortí, en donde se comprueba que las prácticas con valores óptimos de conductividad en el suelo son Kuxur Rum con un valor promedio de 0.51 mS/cm, seguido de Zanjás de Infiltración con un valor promedio de 0.45 mS/cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las prácticas con mejor conductividad eléctrica en el suelo son Kuxur Rum, y Zanjás de infiltración, debido a que este parámetro está altamente relacionado a la humedad en el suelo, lo cual se evidencia en los valores presentados en ambas prácticas según la figura 27.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 6:

Tipos de manejo agrícola relacionados a parámetros de laboratorio y macrofauna

Municipio	Práctica	Manejo de la Fertilización	Manejo de Malezas	Conteo de lombrices	Fósforo (PPM)	Potasio (PPM)	% M.O
San Juan Ermita	Ninguna (Testigo)	Ninguno	Ninguno	1	2.57	53.59	5.28
	Kuxur Rum	Químico	Químico	1	83.20	58.01	6.64
	Zanjas de infiltración	Químico	Químico	0	2.57	28.84	5.75
	Barreras muertas	Químico	Químico	0	6.58	0.24	5.76
	Abonos verdes	Químico	Químico	0	78.19	9.23	10.43
	Integración de rastrojos	Químico	Químico	0	6.80	10.81	4.68
	Barreras vivas	Químico	Químico	0	15.17	12.30	7.49
Jocotán	Ninguna (Testigo)	Ninguno	Ninguno	1	4.88	35.25	4.06
	Kuxur Rum	Químico	Químico	0	42.68	15.96	7.56
	Zanjas de infiltración	Químico	Químico	2	13.08	25.75	5.46
	Barreras muertas	Químico	Químico	0	7.69	43.39	7.17
	Abonos verdes	Químico	Químico	1	12.76	52.46	6.38
	Integración de rastrojos	Químico	Químico	2	12.50	52.91	8.63
	Barreras vivas	Químico	Químico	2	10.74	67.88	5.19
Camotán	Ninguna (Testigo)	Ninguno	Ninguno	1	10.01	11.15	6.17
	Kuxur Rum	Químico	Químico	2	50.00	13.33	9.22
	Zanjas de infiltración	Químico	Químico	1	2.28	21.10	4.53
	Barreras muertas	Químico	Químico	1	2.57	12.80	7.81
	Abonos verdes	Químico	Químico	1	61.47	12.96	10.22
	Integración de rastrojos	Químico	Químico	0	7.47	16.48	6.77
	Barreras vivas	Químico	Químico	0	26.90	14.33	10.17

Como se observa en la tabla 6, el manejo agrícola aplicado en las parcelas de estudio es predominantemente químico, lo cual incide directamente en la presencia de materia orgánica, ya que el uso constante de fertilizantes y pesticidas afecta negativamente en el ciclo natural de nutrientes del suelo por la reducción de la biodiversidad microbiana lo cual incide en los bajos niveles de descomposición de materia orgánica, formación de humus, disponibilidad de nutrientes para el cultivo y la alteración de la estructura del suelo que aumenta la susceptibilidad a la erosión por la baja retención de humedad a largo plazo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

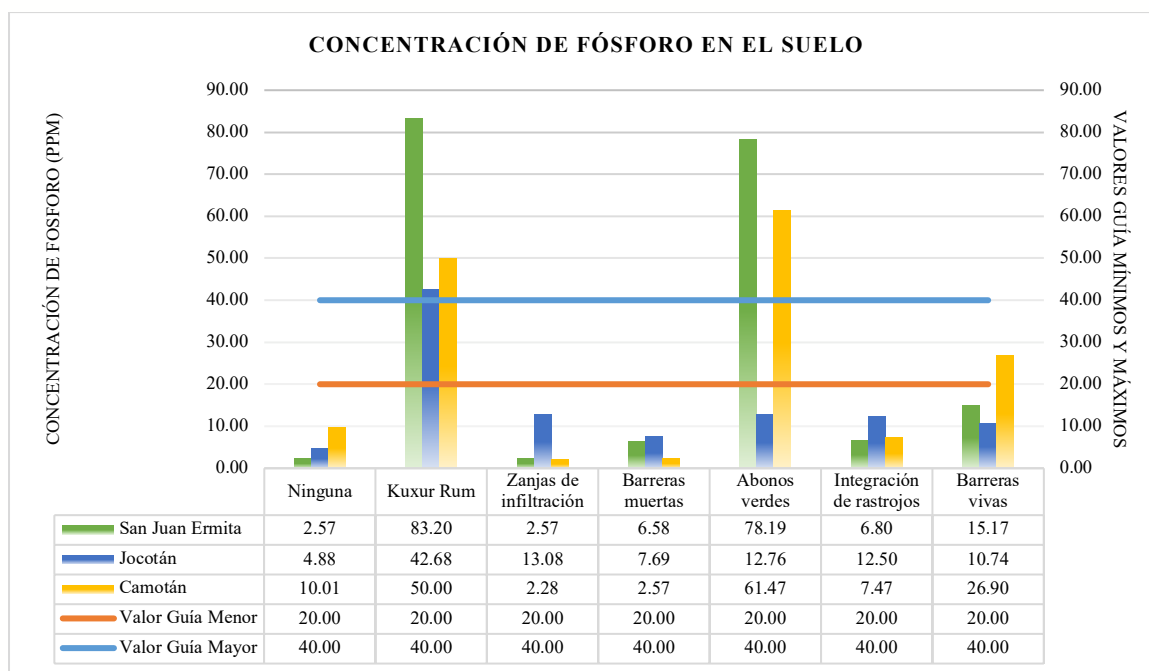
Entre las prácticas con mejores valores de materia orgánica, fósforo y potasio en el área de estudio se encuentra el modelo de Abonos Verdes, Kuxur Rum y Barreras Vivas.

d. Concentración de fósforo en el suelo

La concentración de fósforo en el suelo depende del tipo de suelo, materia orgánica, adición de fertilizantes y rotación de cultivo; dado que es un elemento que fomenta la formación de raíces y el desarrollo de la planta, además favorece la producción de flores y frutos, teniendo un impacto directo en el rendimiento del cultivo, por lo que es recomendable otorgar un manejo adecuado para mantener los niveles óptimos disponibles en el suelo para que sea absorbido por el cultivo

Figura 17:

Concentración de fosforo en el suelo



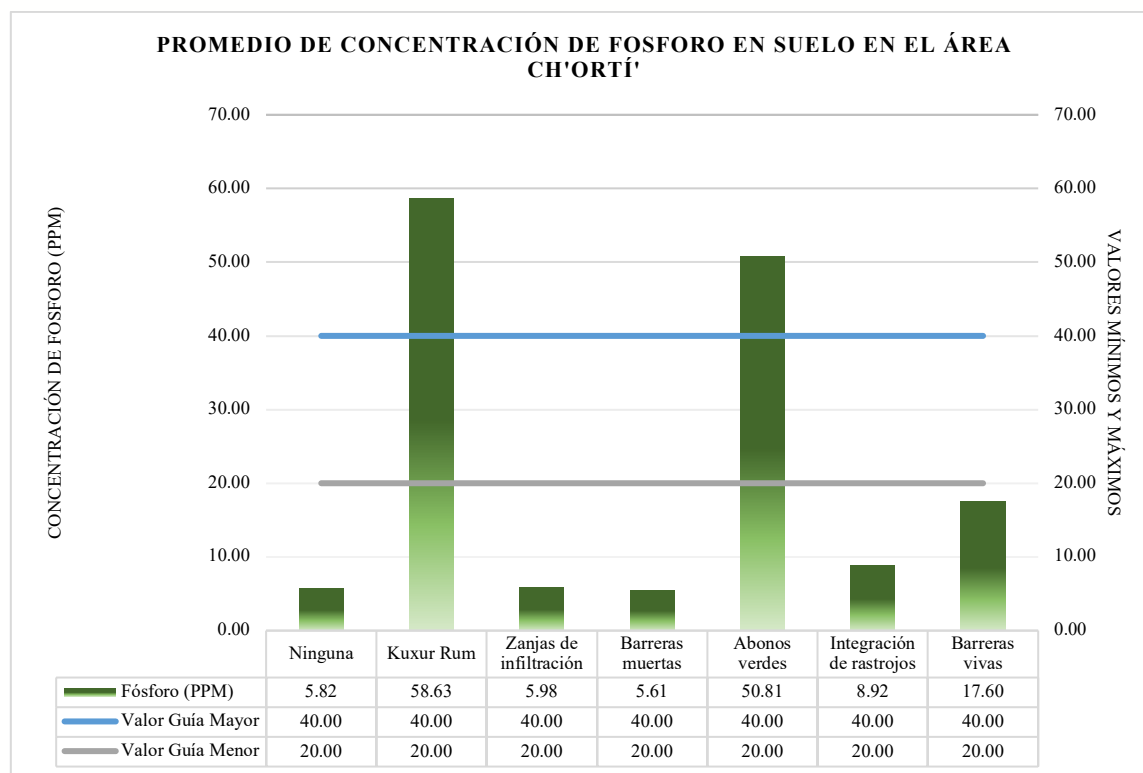
Los resultados muestran que las prácticas de Kuxur Rum y Abonos Verdes presentan los valores de Fósforo óptimos para el suelo en las áreas de estudio; debido a la incorporación

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

de biomasa y la interacción de los microorganismos naturales del suelo influyen en la disponibilidad de fósforo. Sin embargo, cabe mencionar que el manejo agrícola aportado en las áreas de estudio predomina la fertilización química, por lo que se concluye que los valores obtenidos se ven potenciados por el tipo de manejo aplicado en las parcelas.

Figura 18:

Promedio de concentración de fósforo en el suelo en el Área Ch'ortí'



En la figura 18, se observa el promedio de la concentración de fósforo general para el área Ch'ortí', en donde se comprueba que las prácticas con valores óptimos de fósforo en el suelo son Kuxur Rum con un valor promedio de 58.63 ppm, seguido de Abonos Verdes con un valor promedio de 50.81 ppm.

Los resultados muestran que el Kuxur Rum y Abonos Verdes presentan los valores de Fósforo óptimos para el suelo en las áreas de estudio; debido a la incorporación de biomasa y la interacción de los microorganismos naturales del suelo influyen en la disponibilidad de fósforo.

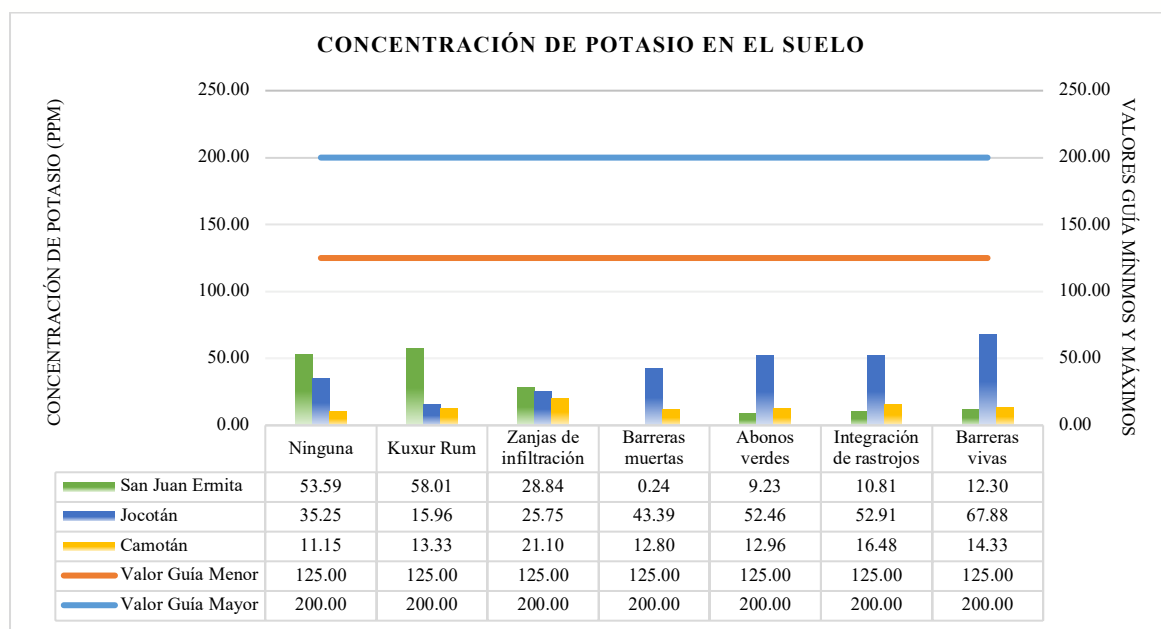
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

e. Concentración de potasio en el suelo

La concentración de potasio en el suelo depende del tipo de suelo, la cantidad de materia orgánica, las condiciones del pH, y las prácticas agrícolas. Este nutriente es esencial para el crecimiento de las plantas, ya que regula la apertura y cierre de estomas, mejorando la eficiencia del uso del agua y la resistencia al estrés hídrico. Además, el potasio fortalece los tallos y contribuye al desarrollo de frutos y semillas, lo cual influye directamente en el rendimiento del cultivo. Para mantener niveles adecuados, es fundamental realizar un manejo balanceado y adecuado del potasio en el suelo, permitiendo que esté disponible para la absorción de las plantas y optimice su crecimiento y productividad.

Figura 19:

Concentración de potasio en el suelo



De acuerdo con los resultados obtenidos, las prácticas con mayor concentración de potasio son el Kuxur Rum y Barreras Vivas, sin embargo, su disponibilidad depende de diversos factores como lo es el manejo del cultivo, tipo de suelo y pedregosidad, ya que en suelos arenosos el potasio se lixivia con facilidad evitando estar disponible para su absorción.

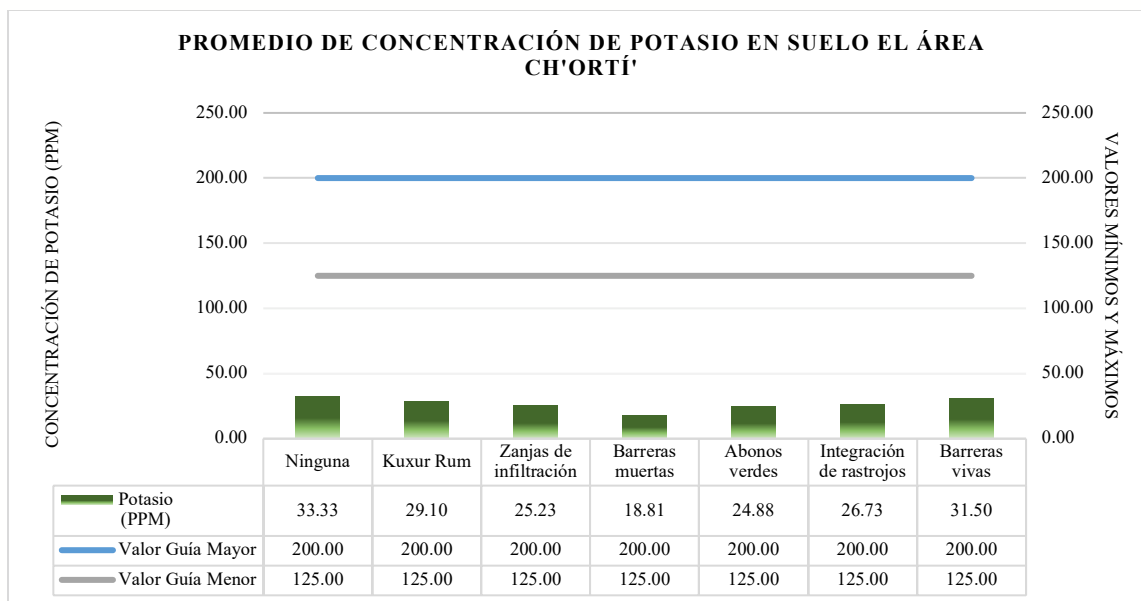
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Por otro lado, en suelos arcillosos es retenido y se encuentra disponible para que el cultivo aproveche sus propiedades. Sin embargo, en el área de Jocotan pese a que los suelos son predominantemente arcillosos, al momento de realizar el muestreo se evidenció la presencia de carbonatos, los cuales tienen la propiedad de retener el potasio en el suelo evitando en algunos casos ser extraído por la planta, lo cual se puede confirmar con la conductividad presentada para el área de Jocotán en la figura 17. Por lo que se puede inferir que el poco potasio presente en los suelos bajo estudio no se encuentra disponibles para la planta, por lo que se recomienda la implementación de Kuxur Rum, Abonos Verdes e Integración de rastrojos, que manifestaran una mejora en este elemento a largo plazo.

Cabe resaltar que fisiológicamente la planta de maíz moviliza el 70-80% del fósforo total hacia el grano y un 20-30% queda en su estructura la cual posteriormente es incorporada al suelo y ciclada para aprovecharse nuevamente. El potasio al ser menos móvil en la planta se llega a acumular un 20-30% en el grano y un 70-80% en la planta.

Figura 20:

Promedio de concentración de potasio en el suelo del Área Ch'ortí'



En la figura 20, se observa el promedio de la concentración de potasio general con relación a la práctica, en donde se comprueba que las prácticas con mayores valores de potasio en el



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

suelo son Barreras Vivas con un valor promedio de 31.50 ppm, seguido de Kuxur Rum con un valor promedio de 29.10 ppm, y por ultimo Integración de Rastrojos con un valor promedio de 26.73 ppm.

Pese a que los datos muestran que las prácticas con mayores valores de potasio en el suelo son Kuxur Rum, Barreras Vivas e Integración de rastrojos, en el 100% de los casos, se encuentran abajo de los valores mínimos y máximos recomendados que son de 125 ppm a 200 ppm para este parámetro.

f. Porcentaje de materia orgánica en el suelo

La materia orgánica en el suelo es fundamental para la fertilidad y la disponibilidad de nutrientes esenciales como el potasio. Su presencia mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua y proporciona una fuente continua de nutrientes.

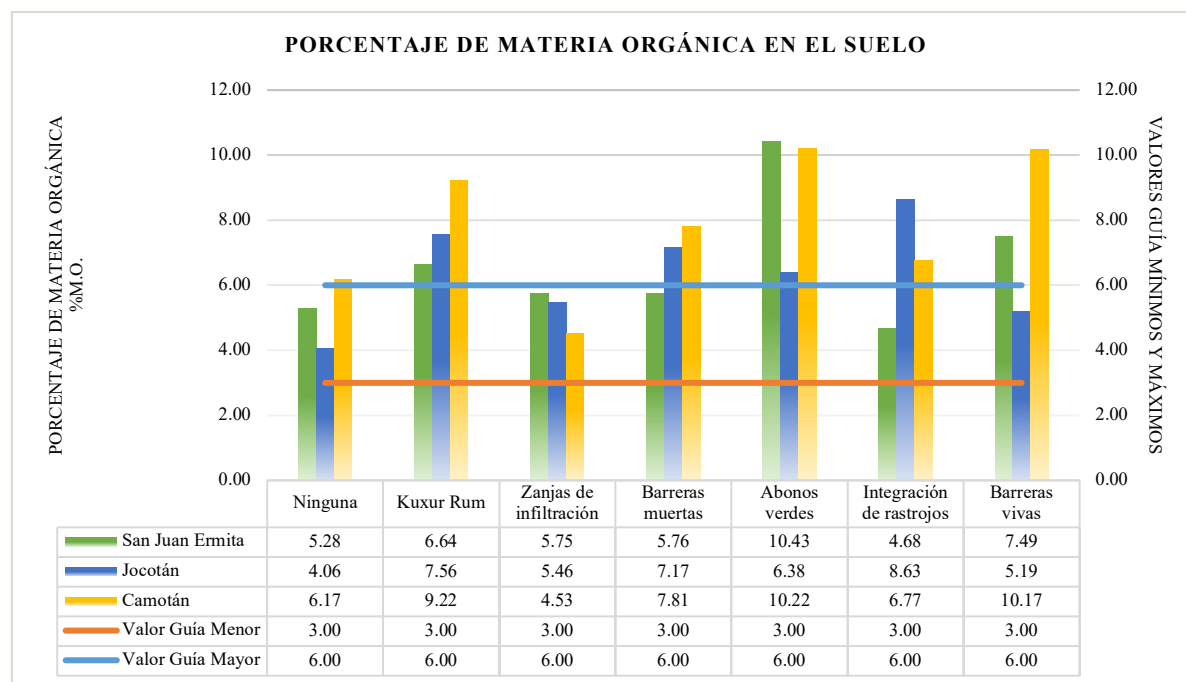
Al descomponerse, la materia orgánica libera potasio de forma gradual, lo que favorece su disponibilidad para las plantas. Además, contribuye a mantener el pH adecuado del suelo y reduce la pérdida de potasio por lixiviación, beneficiando así el crecimiento, desarrollo y resistencia al estrés hídrico en los cultivos.

Los resultados en la figura 21, muestran que los niveles de materia orgánica se encuentran entre los valores guía mínimos y máximos, siendo las prácticas de Kuxur Rum, Abonos Verdes y Barreras Vivas las que presentan mayor porcentaje de materia orgánica en el suelo para el área de San Juan Ermita, Jocotán y Camotán. En las tres prácticas se prioriza la incorporación de biomasa al suelo para su descomposición natural a través de los microorganismos naturales del suelo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 21:

Porcentaje de materia orgánica en el suelo

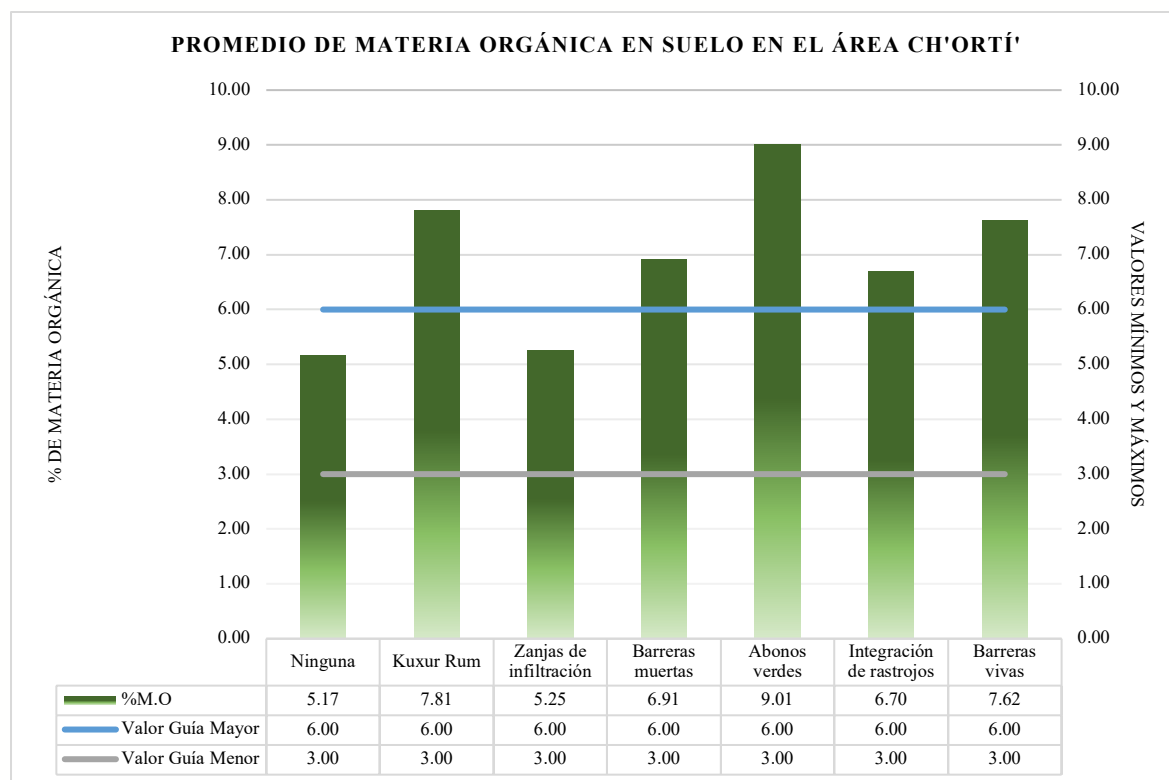


Cabe resaltar que la presencia de materia orgánica en el suelo favorece en la liberación de fósforo al suelo, gracias a la descomposición de la misma materia por actividad natural de los microorganismos del suelo, quienes se encargan de la transformación de los compuestos orgánicos del fósforo a su forma inorgánica como los ortofosfatos (PO_4^-) absorbibles por las raíces de las plantas.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 22:

Promedio de materia orgánica en el suelo en el Área Ch'orti'



En la figura 24, se observa el promedio del porcentaje de materia orgánica general para el área Ch'orti', en donde se comprueba que las prácticas con mayores valores de materia orgánica en el suelo son Abonos Verdes con un valor promedio de 9.01%, seguido de Kuxur Rum con un valor promedio de 7.81%, y por último Barreras Vivas con un valor promedio de 7.62%.

Los datos muestran que las prácticas con mayor porcentaje de materia orgánica en el suelo son Barreras Vivas, Kuxur Rum y Barreras Vivas, que a su vez fueron las prácticas con mejor concentración de fósforo determinados en la figura 20, ya que la presencia de materia orgánica no solo mejora la estructura de un suelo, sino que facilita la capacidad de intercambio catiónico, almacenamiento y disponibilidad de los nutrientes vitales para el crecimiento de las plantas como lo es el fósforo. Cabe resaltar que en el 100% de los casos,

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

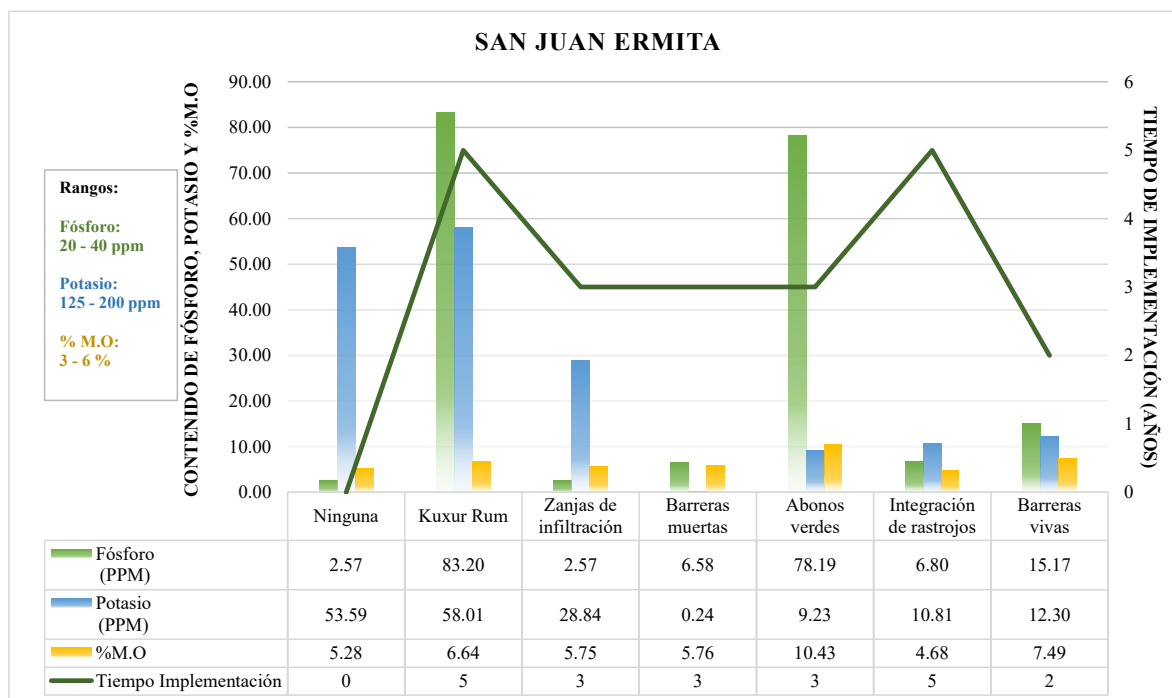
se encuentran dentro de los valores mínimos y máximos recomendados que son de 3 a 6% de materia orgánica.

g. Relación de Fosforo y Potasio con la Materia Orgánica

La materia orgánica juega un papel esencial en la disponibilidad de fósforo y potasio en suelos manejados con prácticas agroecológicas. La descomposición de la materia orgánica libera estos nutrientes, haciéndolos accesibles para las plantas de forma gradual y equilibrada. El fósforo es vital para la formación de raíces y el desarrollo inicial, mientras que el potasio mejora la resistencia de las plantas al estrés hídrico. En un sistema agroecológico, mantener niveles adecuados de materia orgánica favorece la fertilidad natural del suelo, optimizando el rendimiento sin necesidad de insumos químicos.

Figura 23:

Contenido de fósforo, potasio y porcentaje de materia orgánica por modelo agroecológico contra tiempo de implementación, municipio de San Juan Ermita



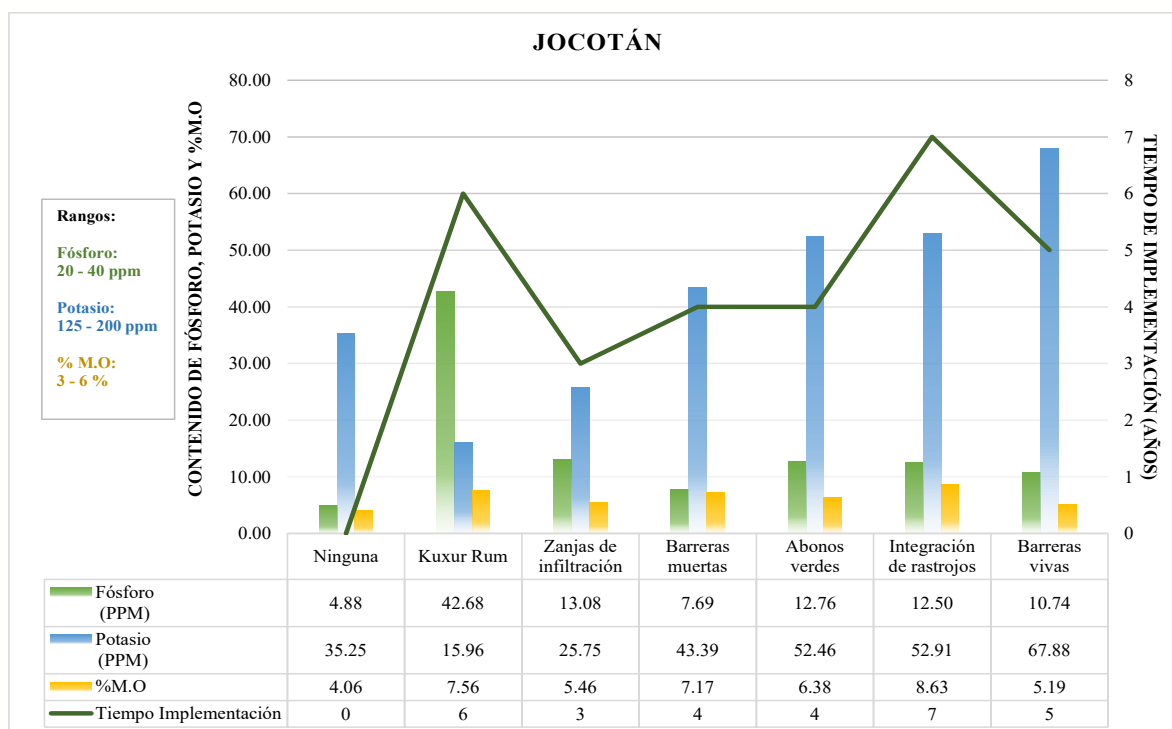
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La figura 23, muestra los valores de fósforo, potasio y materia orgánica por modelo agroecológico contra el tiempo de implementación del modelo para el área de San Juan Ermita, en donde se comprueba que las prácticas con mejores valores a largo plazo son Kuxur Rum, Abonos Verdes y Barreras Vivas respectivamente.

Los datos muestran que las prácticas con mejores valores de fósforo, potasio y porcentaje de materia orgánica, elementos cruciales en la fertilidad y salud del suelo ya que influyen directamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo son Kuxur Rum que muestra los valores más estables a lo largo de 5 años de implementación, seguido de Abonos Verdes y Barreras Vivas, siendo este último el más joven en tiempo de implementación con 2 años de práctica en el área de estudio, sin embargo muestra valores estables

Figura 24:

Contenido de fósforo, potasio y porcentaje de materia orgánica por modelo agroecológico contra tiempo de implementación, municipio de Jocotán



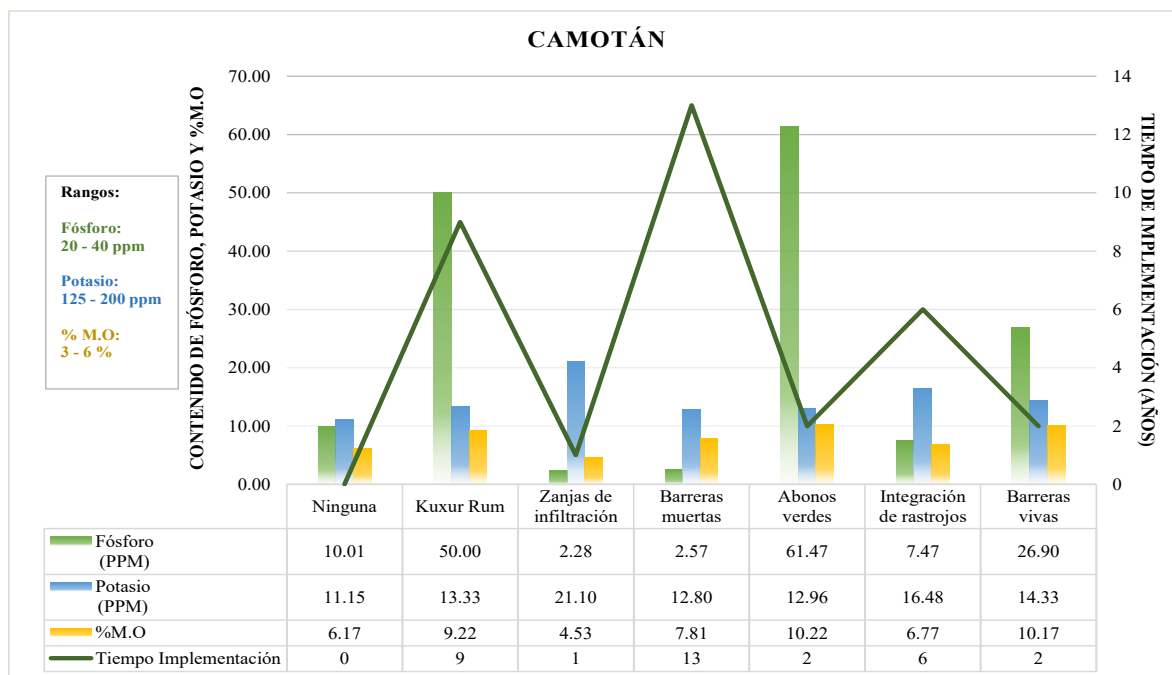
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La figura 24 muestra los valores de fósforo, potasio y materia orgánica por modelo agroecológico contra el tiempo de implementación del modelo para el área de Jocotán, en donde se comprueba que las prácticas con mejores valores a largo plazo son Kuxur Rum, Abonos Verdes y Integración de Rastrojos respectivamente.

Los datos muestran que las prácticas con mejores valores de fosforo, potasio y porcentaje de materia orgánica, son Kuxur Rum que muestra los valores más estables a lo largo de 6 años de implementación, seguido de Integración de Rastrojos, y Abonos Verdes, siendo este último el más joven en tiempo de implementación con 4 años de práctica en el área de estudio. Cabe destacar que en el área de Jocotán se observó la presencia de pedregosidad ricos en carbonatos, los cuales influyen en la retención de elementos como el potasio, por lo cual se evidencian valores moderados, sin embargo en ninguno de los casos sobrepasa los valores guía establecidos.

Figura 25.

Contenido de fósforo, potasio y porcentaje de materia orgánica por modelo agroecológico contra tiempo de implementación, municipio de Camotán





Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La figura 25 muestra los valores de fósforo, potasio y materia orgánica por modelo agroecológico contra el tiempo de implementación del modelo para el área de Camotán, en donde se comprueba que las prácticas con mejores valores a largo plazo son Abonos Verdes, Kuxur Rum y Barreras Vivas respectivamente.

Los datos muestran que las prácticas con mejores valores de fosforo, potasio y porcentaje de materia orgánica, son Kuxur Rum que muestra los valores más estables a lo largo de 9 años de implementación, seguido de Barreras Vivas, y Abonos Verdes, siendo este último de los más jóvenes en tiempo de implementación con 2 años de práctica en el área de estudio y mostrando los valores mayores respecto a las demás prácticas.

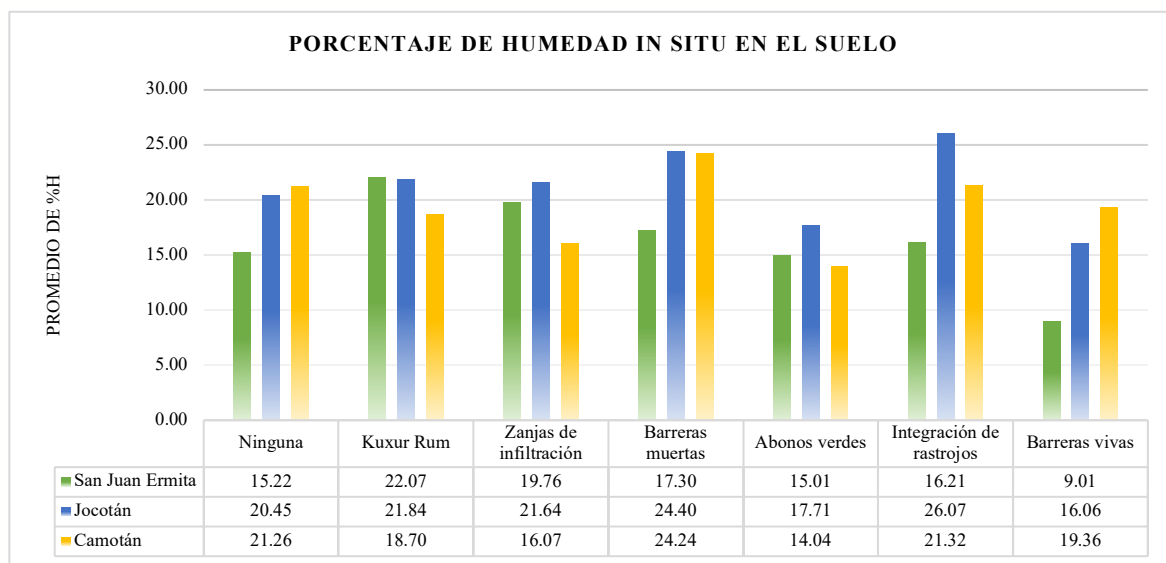
h. Efecto de las prácticas agroecológicas en la humedad del suelo y la conservación de suelo

Las prácticas agroecológicas pueden mejorar significativamente la capacidad de retención de humedad en el suelo, un factor clave para la resiliencia agrícola en condiciones de sequía. Técnicas como el uso de cobertura vegetal, rotación de cultivos y el abono orgánico ayudan a mantener la estructura del suelo y aumentan su capacidad de almacenar agua. Esto no solo reduce la evaporación y erosión, sino que también asegura una disponibilidad hídrica más constante para los cultivos, contribuyendo a un crecimiento saludable y estable incluso en temporadas de menor precipitación.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 26:

Humedad In Situ del suelo



Según el promedio del porcentaje de humedad in situ del suelo para el área de San Juan Ermita, la práctica con menores valores de retención de humedad son las Barreras Vivas con un valor promedio de 9.01%, lo cual se debe a que la práctica lleva implementándose aproximadamente 2 años, mientras que la práctica de Kuxur Rum, que presenta los mejores valores de retención de humedad siendo un promedio de 22.07%, son a su vez las más antiguas de implementación con un promedio de 9 años.

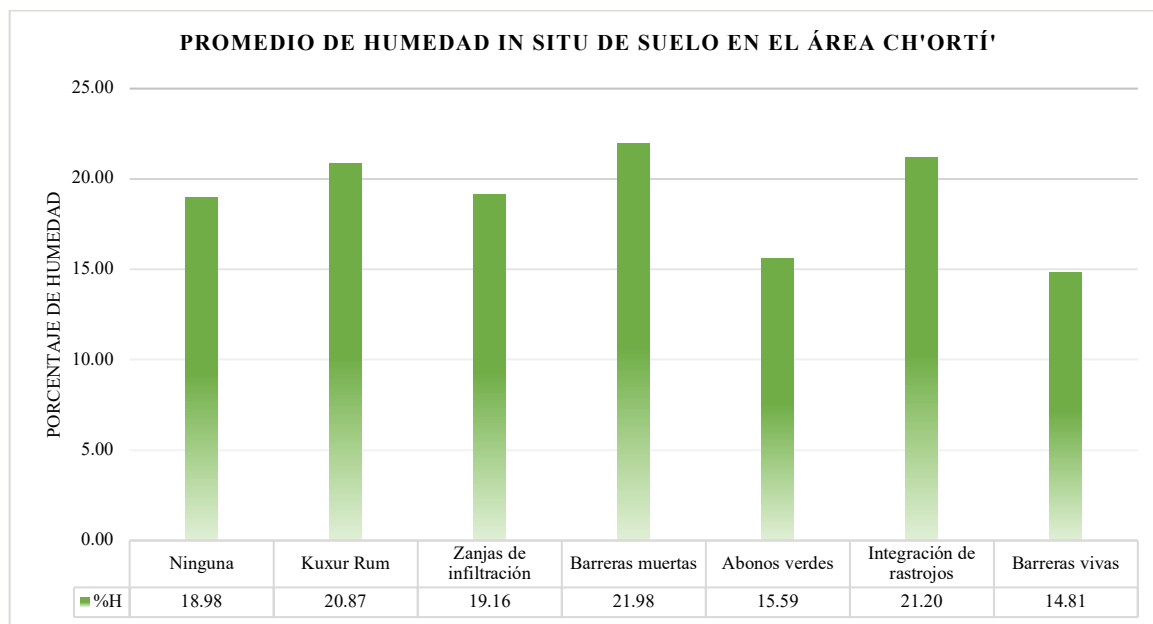
Asimismo, la práctica de Kuxur Rum, favorece la protección del suelo evitando la evaporación del agua en el suelo, aporta biomasa y el sistema radicular del árbol madre cacao (*Gliricidia sepium*) favorece a la infiltración del agua en el suelo.

En cuanto a las áreas de Jocotán y Camotán, la práctica con mejores valores de humedad in situ es el modelo de Integración de Rastrojos con un 26.07% y 21.32% respectivamente, debido a la incorporación de biomasa que posteriormente se convierte en materia orgánica al suelo, lo cual favorece a la retención de humedad en el suelo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 27:

Promedio de Humedad In Situ del suelo en el Área Ch'ortí'



En la figura 27, se observa el promedio del porcentaje de humedad *in situ* general para el área Ch'ortí', en donde se comprueba que las prácticas con valores mayores de humedad en el suelo son Kuxur Rum con un valor promedio de 20.87%, seguido de Zanjás de Infiltración con un valor promedio de 19.16% y Barreras Muertas con un valor promedio de 21.98%.

Cabe resaltar que para este último modelo los valores son mayores debido a que en las áreas de Jocotán y Camotán, previo a la toma de muestras se habrían presentado las primeras precipitaciones de la época, lo cual influyó en los valores atípicos resultantes.

9.2.1 Determinación de la erosión

La estimación de la pérdida de suelo producido por medio de erosión hídrica se realizó mediante el método de clavos y roldanas para lo cual se colocaron estacas de madera graduadas en las parcelas de los productores que tenían prácticas agroecológicas, esto



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

permitió conocer cómo las prácticas tienen una influencia en la retención de suelo el cual es un recurso ignorado por muchos, pero es la base fundamental de la producción agrícola en esas regiones.

Sin embargo, debido a las situaciones que se viven en el campo los productores no preservaron las estacas en su totalidad, solo se logró encontrar información suficiente para estimar la erosión de 3 prácticas las cuales son: Abonos verdes, integración de rastrojos y Kuxur rum además de su comparador sin práctica.

Para cuantificar la erosión se utiliza la expresión:

$$X = Y * Da * 10$$

Donde:

X = Suelo erosionado (ton/ha)

Y = Altura media de suelo erosionado (mm)

Da = Densidad aparente del suelo (ton/m³)

- Abonos Verdes, fue una práctica donde la erosión fue de 0% lo cual indica que no existió pérdida de suelo, esto puede deberse a la fenología de la planta la cual cubre una gran parte de suelo con sus hojas anchas y evita la lluvia directa hacia el suelo, su sistema radicular de raíces profundas le confiere un anclaje fuerte al suelo permitiendo generar un mayor sostén del mismo.
- Incorporación de Rastrojos, presentó un aumento de 45 ton/ha de suelo sedimentado en esa área lo cual nos sugiere que la cobertura vegetal en el suelo además de los beneficios mencionados anteriormente provee de una barrera para el suelo erosionado por la escorrentía de las partes descubiertas del terreno.
- Kuxur Rum, presentó un aumento de 57 ton/ha de suelo.
- El área sin tratamiento (sin práctica), mostró una pérdida de 120 ton/ha de suelo generado por la erosión hídrica, debido a la poca investigación no se tiene un estimado de cuánto dinero se está perdiendo en las áreas agrícolas producto de la



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

pérdida de suelo fértil, lo que se puede apreciar es que está relacionado directamente a la disminución de los rendimientos producto de la pérdida de nutrientes durante la escorrentía de las temporadas de lluvias.

10. Propiedad intelectual

NO APLICA

11. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 7:

Beneficiarios directos e indirectos de la investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de Beneficiarios indirectos
Información sobre el efecto que tienen las prácticas agroecológicas sobre la calidad y fertilidad del suelo.	Agricultores	90	Instituciones que implementan las prácticas en la región, municipalidades de San Juan Ermita, Jocotán y Camotán	300

12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Tabla 3

	Sí	No
Presentación TV		X
Entrevistas radiales		X
Podcast	X	
Entrevista DIGI	X	



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

	Sí	No
Recursos audiovisuales		X
Congresos científicos nacionales o internacionales	X	
Talleres	X	
Publicación de libro		X
Publicación de artículo científico	X	
Divulgación por redes sociales institucionales	X	
Presentación pública		X
Presentación autoridades USAC		X
Presentación a beneficiarios directos	X	
Entrega de resultados	X	
Docencia en grado	X	
Docencia postgrado		X
Póster científico		X
Trifoliales		X
Conferencias	X	
Otro (describa)		X

13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

Esta investigación se socializó principalmente con los grupos de agricultores de subsistencia beneficiarios del proyecto, instituciones gubernamentales y locales como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), la Dirección General de Investigación (DIGI), y otras organizaciones comunitarias. A través de talleres de capacitación, Escuelas



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

de Campo y presentaciones públicas, se garantizará la divulgación y transferencia de los resultados.

En cuanto a su contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND), el proyecto está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente con el ODS 2: "Hambre Cero", al mejorar la seguridad alimentaria y aumentar la resiliencia climática, así como con el ODS 13: "Acción por el Clima", al promover prácticas agrícolas sostenibles que mitiguen los efectos del cambio climático.

Específicamente, contribuyó a programas de desarrollo enfocados en la adaptación al cambio climático, respaldando iniciativas gubernamentales para fomentar una agricultura más sostenible en áreas rurales. Además, los resultados de esta investigación ofrece insumos técnicos que impulsen futuras políticas de resiliencia climática en comunidades indígenas y rurales, de acuerdo con la acción 4 del objetivo 2 de la Política de Investigación de la USAC.

14. Contribución al desarrollo de iniciativas de ley

NO APLICA

15. Vinculación

Los resultados de la investigación aplicada sobre prácticas agroecológicas en la región Ch'orti', Chiquimula, se realizaron a través de la siguiente vinculación con actores principales externos a la USAC:

Reuniones con técnicos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), CARITAS, Asociación de Servicios y Desarrollo Socioeconómico de Chiquimula -ASEDECHI-, Asociación Regional Campesina Chortí -ASORECH:



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Organizando reuniones con representantes para discutir los objetivos y resultados del proyecto. Esto permitió alinear la investigación con las políticas y programas locales relacionados con la agricultura sostenible y la conservación de recursos naturales.

Escuela de campo, taller con agricultores:

Se realizaron seminarios y talleres en las comunidades locales de la región Ch'orti', Chiquimula, (parcelas de muestreo de las prácticas) donde se presentaron y discutieron los hallazgos de la investigación, a grupos de agricultores previamente convocados.

Estos eventos facilitaron la participación activa de los agricultores y otros miembros de la comunidad, y permitieron recoger retroalimentación directa sobre la aplicabilidad de los resultados en el contexto local.

Participación en Redes Académicas y Científicas:

Participación en redes académicas y científicas relacionadas con la agroecología y la agricultura sostenible en Guatemala. Esto incluye compartir conocimientos y promover la colaboración en proyectos futuros.

16. Conclusiones

1. Las prácticas agroecológicas tienen un impacto positivo en la calidad del suelo, dando como resultados un aumento en la densidad aparente del 0.10 gr/ml en la mejor práctica en comparación con los suelos descubiertos, promoviendo sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes. La implementación de estrategias como el uso de abonos verdes e incorporación de rastrojos mejora en más de un 58% la conductividad eléctrica comparado con la parcela sin práctica, lo que facilita la absorción de nutrientes esenciales. Estas mejoras no solo fortalecen la fertilidad del suelo, sino que también optimizan la disponibilidad de agua como lo son las prácticas de integración de rastrojos con un 10.46% más de humedad in situ en terrenos que la empleaban. Abonos verdes



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

presentó un aumento del 38% en promedio el contenido de materia orgánica en el suelo, promoviendo la actividad biológica y siendo un aporte nutricional para los cultivos.

2. Los resultados obtenidos a través del análisis de laboratorio y la evaluación en campo demostraron que la implementación de prácticas agroecológicas, como el uso del sistema Kuxur Rum, abonos verdes y las barreras vivas, tiene un impacto positivo en la calidad y fertilidad del suelo en las parcelas agrícolas del sistema milpa. Se observó un incremento de fósforo 52.81, 44.99 y 11.78 ppm, respectivamente, en relación a la parcela sin práctica, así como un incremento en el contenido de materia orgánica en las prácticas de abonos verdes, kuxur rum, barrera vivas e integración de rastrojos en un 3.84, 2.62, 2.45 y 1.53 por ciento, respectivamente, en relación a la parcela sin práctica. Además, con relación a la conductividad eléctrica en el suelo se determinó un incremento en las prácticas de kuxur rum, zanjas de infiltración, integración de rastrojos y abonos verdes de 0.26, 0.20, 0.15 y 0.11 miliSiemens sobre centímetro, respectivamente, con relación a la parcela sin práctica. La comparación con la parcela sin tratamiento permitió evidenciar que estas estrategias agroecológicas fortalecen la sostenibilidad del sistema agrícola, promoviendo la resiliencia del suelo frente a condiciones ambientales adversas.
3. Las técnicas de manejo del suelo, especialmente las zanjas de infiltración, las barreras vivas y muertas, han demostrado ser eficaces en la conservación de la humedad del suelo en la parcela agrícola del sistema milpa. Estas prácticas han reducido significativamente la evaporación y han mejorado la infiltración de agua, lo que resulta fundamental en zonas con condiciones de sequía, como la región Ch'orti'. Los resultados obtenidos indican que las barreras muertas con un 21.98% de humedad, representan un 3% de incremento de humedad al relacionarlo con la parcela que no han utilizado prácticas. Con datos muy similares, la integración de rastrojos con 21.20% y el Kuxur Rum con 20.87% representan el 2.22 y el 1.89% de incremento de humedad al relacionarlo con la parcela sin práctica. Con la implementación de estas estrategias agroecológicas permiten



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

mantener niveles de humedad más estables en el suelo, y con ello reducir el estrés hídrico y favor el desarrollo de los cultivos. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente las prácticas de manejo del suelo en función de las condiciones climáticas y edáficas de los sistemas.

17. Recomendaciones

Para Agricultores:

- Implementar prácticas agroecológicas, adoptando técnicas como el uso de abonos verdes, la integración de rastrojos y el sistema Kuxur Rum, priorizando aquellas que mejor se adapten a las condiciones de las parcelas y disponibilidad de recursos.
- Optimizar la conservación del agua en el suelo, incorporando zanjas de infiltración, barreras vivas y muertas para mejorar la retención de humedad y reducir el impacto de las sequías, garantizando un suministro adecuado de agua para los cultivos.
- Diversificar y promover la rotación de cultivos y la diversificación de especies en el sistema milpa para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la incidencia de plagas y enfermedades.
- Promover el incremento de la materia orgánica, al aumentar la incorporación de residuos vegetales y abonos orgánicos para mejorar la estructura del suelo y aumentar su contenido de nutrientes esenciales como fósforo y potasio.

Para Instituciones:

- Promover programas de capacitación y asistencia técnica, diseñando e implementando programas de formación para agricultores, con enfoque en prácticas agroecológicas adaptadas a la región Ch'orti', asegurando el acceso a información técnica y metodológica.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Fomentar incentivos para la adopción de prácticas sostenibles, creando mecanismos de apoyo financiero o incentivos para agricultores que implementen técnicas agroecológicas, facilitando el acceso a insumos y herramientas necesarias.
- Desarrollar investigaciones aplicadas, ampliando estudios sobre la efectividad de diferentes prácticas agroecológicas en diversas condiciones edafoclimáticas, generando información basada en evidencia para mejorar la productividad y sostenibilidad agrícola.

Para facilitar la implementación de prácticas agroecológicas, para esto fue necesario la creación e implementación del Modelo de Prácticas Agroecológicas de la región Ch'orti' - MACH-RC. Modelo que integra las mejores prácticas que beneficia a la calidad, fertilidad y humedad del suelo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

18. Referencias

- Aguilar, Y. (2011). Impacto del Cambio Climático en la Agricultura de América Central y en las familias productoras de Granos Básicos. Observatorio de la Sostenibilidad. Red Latinoamérica. <http://www.infoiarna.org.gt> > 2011
- Altieri, M. A. (1999). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sostenible. DOI: 10.1017/CBO9780511575484
- Altieri, MA (2019). Agroecología: la ciencia de la agricultura sostenible, segunda edición (2ª ed.). Libro electrónico. Prensa CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429495465>
- Altieri, MA y Nicholls, CI (2020). Agroecología y reconstrucción de una agricultura post-COVID-19. La Revista de Estudios Campesinos, 47 (5), 881–898. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1782891>
- Altieri, Miguel & Nicholls, Clara & Astier, Marta. (2021). Altieri, M., Nicholls, C., Astier, M., Vasquez, L., Henao, A., Infante, A., 2021. Documentando la evidencia en Agroecología: Una perspectiva Latinoamericana. Boletín Científico Núm 5. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas CELIA.
- AWASTHI, Ashutosh; SINGH, Mangal; SONI, Sumit; SINGH, Rakshpal; KALRA, Alok. Biodiversity acts as insurance of productivity of bacterial communities under abiotic perturbations. En: The ISME journal, 2014, vol. 8, no 12, p. 2445-2452. <https://www.nature.com/articles/ismej201491>
- Burian, A., Kremen, C., Wu, J. S. T., Beckmann, M., Bulling, M., Garibaldi, L. A., Krisztin, T., Mehrabi, Z., Ramankutty, N., & Seppelt, R. (2024). Biodiversity–production feedback effects lead to intensification traps in agricultural landscapes. *Nature Ecology and Evolution*, 8(4), 752–760. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02349-0>
- Castillo-Álvarez, Marcial, Nikolskii-Gavrilov, Iouri, Ortiz-Solorio, Carlos Alberto, Vaquera-Huerta, Humberto, Cruz-Bello, Gustavo, Mejía-Sáenz, Enrique, & González-



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Hernández, Antonio. (2007). Alteración de la fertilidad del suelo por el cambio climático y su efecto en la productividad agrícola. *Interciencia*, 32(6), 365. Recuperado en 28 de mayo de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000600004&lng=es&tlng=es.

CEPAL (2017). Adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en América Latina y el Caribe. Recopilado de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesispp_cc_adaptacion_al_cambio_climatico_en_alac.pdf.

DeSoto, L., Cailleret, M., Sterck, F., Jansen, S., Kramer, K., Robert, E. M. R., Aakala, T., Amoroso, M. M., Bigler, C., Camarero, J. J., Čufar, K., Gea-Izquierdo, G., Gillner, S., Haavik, L. J., Hereş, A. M., Kane, J. M., Kharuk, V. I., Kitzberger, T., Klein, T., Martínez-Vilalta, J. (2020). Low growth resilience to drought is related to future mortality risk in trees. *Nature Communications*, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14300-5>

Djillo, S. C., Wolka, K., & Tofu, D. A. (2024). Assessing soil erosion and farmers' decision of reducing erosion for sustainable soil and water conservation in Burji woreda, southern Ethiopia. *Scientific Reports*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59076-6>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Caracterización de los sistemas agroforestales Kuxur Rum y Quesungual en el Corredor Seco de Guatemala y Honduras. Ciudad de Panamá, 49 pp. <https://www.fao.org/3/i9076es/i9076es.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas enfoque de adaptación al cambio climático. Metodología basada en WOCAT para América Latina y el Caribe. <https://www.wocat.net/library/media/55/>

Gliessman, S. R. (2007). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editor CATIE. Agroforestería de la Américas. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9149>



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2020). *Estrategias de resiliencia climática en el Corredor Seco Centroamericano: Retos y oportunidades para la agricultura sostenible*. San José, Costa Rica.
- Mccune, N., Rosset, P.M., Salazar, T.C., Moreno, A.S. y Morales, H. (2021). Territorialidad mediada: los trabajadores rurales y los esfuerzos por escalar la agroecología en Nicaragua. *The journal of Peasant Studies*, 44(2), 354–376. doi: 10.1080/03066150.2016.1233 868
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2019). *Diagnóstico del impacto del cambio climático en la producción agrícola del Corredor Seco de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Montgomery, D. R. (2007). *Dirt: The Erosion of Civilizations*. DOI: 10.1097/00010694-200311000-00019.
- Paut, R., Garreau, L., Ollivier, G., Sabatier, R., & Tchamitchian, M. (2024). A global dataset of experimental intercropping and agroforestry studies in horticulture. *Scientific Data*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02831-7>
- Rockström, Johan & Karlberg, Louise & Wani, Suhas & Barron, Jennie & Hatibu, Nuhu & Oweis, Theib & Bruggeman, Adriana & Farahani, Jalali & Qiang, Zhu. (2010). Gestión del agua en la agricultura de secano: la necesidad de un cambio de paradigma. 97. 543-550. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.09.009.
- Rosset, P. y Altieri, M. A. (2018). *Agroecología: ciencia y política*. Tercera Edición. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología, SOCLA.
- Sanclemente Reyes, Oscar Eduardo, Sánchez de Prager, Marina, & Prager Mosquera, Martín. (2018). Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz - soya (*Zea mays* L. - *Glycine max* L.). *Idesia* (Arica), 36(2), 217-224. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000301>



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2022). *Estrategia de desarrollo sostenible para comunidades rurales en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

TERRY ALFONSO, Elein; GONZALEZ ESPINOSA, Yuneidys and MARTINEZ RODRIGUEZ, Yamilkan. (2023). Prácticas agroecológicas para incrementar la productividad en fincas agrícolas de Cuba. *Investig. Agrar.* [online]. vol.25, n.1, pp.32-38. ISSN 2305-0683. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2023.junio.2501755>.

Wanger, T. C., DeClerck, F., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Kleijn, D., Klein, A. M., Kremen, C., Mooney, H., Perfecto, I., Powell, L. L., Settele, J., Solé, M., Tscharntke, T., & Weisser, W. (2020). Integrating agroecological production in a robust post-2020 Global Biodiversity Framework. *Nature Ecology and Evolution*, 4(9), 1150–1152. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1262-y>

Wezel, A. & Bellon, Stéphane & Doré, T. & Francis, Charles & Vallod, Dominique & David, Christophe. (2009). La agroecología como ciencia, movimiento y práctica. <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009004>. 29. 503-515. 10.1007/978-94-007-0394-0_3.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

19. Apéndice

Apéndice 1: Instrumento de recolección de información

Proyecto: Impacto de prácticas agroecológicas en el suelo y agua: revisión de campo en sistemas agrícolas de la región Ch'orti', Chiquimula

Encuesta productores: USAC/DIGI 2024

**Nombre del
productor/a**

Sexo

Edad

**Pertenece a una
organización**

**Nombre de la
organización**

**Tierra propia o
arrendada**

Municipio

Dirección:

Coordenadas:

x

y

msnm

**Área de la
parcela**

**Rendimiento
del maíz kg/ha**

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Práctica(s) agroecológica que utiliza

No.	Práctica/ tecnología	Marque SI o NO	Área de aplicación (m ²)	Tiempo de utilización
1	Integración de rastros			
2	Kuxur Rum			
3	Barreras vivas			
4	Abonos verdes			
5	Zanjas de infiltración			
6	Curvas a nivel			

Beneficios de la Práctica(s) agroecológica que utiliza (responda con SI o NO)

No.	Práctica/ tecnología	Mejora la calidad del suelo	Mejora el rendimiento del maíz	Retiene la humedad	Reduce la erosión
1	Integración de rastros				
2	Kuxur Rum				
3	Barreras vivas				
4	Abonos verdes				
5	Zanjas de infiltración				
6	Curvas a nivel				

Apéndice 2. Recolección de suelo en base a las prácticas de conservación de suelo, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula.





Informe final de Proyecto de Investigación 2024





Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice 3. Revisión de efecto de Prácticas (Carrileo de rastrojo y Abono verde)

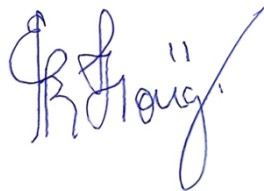




Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador del proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación, artículos 13 y 20, dejo constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordino ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

PhD. Eduardo René Solís Fong Coordinador del proyecto de investigación	Firma 
Fecha: 20/02/2025	

Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: director del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera Director del Instituto de Investigación CUNORI-USAC	Firma 
Fecha: 20/02/2025	



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Aprobación de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. Ing. Liuba María Cabrera Ovalle Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición - PRUNIAN-	 Firma
Fecha: 20/02/2025	

/Digi2024