

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANALISIS DEL SISTEMA MIAF MILPA INTERCALADA CON ARBOLES
FRUTALES EN LA COMUNIDAD EI PERICO, EL TRIUNFO CHOLUTECA**

POR:

PABLO CESAR FLORES ZUNIGA

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

SEPTIEMBRE, 2024

ANALISIS DE SISTEMA MIAF MILPA INTERCALADA CON ARBOLES
FRUTALES EN LA COMUNIDAD EI PERICO, EL TRIUNFO CHOLUTECA

POR:

PABLO CESAR FLORES ZUNIGA

Ms.c. JOSUE DAVID MATUTE AGUILAR

Asesor Principal

TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS; C.A.

SEPTIEMBRE, 2024

DEDICATORIA

Primeramente, **a Dios** nuestro Padre todo poderoso que me ha dado fuerza, entendimiento y paciencia este proceso de mi vida para poder culminar un proceso más en mi vida

A mí Madre, **Dinna Zuniga**, que es el motor que le da energía a mi vida desde los inicios, brindándome su consejo, apoyo moral, amor y comprensión.

A mi Hermano **Eduardo Oviedo**, por ser uno de los pilares más importantes en mi vida, por su apoyo incondicional, consejos y dirección.

A mi hermana **Judy Flores**, por su apoyo incondicional, cariño y dirección.

A mi **familia** por siempre creer en mí desde mis inicios académicos hasta el día de hoy donde quiero expresar mis profundos agradecimientos.

A mi Padre, **Pablo Flores**, que me ve desde el cielo cumpliendo cada día mis objetivos metas, donde sé con mucha convicción que se encuentra orgulloso hasta donde he llegado.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a **Dios**, que siempre está a mi lado y me guía para cumplir mis metas.

A mi madre **Dinna Zuniga**, por su apoyo incondicional y su eterno amor.

A mi hermano **Eduardo Oviedo**, por ser una figura y guía en mi vida.

A mi hermana **Judy Flores**, por brindarme su apoyo incondicional en todo tiempo

Al señor **Antonio Muños y familia**, brindarme su apoyo incondicional y cariño durante mi proceso de investigación

A mis hermanos y compañeros que me ha regalado la universidad, **Milton Reyes, Jonathan Cuello, Oscar Aguirre, Josué Castillo, Erlin Espinal, Diego Gallegos, Lucy Flores, Yuliana Castillo, Diego Escoto.**

A **Tania Jiménez y familia** por haberme brindado su apoyo cuando menos lo esperaba, por cual estaré eternamente agradecido.

A mi alma mater **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por darme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios.

Finalmente, agradecido con mis asesores de Tesis MSc. **Josué Matute**, MSc. **Carlos Irías**, MSc. **Wendy Castellanos**. por su respaldo y dirección para llevar a cabo el trabajo de tesis, a la dedicación durante todo el todo el trabajo.

INDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Sistemas Agroalimentarios Sostenibles	5
3.2. Agricultura Familiar	6
3.3. Conocimientos tradicionales y locales.....	6
3.4. Visión sistémica de los agroecosistemas.....	7
3.5. Corredor Seco Centroamericano.....	10
3.6. Sistemas Agroforestales	10
3.7. Milpa Tradicional.....	11
3.8. Sistema MIAF milpa intercalada con árboles frutales.....	13
3.9. Impactos del Sistema MIAF	14
3.10. Sistema MIAF en Laderas.....	14
3.11. Diseño del sistema MIAF en terrenos con pendiente moderada y pronunciada 15	
3.12. Aportes del Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) al suelo 15	
3.13. Especies utilizadas en el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales)16	
3.13.1. Maíz <i>Zea mays</i> L	16
3.13.2. Frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	16
3.13.3. Calabaza <i>Cucurbita moschata</i> Duchesne	17

3.14.	Grados Brix en los cultivos	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1.	Ubicación del área de estudio	19
4.2.	Materiales y equipo.....	20
4.3.	Modelo estadístico para el análisis comparativo	20
4.4.	Diseñar el Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) en contraste con el conocimiento local.....	21
4.4.1.	Dialogo Semi estructurado y observación participativa en la Comunidad y en la Finca.....	21
4.4.2.	Identificación de plantas con potencial alimenticio	21
4.4.3.	Identificación de parámetros climáticos	22
4.4.4.	Establecimiento del sistema con el Diseño Hidrológico Key Line	22
5.2.3.	Movimiento natural del agua y análisis del diseño hidrológico del terreno .	22
4.4.5.	Manejo del Sistema	24
4.4.6.	Identificación de plagas y enfermedades en el sistema	25
4.4.7.	Elaboración de Bioinsumos y los materiales utilizados	25
4.5.	Evaluar variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF	27
4.5.1.	Biomasa en Maíz (<i>Zea mays</i>)	27
4.5.2.	Porcentaje de Cobertura vegetal.....	28
4.6.	Analizar la salud de las plantas durante sus diferentes estados de desarrollo las plantas.....	29
4.6.1.	Toma de grados Brix en las plantas	29
4.7.	Analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo en las parcelas en estudio.....	30
4.7.1.	Toma de las muestras de suelo	30
4.7.2.	Preparación de las muestras y análisis en laboratorio	30
4.7.3.	Determinación de la textura del suelo	31
4.7.4.	Determinación de pH del suelo	32

4.7.5.	Determinación de materia orgánica del suelo (MOS)	32
4.7.6.	Determinación del nitrógeno orgánico del suelo	33
4.7.7.	Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn)	34
4.7.8.	Determinación de la composición funcional de la macrofauna edáfica ...	34
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5.1.	Diseñar el Sistema MIAF en contraste con el conocimiento local	35
5.1.1.	Información general de la Finca	35
5.1.2.	Vinculación y actividades desarrolladas en las comunidades para entender el contexto	41
5.1.3.	Identificación de plantas con potencial alimenticio	43
5.1.1.	Precipitación y temperatura en la comunidad.....	51
5.1.2.	Establecimiento del sistema MIAF con diseño Hidrológico Key Line (Línea Clave) 56	
5.1.3.	Cálculo del Potencial de Escurrimiento de la Parcela	57
5.1.4.	Capacidad de recolección de los canales según su dimensión.	60
5.1.5.	Manejo del Sistema	62
5.1.6.	Identificación de plagas y enfermedades en el sistema	63
5.2.	Evaluar variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF	64
5.2.1.	Determinación de Biomasa en Maíz (<i>Zea mays</i>).....	64
5.2.2.	Determinación de Cobertura vegetal	65
5.3.	Analizar la salud de los cultivos de acuerdo a los diferentes estados fenológicos de las plantas.....	68
5.3.1.	Grados brix en los cultivos de Maíz (<i>Zea mays</i>)	68
5.4.	Cuarta etapa: Analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo de los sistemas en estudio.....	72
5.4.1.	Textura del suelo.....	72

5.4.2. pH, Nitrógeno (N), Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn)	73
5.4.3. Macrofauna del suelo.....	77
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES	81
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
IX. ANEXOS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Cobertura y Uso de Suelo del municipio El Triunfo Choluteca.....	20
Figura 2. Medición de pendiente en el terreno	23
Figura 3. Trazado de curvas a nivel con Nivel de Manguera	24
Figura 4. Cinco puntos de muestreo de Cobertura vegetal en Zigzag aplicado en la parcela	29
Figura 6. Triángulo textural de según la USDA	32
Figura 7. Croquis de la Finca con sus componentes	35
Figura 8. Diagrama de Flujo de la Finca	38
Figura 9. Especies alimenticias más representativas	43
Figura 10. Precipitación mensual durante el periodo de 1994 a 2023	51
Figura 11. Precipitación anual durante el periodo de 1994 a 2023	53
Figura 12. Temperatura mensual durante el periodo de 1994 a 2023.....	54
Figura 13. Temperatura mensual durante el periodo de 1994 a 2023.....	55
Figura 14. Imagen satelital de la simbología en el paisaje según la metodología de Línea Clave.....	58
Figura 15. Determinación del movimiento natural del agua a partir de la interpretación de las curvas a nivel de la cuenca para conocer la escorrentía desde el parte aguas hasta la zona más baja de la Finca	59
Figura 16. Mapa de modelo del Paisaje la Finca interpretando las características físicas del relieve.	59
Figura 17. Mapa modelo de movimiento natural del agua que cae desde el parte agua en la Finca	60
Figura 18. Mapa propuesta de modificación del movimiento del agua	60
Figura 19. Diseño y arreglo espacial del sistema MIAF	62
Figura 20. Especies con mayor frecuencia en los muestreos	68
Figura 21. Grados Brix en Sistema MIAF y Maíz Convencional	70
Figura 22. Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en Sistema MIAF	72
Figura 23. Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en Área Natural	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores para el cálculo del escurrimiento	24
Tabla 2. Características de la finca	35
Tabla 3. Diferentes actividades y rubros productivos de la Finca	36
Tabla 4. Actividades y Bioinsumos en las comunidades	41
Tabla 5. Materiales y cantidades para elaboración de los Bioinsumos.....	42
Tabla 6. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (frutales).	44
Tabla 7. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (hortalizas)..	45
Tabla 8. Especies con potencial medicinal, aromático, condimentaría presentes en la Comunidad	48
Tabla 9. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (granos y otros).	50
Tabla 10. Calendario estacional del Municipio El Triunfo, Choluteca.....	56
Tabla 11. Actividades realizadas.....	63
Tabla 12. Peso fresco y peso seco de las diferentes muestras.....	64
Tabla 13. Incidencia total de las Hierbas a lo largo de todos los muestreos realizados.	65
Tabla 14. Primer muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela.....	66
Tabla 15. Segundo muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela.....	66
Tabla 16. Tercer muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela.....	67
Tabla 17. Muestreos semanales de grados Brix en plantas de Maíz (<i>Zea mays</i>) realizados en el Sistema MIAF.	68
Tabla 18. Muestreos semanales de grados Brix en plantas de Maíz (<i>Zea mays</i>) realizados en cultivo de Convencional presente en la Finca.	69
Tabla 19. Resultados del Análisis de Suelo en Laboratorio.....	76
Tabla 20. Tabla de Macrofauna de Riqueza y Abundancia de especies presentes en cada uno de los sistemas.	78

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de Biofertilizante	94
Anexo 2. Elaboración de Microorganismos de Montaña Liquido (MML)	94
Anexo 3. Elaboración de Bocashi con grupos sociales	95
Anexo 4. Elaboración de Biochar	95
Anexo 5. Diseñando en campo el Sistema Hidrológico Key Line	96
Anexo 6. Identificación de plantas con potencial Alimenticio.....	96
Anexo 7. Elaboración de Bioplaguicidas	96
Anexo 8. Elaboración de Microorganismos de Montaña Solidos (MMS).....	97
Anexo 9. Manejo del Sistema.....	98
Anexo 10. Resultados de Laboratorio del análisis de suelos en la parcela de establecimiento del Sistema MIAF en la comunidad El Perico el Triunfo, Choluteca ..	98
Anexo 11. Resultados de Laboratorio del análisis de suelos en un Área Natural en la comunidad El Perico el Triunfo, Choluteca	99
Anexo 12. Prueba T para muestras Independientes para comparar las diferencias significativas entre los grados Brix del Sistema MIAF y Cultivo Convencional de Maíz	100

Análisis del Sistema MIAF Milpa Intercalada con Árboles Frutales En La Comunidad El Perico, El Triunfo Choluteca, Tesis Ing. GIRN. Catacamas Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura.

RESUMEN

Esta investigación explora la implementación y los efectos del Sistema MIAF Milpa Intercalada con Árboles Frutales en la comunidad de El Perico. Se estableció el Sistema en conjunto con el conocimiento local utilizando variedades nativas vegetales con alto poder adaptativa a la zona por sus condiciones climáticas y a su vez mediante la vinculación y acción participativa se realizaron diversas actividades en las comunidades aledañas mediante la elaboración de Bioinsumos con grupos sociales y asesoramiento técnico en huertos familiares. Los resultados obtenidos mostraron que la implementación del Sistema MIAF denotan la regularidad y los porcentajes de cobertura vegetal basal o del suelo donde este varía de acuerdo al manejo implementado y a las condiciones climáticas presentes en la zona. Se hizo el cálculo de Biomasa de uno de los cultivos principales del sistema que es el Maíz (*Zea mays*), donde la biomasa generada en el Sistema MIAF fue de 1.37 toneladas por hectárea. En cuanto al monitoreo de grados brix en las plantas de Maíz (*Zea mays*), se observó un aumento significativo en los grados Brix, con un promedio de 9.4 en las plantas del Sistema MIAF, frente a 5.9 en las plantas del sistema de convencional. Se evaluaron propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la parcela del sistema MIAF que es un área agrícola donde se espera a futuro imitar las condiciones de un bosque en comparación con un Sistema Natural sin intervención Humana donde ambos sitios poseen una textura Franco Arenosa, el análisis de las variables del suelo entre un área natural y un Sistema MIAF muestra que el área natural tiene un pH más alto (7.27% frente a 6.75%), mayor contenido de materia orgánica (2.35% vs. 2.23%) y niveles significativamente superiores de nutrientes como fósforo (131.64 mg/kg vs. 34.44 mg/kg) y potasio (1664 mg/kg vs. 1340 mg/kg). Por otro lado, el Sistema MIAF presenta mayores niveles de hierro (245.9 mg/kg vs. 222.9 mg/kg) y cobre (5.44 mg/kg vs. 4.28 mg/kg). En el análisis biológico se realizó mediante Índice de Shannon donde el sistema MIAF reporta 1.878, mientras que el área natural 1.958.

Palabras Claves: Sistema, análisis, MIAF, suelo, grados Brix, establecimiento, Sistemas Agroforestales, Corredor Seco, maíz, cobertura vegetal.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en el Corredor Seco de Honduras enfrenta serios desafíos debido a la variabilidad climática, que se manifiesta en sequías prolongadas y precipitaciones erráticas. Estos fenómenos limitan la disponibilidad de agua para riego, afectando directamente la productividad agrícola y, por ende, la seguridad alimentaria de la región (Guzmán y Rivera, 2020). Además, la degradación del suelo, provocada por prácticas agrícolas insostenibles, ha reducido la capacidad de los suelos para retener humedad y nutrientes, agravando aún más la situación (López y Martínez, 2019). Como resultado, los pequeños agricultores se ven obligados a recurrir a cultivos menos rentables y a la migración como estrategias de supervivencia (Rodríguez et al., 2021).

En Honduras, la producción de granos básicos como maíz, frijol es un pilar esencial para la seguridad alimentaria, abarcando más del 70% de la superficie agrícola del país. (Secretaría de Agricultura y Ganadería 2023). Según el Sistema de Información de Datos en Emergencia DIEM de la FAO (2023), denota la vulnerabilidad del sector agroalimentario, donde indica que la mayoría de los productores de cultivos, son pequeños agricultores (menos de 5 ha) donde uno de cada tres hogares enfrenta inseguridad alimentaria, donde un 65% de los hogares agrícolas señalaron dificultades en la producción asociadas con el acceso limitado a fertilizantes, y enfermedades en los cultivos, el 26% señaló dificultades de comercialización debidas principalmente a los elevados costes de producción y los bajos precios de venta.

En el Corredor Seco Centroamericano, la producción de granos básicos enfrenta significativos desafíos debido a los efectos adversos del cambio climático, como la sequía severa y las lluvias intensas que afectan la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades agrícolas. Este corredor, que atraviesa Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala, alberga a más de 10 millones de personas, de las cuales muchas

se dedican a la agricultura de subsistencia, produciendo principalmente maíz y frijol (FAO, 2021). La adopción de tecnologías apropiadas y la diversificación de cultivos son estrategias clave para mitigar los efectos adversos del cambio climático y garantizar medios de vida sostenibles para las comunidades del Corredor Seco (Guzmán, 2019).

Los sistemas agroforestales son sistemas agropecuarios que implican una serie de técnicas que incluyen la combinación, simultánea o secuencial, de árboles y cultivos alimenticios que se realizan en el mismo lugar y al mismo tiempo o en el mismo sitio, pero en épocas diferentes. (Marcia et al. 2007) El sistema MIAF milpa intercalada con árboles frutales que es una tecnología agroforestal, multiobjetivo que fue diseñado para aprovechar sustentablemente la tierra de labor bajo temporal, que ya está siendo cultivada con granos básicos. Es compatible con la milpa histórica (maíz, frijol, calabaza, arvenses), con especies nativo que comprende una metodología que aporta de gran manera a la seguridad alimentaria de las zonas rurales, contribuyendo a la economía, alimentación, innovación tecnológica. (Cortés y Turrent 2012)

En este sentido, el presente la investigación consistió en realizar un análisis del sistema MIAF Milpa intercalada con árboles frutales en una finca del en la comunidad El Perico, El Triunfo, Choluteca, donde se diseñó el sistema en conjunto con el conocimiento local y se evaluaron diferentes variables como ser de rendimiento, agroecológicas y variables de suelo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Realizar un análisis del sistema MIAF milpa intercalada con árboles frutales en la comunidad El Perico, El Triunfo Cholteca

2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el Sistema MIAF en contraste con el conocimiento local.
- Evaluar variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF.
- Analizar la salud de las plantas durante sus diferentes estados de desarrollo.
- Analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo de los sistemas en estudio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Sistemas Agroalimentarios Sostenibles

El sistema agroalimentario comprende el recorrido de los alimentos desde la explotación agrícola hasta la mesa, incluidos los momentos en que se cultivan, pescan, cosechan, procesan, envasan, transportan, distribuyen, comercializan, adquieren, preparan, consumen y eliminan. Engloba asimismo los productos no alimentarios que constituyen medios de vida y a todas las personas, así como las actividades, inversiones y decisiones, que contribuyen a que estos productos alimentarios y agrícolas lleguen hasta nosotros.(FAO 2022).

La seguridad alimentaria implica disponer de alimentos de calidad en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades alimentarias de la población, así como contar con los recursos necesarios para mantener una alimentación adecuada y saludable de forma estable. Todo ello depende de la forma de organización política y social que permite la obtención de los alimentos, es decir, de la organización del sistema alimentario para el consumo. (Soares et al. 2020)

En cuanto a los métodos de producción, el productor debe conocer las diferentes opciones para utilizar el sistema productivo que mejor se adapte a sus necesidades. Todos ellos deben ser sostenibles, con el fin de valorizar, preservar, respetar y no contaminar el ambiente, buscando garantizar la obtención de productos inocuos. Los diferentes métodos ofrecen alternativas que podemos aplicar en nuestra producción, y para elegir el más conveniente es fundamental contar con asesoramiento técnico, capacitación y aprendizaje continuo (CASAFE 2015).

Una transición sostenible ocurre cuando hay un cambio fundamental en un sistema tanto temporal como espacial. Las transiciones incluyen cambios políticos, socioculturales, económicos, ambientales y tecnológicos en reglas, prácticas, instituciones y valores, que conducen a modos de producción y consumo más sostenibles. Algunas transiciones comienzan a pequeña escala experimentan y adaptan formas alternativas de hacer las cosas. Estos cambios a pequeña escala pueden fomentar modelos alternativos de sistemas alimentarios que están marginados, son absorbidos por o desafían al sistema dominante (Wezel et al. 2020).

3.2. Agricultura Familiar

La Agricultura Familiar es un modelo productivo que favorece el arraigo de la familia en el medio rural, crea de manera natural redes de protección social, permite preservar y potenciar aspectos culturales, habilidades, destrezas y tradiciones, genera empleo directo e indirecto, en la medida que sus actividades se orientan a los mercados e incorporan valor a los productos antes de su comercialización. La Agricultura Familiar, asimismo, por su uso de variedades autóctonas, prácticas de conservación y mejora de suelos, su menor dependencia del petróleo y derivados, y su práctica de sistemas de policultivos y silvoagropecuarios, juega un papel fundamental en la mitigación y adaptación al cambio climático (FAO 2011).

3.3. Conocimientos tradicionales y locales

Según Wirtgen (2020) los conocimientos tradicionales y locales constituyen una amplia base de conocimientos prácticos acumulados y de capacidades de generar conocimientos que son necesarios para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y desarrollo. Los conocimientos tradicionales, la identidad y las prácticas de las comunidades indígenas y locales son parte de sistemas de vida que permiten la conservación y la utilización sostenible de los recursos naturales. Los conocimientos tradicionales y locales son dinámicos; a veces fallan, pero tienen también repercusiones amplias, positivas y bien documentadas. Se ha observado que la colaboración activa para generar conocimientos,

desarrollar tecnología e innovar aumenta el valor del desarrollo tecnológico basado en la ciencia.

Los conocimientos tradicionales forman lo que es el núcleo fundamental para la cultura e identidad de una comunidad, pero su existencia cada vez se encuentra en declive por causas de la globalización y los avances de la tecnología. Esta área del saber comprende gran cantidad de componentes que la mantienen a flote como por ejemplo la variedad y riqueza de los ecosistemas, que han influido de manera trascendental al desarrollo de las fuerzas vivas que logran adaptarse a estos ecosistemas, descubriendo las mejores formas de apropiación, utilización y manejo de los recursos, estableciendo con ella relaciones de intercambio de energía y no de explotación y desarrollando en base a esto, expresiones culturales y cosmovisiones históricas que reflejan la complejidad biológica en la que se sustentan y se desarrollan (Aguirre 2007).

Los conocimientos o saberes tradicionales locales están amenazados continuamente, debido a los procesos de aculturación y desarrollo del capitalismo, impactando negativamente, en la falta de transmisión de tales saberes, dado que la población adopta nuevos patrones culturales, ajenos a aquellos, abandonando u olvidando los saberes ancestrales, que son una herramienta para combatir el cambio climático global (Arturo et al. 2020).

Aparte del marco biofísico, el sistema agroproductivo está determinado, también, por sus características etnoculturales, socioeconómicas y políticas. La agroecología es un enfoque transdisciplinario que se nutre de la experiencia y saber milenario de sociedades tradicionales campesinas, que la agricultura moderna margina, excluye y desarticula, por no estar dentro de sus intereses. Constituye un nuevo paradigma para el desarrollo rural sustentable de nuestras sociedades. Utiliza como modelo a la misma naturaleza, extrayendo de ella toda la información posible, con los actuales conocimientos técnicos y científicos, sin la utilización de químicos ni transgénicos (Martínez 2015).

3.4. Visión sistémica de los agroecosistemas

Un sistema se puede considerar como un arreglo de componentes donde estos se relaciona para cumplir una función, dentro de un sistema podemos identificar componentes, interacciones entre sus componentes, entradas, salidas y límites, donde no es la suma de sus componentes si no la interacción de estos lo que hacen posible su funcionamiento y asignar sus propiedades. Los sistemas también tienen una estructura la cual permite cumplir con su función donde esta puede ser simple o compleja, dependiendo el número, tipo de y arreglos entre componentes. La relación entre componentes puede ser competitiva, cuando se usan los mismos recursos y cíclico cuando uno le sirve de alimento al otro (Sarandón 2002).

El flujo de energía en los ecosistemas habla mucho sobre el funcionamiento de estos mismos y la forma en cómo se organizan. El flujo de energía es primordial para conocer los niveles de organización que tiene un ecosistema al conectar conceptos físicos, como las leyes de la termodinámica, con procesos bioquímicos, como la respiración y la fotosíntesis, o biológicos, como las interacciones entre especies. Los organismos están organizados en niveles tróficos, que captan y transforman la energía de manera similar. Dentro de cada nivel trófico y entre niveles, las distintas poblaciones específicas interactúan entre sí (Paruelo y Batista 1999).

Ahora bien, la termodinámica se basa en principios transformadores de la energía en todas sus formas, donde estos tres principios llamados las leyes de la termodinámica que son entidades físicas fundamentales como ser la temperatura, la energía y la entropía. La termodinámica es fundamental para comprender cómo la energía fluye a través de los ecosistemas y cómo se mantienen las interacciones vitales en el entorno natural. En particular, la segunda ley de la termodinámica, que se refiere a la tendencia hacia la entropía o el desorden en los sistemas cerrados. Esta ley explica cómo la energía se transforma y se disipa a medida que fluye a través de los ecosistemas, y cómo esto afecta la estructura y la dinámica funcional de los mismos (Gómez 1998).

Por otro lado, cuando se trata de los procesos biogeoquímicos podemos hacer referencia ejemplificativa en la materia orgánica, la cual nutre la planta después, cuando todo está descompuesto, ya que actúa como acondicionador de la parte física del suelo y no un alimento puro y simple para la planta. Las plantas no comen restos de otras plantas, ni compost, las plantas comen los minerales al final de la descomposición, lo que está

enterrado no es comida o alimento para las plantas, es un alimento para la vida del suelo así, de modo que la planta no se beneficia al enterrar la materia orgánica en el suelo. Nuestros suelos tropicales son muy profundos, muy permeables, pero son muy pobre en minerales. Un suelo protegido deja penetrar toda el agua, nada escurre. En el trópico la descomposición es muy rápida y sólo llega a ácido fúlvico que es un ácido húmico inicial que no consiguió su enriquecimiento con calcio y es fácilmente lavado del suelo, y cuando es lavado este ácido arrastra consigo cationes, empobreciendo más el suelo.

(Primavesi 2001)

Las interacciones entre las poblaciones de un agroecosistema surgen de diferentes formas de interferencia, como características emergentes las cuales resultan de las interacciones que son vitales para la dinámica funcional del sistema. Se identifican dos tipos de interferencias, la remoción y adición donde ambos pueden ocurrir simultáneamente provocando diversas interacciones, por ejemplo, la polinización remueve néctar y adiciona polen, la fijación de nitrógeno donde hay una adición de nitrógeno fijado por las bacterias y remoción del nitrógeno por las leguminosas (Gliessman 2002).

El aumento de la diversidad favorece la diferenciación de hábitat, incrementa las oportunidades de coexistencia y de interacción entre las especies y generalmente lleva asociado una mayor eficiencia en el uso de los recursos. Uno de los principales retos es identificar las estructuras y los procesos que aportan funcionalidad sin olvidar que es un sistema productivo que ha de ser económicamente rentable, además de ecológicamente sostenible. La clave es identificar el tipo de diversidad que se quiere mantener o favorecer, tanto a escala de la parcela como del paisaje, con el objetivo de llegar a un equilibrio ecológico (Sans 2007).

Lo más importante es la energía solar. Las plantas capturan la energía del sol a través del proceso de la fotosíntesis. También aportan carbono y nitrógeno al asimilar los gases atmosféricos. Las plantas inhalan dióxido de carbono y exhalan oxígeno. La fotosíntesis almacena la energía del sol, con la ayuda del agua, al convertir el carbono en azúcares. El nitrógeno es extraído del aire por bacterias que viven simbióticamente con las raíces de las plantas y también se pueden encontrar en la madera en descomposición. Los minerales

y otros nutrientes que están atrapados en la tierra pueden ser movilizados por los microbios del suelo para que puedan ser utilizados por las plantas (Gietzen 2016).

3.5. Corredor Seco Centroamericano

Más de 10 millones de personas viven en el Corredor Seco Centroamericano, un área que atraviesa Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala. La mayoría de ellos trabajan en la agricultura, especialmente en la pequeña producción de granos básicos, y son muy vulnerables a los fenómenos climáticos extremos, donde periodos prolongados de sequía son seguidos de lluvias intensas que tienen un impacto significativo en los medios de vida (FAO 2021). La pobreza es prevalente, y muchas comunidades dependen de la agricultura de subsistencia. Además, los cambios climáticos y prácticas agrícolas insostenibles han exacerbado problemas como la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad (Arévalo 2024). Los esfuerzos incluyen la implementación de tecnologías avanzadas, nuevas prácticas agrícolas, y el fortalecimiento de las capacidades de las comunidades locales para adaptarse al cambio climático

3.6. Sistemas Agroforestales

Los sistemas de producción agroforestales se definen como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos, en función del tiempo y el espacio para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida. Estos sistemas pueden contribuir a solucionar problemas en el uso de los recursos naturales debido a las funciones biológicas y socioeconómicas que cumplen (Iglesias 1999).

Con la diversificación propia de estos sistemas, reduciendo los riesgos y brindando flexibilidad para cambiar hacia especies o variedades adaptadas a las nuevas condiciones, los Sistemas Agroforestales fomentan la resistencia para la adaptación a la variabilidad climática. El diseño y el manejo de estos sistemas incluyen especies perennes o anuales

bajo sombra, sistemas silvopastoriles, multiestratos y complementarios como cercas vivas, cortinas rompevientos y corredores ribereños. (Montagnini et al. 2015).

Las técnicas agroforestales permiten combinar especies con requisitos ambientales diferentes, mejorando al aprovechamiento de la energía radiante, mediante una mejor utilización del espacio vertical y horizontal. Al aumentar la diversidad del sistema, éste se asemeja más a las condiciones naturales de bosque. El suelo se aprovecha también mejor y se favorecen los ciclos biogeoquímicos, ya que se usan plantas con diferentes capacidades de absorción de nutrientes y con raíces que penetran también diferentes profundidades en el perfil del suelo (Fournier 1981).

Se utilizan más corrientemente la estructura del sistema, función, escala socioeconómica, nivel de manejo y la distribución ecológica. En cuanto a la estructura, los sistemas agroforestales pueden agruparse de la siguiente manera: Agrosilvicultura, El uso de la tierra para la producción secuencial o concurrente de cultivos agrícolas y cultivos boscosos. Sistemas silvopastoriles, Sistemas de manejo de la tierra en los que los bosques se manejan para la producción de madera, alimento y forraje, como también para la crianza de animales domésticos. Sistemas agrosilvopastoriles, Sistemas en los que la tierra se maneja para la producción concurrente de cultivos forestales y agrícolas y para la crianza de animales domésticos. Sistemas de producción forestal de multipropósito, En los que las especies forestales se regeneran y manejan para producir no sólo madera, sino también hojas y/o frutas que son apropiadas para alimento y/o forraje (Altieri 2002).

3.7. Milpa Tradicional

La milpa es un sistema multifuncional que se ha ido adaptando por miles de años. La milpa se entiende como un sistema agrícola tradicional conformado por un policultivo, que constituye un espacio dinámico de recursos genéticos; la especie principal es el maíz, se acompaña de distintas especies de frijol, calabazas, chiles, tomates, principalmente. La milpa es multifuncional porque además de producir alimentos, crea productos como el forraje, plantas medicinales y de ornato; de tal forma que el sistema de milpa beneficia a los productores, de pequeña escala principalmente, ya que les permite asegurar algún tipo

de producción (aunque no sean alimentos) en momentos de crisis ambiental o económica (GDM 2014).

La interacción de una gran cantidad de especies convierte a la milpa en un ecosistema, donde se aprovechan de manera complementaria los diferentes recursos en el sistema (agua, luz, suelo). En este ecosistema se favorecen interacciones ecológicas benéficas (control biológico de insectos, fertilidad del suelo y polinización) brindando diferentes beneficios no solo a las especies que en ella conviven sino a las comunidades humanas que las manejan, dado que los productos que de ahí se obtienen, favorecen una dieta equilibrada y en algunas regiones del país sigue siendo la base de su alimentación (CONABIO 2016).

Las milpas no son todas iguales, pues en cada región se intercalan diferentes cultivos con plantas preponderantes en la zona o con combinaciones de éstas que los mismos habitantes han seleccionado, lo que ha permitido que cada caso tenga un sello particular, así como un manejo, selección y replicación de los alimentos que la integran. En algunos lugares, incluso, se encuentran intercalados cultivos de papaya, chile o jamaica (Simientedisidente 2019).

La diversidad productiva de la milpa es fundamental en la economía familiar milpera, incluyendo el solar con el cultivo de hortalizas, huertos, cría de animales y realización de actividades artesanales, entre otras. Por otra parte, en las actividades derivadas del manejo del monte, se encuentran la recolección de leña, elaboración de cal y carbón, maderas para casas, plantas medicinales, cacería y apicultura. Esta diversidad de actividades constituye a la milpa como un complejo sistema y referente en el uso y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad (FAO 2022).

En la actualidad la milpa tradicional se ha visto afectada negativamente por causas tales como, los cambios económicos, climáticos y socioculturales que se siguen dando en nuestra región; los modernos sistemas de producción que promovieron el uso de paquetes tecnológicos, las políticas públicas que favorecieron el monocultivo, apertura comercial (Canché 2022).

3.8. Sistema MIAF milpa intercalada con árboles frutales

El Sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) está constituido por: árboles frutales (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y frijol u otra especie comestible, y fue diseñado para aprovechar sustentablemente la tierra de labor bajo temporal que ya está siendo cultivada con granos básicos. Este sistema es compatible con la tradicional milpa (maíz, frijol y calabaza), el germoplasma nativo y el mejorado genéticamente, así como con el sistema agrícola tradicional (SADR 2022).

Por lo cual, el MIAF es un sistema sustentable de tecnología con enfoque multiobjetivo que coloca la producción agrícola en primer lugar, aumenta el ingreso neto del productor de manera significativa e incluye el manejo sustentable de los recursos naturales, sobre todo de suelo. También incrementa la captura de Carbono atmosférico, lo que permite mitigar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y es una forma de hacer frente al cambio climático, explican los investigadores (Mendoza 2019).

En el sistema MIAF, que ha sido muy bien aceptado por los productores, se calcula que la producción puede ser, en promedio, 1,45% más que la de cualquiera de las especies producidas en forma de monocultivo. Además, si alguno de los cultivos MIAF fallara por cuestiones climatológicas, se tienen las otras especies en cultivo para satisfacer las necesidades de las familias campesinas (Juárez et al. 2008).

El sistema MIAF constituye una forma productiva agroecológica (agricultura ecológica, basada en el conocimiento, respeto e imitación de los ciclos naturales) que atiende problemáticas identificadas en las diferentes regiones como ser la pérdida de suelo por el efecto de las lluvias intensas en periodos cortos que arrastran la tierra y azolvan los cauces provocando inundaciones en las zonas urbanas y partes bajas de las cuencas, baja producción por la tendencia a los monocultivos, abuso en la utilización de herbicidas industriales, dependencia de la fertilización con fertilizantes químicos que elevan los costos de producción (Ramírez et al. 2022).

3.9. Impactos del Sistema MIAF

Por la parte económica podemos decir que los rendimientos de maíz en el sistema MIAF son mayores que los de su cultivo simple. El rendimiento de maíz de riego en el sistema MIAF oscila entre 16.2 ton⁻¹ ha, comparado las 10.1 ton⁻¹ de grano de maíz en el cultivo simple. El frijol ha mostrado rendimientos de 2.4 ton ha⁻¹ dispersa en MIAF, ligeramente superior al rendimiento del frijol en cultivo simple que es 2.0 ha⁻¹. Los rendimientos de los frutales varían de acuerdo a la especie, según las condiciones ambientales, pero en condiciones favorables se ha obtenido una producción de 10 ton⁻¹ de fruta por ha de MIAF. Dentro de la parte ambiental se dice que el carbono capturado en una hectárea MIAF, es similar a la cantidad que captura un bosque. Se ha demostrado que se captura más CO₂ en la biomasa vegetal con el sistema MIAF (30 ton/ha). Comparado con el sistema de labranza cero con pastoreo (18.4 ton/ha). Se ha estimado que se pierde tres veces menos suelo por erosión hídrica con el sistema MIAF (5.7 ton/ha) comprado con la labranza cero con pastoreo (16.8 ton/ha). Por último, en la parte social el sistema MIAF contribuye a la seguridad alimentaria de las familias campesinas, pues las especies componentes diversifican, mejoran la dieta generan oportunidad de empleo. La adopción del sistema MIAF por parte de los productores ha sido a través de ONGs, Sociedades de Productores Rurales, instituciones públicas y Agencias de Desarrollo bajo un enfoque investigación- desarrollo y transferencia de tecnología. (Turrent et al. 2014)

3.10. Sistema MIAF en Laderas

El sistema de Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) está diseñado principalmente para laderas y es una alternativa que hace posible sedentarizar la milpa. Junto con la Agricultura de Conservación permite que el mismo terreno se pueda ocupar ciclo con ciclo, y esto evita la apertura de nuevas parcelas, pues el mismo lugar se hace eficiente con diversos cultivos. Este eleva la productividad y contribuye a disminuir la erosión ya que los árboles actúan como barrera viva que reduce los escurrimientos de suelo. (CIMMYT 2019)

Camas Gómez et al. (2018) menciona que el sistema milpa intercalada con árboles frutales y maíz con barreras de muro vivo es una gran alternativa técnicamente eficiente para el control de la erosión en condiciones de suelos de ladera y altas precipitaciones ya que este presenta una menor producción de sedimentos en el sistema. Dentro del aspecto de sostenibilidad, se le atribuye al sistema MIAF la minimización del proceso erosivo de los suelos de ladera.

3.11. Diseño del sistema MIAF en terrenos con pendiente moderada y pronunciada

En laderas con pendiente moderada, es decir terrenos con una pendiente menor de 20%, consiste en tres franjas contiguas de 4.8 m de ancho cada una. Cada franja lateral es ocupada por el maíz y el frijol en seis surcos de 0.8 m de distancia entre surcos. La franja central la ocupan los árboles frutales con una separación de 1 m entre árboles. La repetición de dicho diseño a lo ancho del terreno, da lugar a establecer 12 surcos de maíz y frijol intercalados con los árboles. En laderas con pendiente pronunciada de 20% a 40% consiste en tres franjas contiguas con una anchura de 9 a 11 m. La franja central es de 4.6 m de ancho y las dos laterales de 3.2 y la separación entre árbol es 1 m. (Cortés et al. 2005)

3.12. Aportes del Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) al suelo

Según un estudio realizado por Vázquez et al. 2020 el sistema de manejo del suelo milpa intercalada con árboles frutales, desde el punto de vista de las propiedades químicas y biológicas, aporta al incremento de estas mismas. Los resultados indican que el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) mejora la actividad metabólica de grupos funcionales de microorganismos. Por otro lado, se observa pH más cercano a la neutralidad, mayor contenido de MO, N inorgánico, N total, P total, P extractable y K.

3.13. Especies utilizadas en el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales)

3.13.1. Maíz *Zea mays* L

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea*. El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que ha sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces disminuye después que la plúmula emerge, y virtualmente, detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. (Deras 2012)

Muchas plantas que abonan el suelo con su materia orgánica, como la hojarasca de los árboles, pero principalmente plantas de crecimiento rápido que permiten las podas y ser incorporadas al suelo. Aquí se incluyen los gigantones, margaritones, plátanos, zacate king grass, entre muchas otras. (Ramírez 2008)

3.13.2. Frijol *Phaseolus vulgaris* L.

Taxonómicamente, el frijol corresponde a la especie del género *Phaseolus*. Su nombre completo es *Phaseolus vulgaris* L., subfamilia Papilionoideae, familia Leguminosae y al orden Rosales. Dentro del grupo de las leguminosas que poseen semillas comestibles, el frijol común corresponde a una de las más importantes. Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. (Ulloa et al. 2011)

Las plantas fijadoras de nitrógeno albergan bacterias y hongos capaces de convertir el nitrógeno del aire en material disponible para las plantas. La mayoría de plantas de las

familias de las judías y los guisantes las Fabaceas o legumbres fijan el nitrógeno, así como muchas otras especies que no son demasiado conocidas. Existen fijadores de todos los tamaños tipo cobertura de suelo, tipo arbusto o incluso árboles. Estas plantas de rápido crecimiento pueden incluso ser cortadas cada cierto tiempo e incorporadas a la tierra y al compost. (SergiCaballero 2012)

3.13.3. Calabaza *Cucurbita moschata* Duchesne

La calabaza (*Cucurbita moschata* Duchesne) es una planta dicotiledónea, herbácea y anual que pertenece a la familia botánica Cucurbitaceae. Bajo la familia botánica Cucurbitaceae también se encuentran otras plantas cultivadas del mismo género *Cucurbita*, y de la misma u otras especies. Entre ellas se encuentran otros tipos de calabazas y calabacines de invierno *C. moschata*, *C. pepo*, *C. maxima* y *C. argyrosperma*. C. cuyas frutas se cosechan completamente maduras. La calabaza (*C. moschata*) es propia de las áreas tropicales y subtropicales de América. (Fornaris Rullán 2012)

Las plantas fijadoras de nitrógeno albergan bacterias y hongos capaces de convertir el nitrógeno del aire en material disponible para las plantas. La mayoría de plantas de las familias de las judías y los guisantes las Fabaceas o legumbres fijan el nitrógeno, así como muchas otras especies que no son demasiado conocidas. Existen fijadores de todos los tamaños tipo cobertura de suelo, tipo arbusto o incluso árboles. Estas plantas de rápido crecimiento pueden incluso ser cortadas cada cierto tiempo e incorporadas a la tierra y al compost. (SergiCaballero 2012)

Muchas plantas que abonan el suelo con su materia orgánica, como la hojarasca de los árboles, pero principalmente plantas de crecimiento rápido que permiten las podas y ser incorporadas al suelo. Aquí se incluyen los gigantones, margaritones, plátanos, zacate king grass, entre muchas otras. (Ramírez 2008)

3.14. Grados Brix en los cultivos

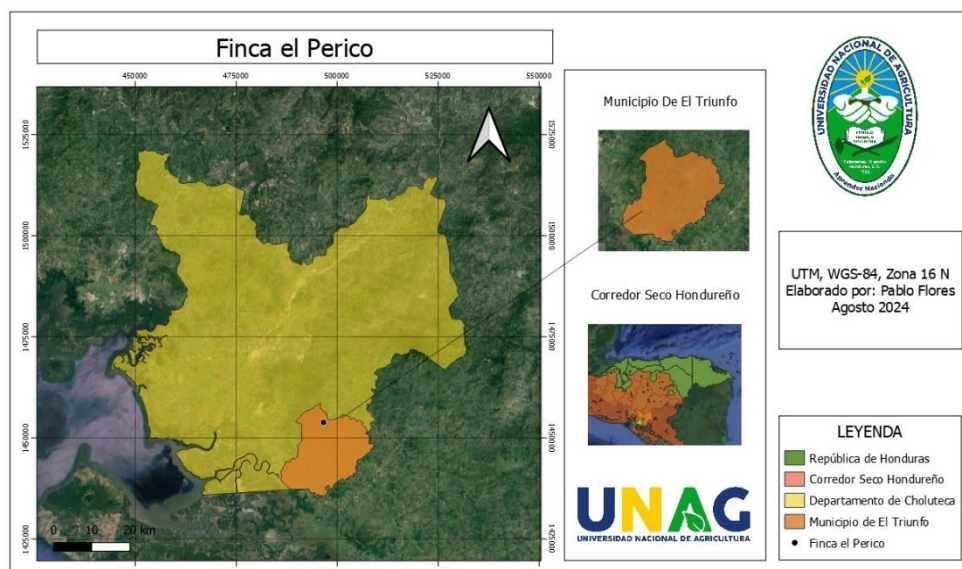
Podemos medir los niveles Brix de la savia de una planta pasándola por un refractómetro después de extraer la savia de las hojas o peciolo de uno de sus cultivos, este nos da un valor de materia seca por solución líquida total. Es decir, la carga de iones o nutrientes que tiene la planta. Sin embargo, el valor de referencia que a priori siempre debemos mirar es la conductividad eléctrica (Mula 2015).

El brix de la savia, es el sólido soluble que expresa la suma de la savia bruta (agua, minerales (nutrientes) y algunos ácidos orgánicos que proviene del xilema más la savia elaborada, azúcares o hidratos de carbono y aminoácidos, productos de la fotosíntesis. El objetivo de medir el brix de la savia después de aplicar cualquier producto que se crea óptimo o nos indiquen como recomendable para la planta; siempre medimos el brix antes de aplicar y luego medimos de nuevo después de dos horas de aplicar (Pinochet 2020).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la comunidad Las Chacaras y El Perico, El Triunfo, Choluteca, ubicada a 3 kilómetros y al noreste del casco urbano del Triunfo con las siguientes coordenadas: 13.12 Latitud Norte y -87.01 Longitud Oeste del meridiano de GREENWICH. Geográficamente limita al Norte, Municipio de El Corpus y Concepción de María, al Sur y al Este, República de Nicaragua al Oeste Municipio de Namasigue. La extensión territorial del municipio es de 301.5 km² contando con una división política de 11 aldeas y 182 caseríos. La temperatura media anual es de 29.1 °C. La temperatura máxima promedio es de 34.5 °C y la mínima es de 23.4 °C y se encuentra a una altura de 100 msnm. (Universidad Nacional Autónoma de Honduras 2022).



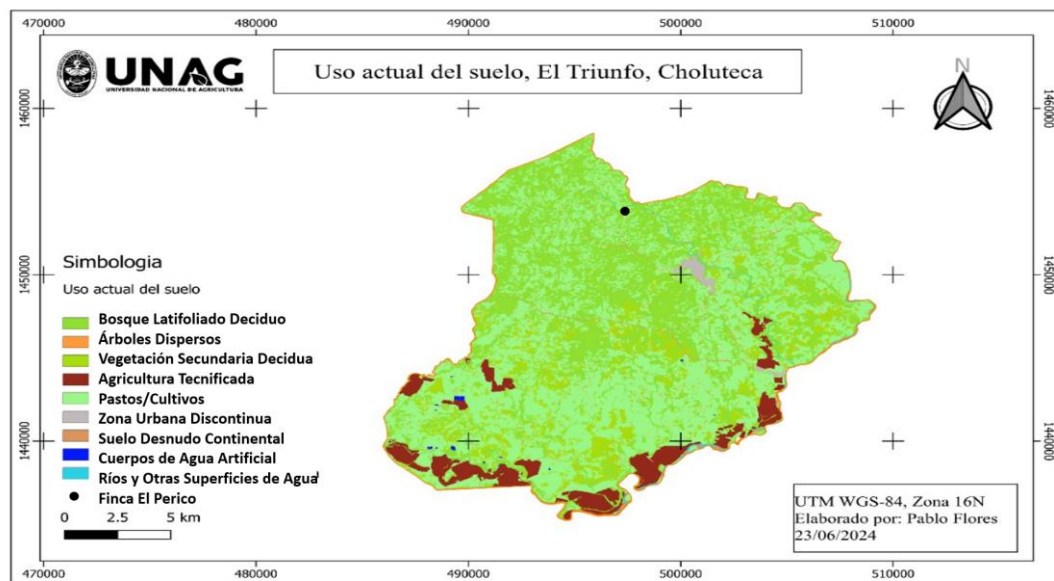


Figura 1. Mapa de Cobertura y Uso de Suelo del municipio El Triunfo Choluteca

4.2. Materiales y equipo

Para la realización del establecimiento del Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) que se utilizaron son los siguientes materiales: Machete, azadón, piocha, barra, pala, dúplex, nivel de manguera, estacas, cabuya, balde, recipientes para elaboración de Bioinsumos, cinta métrica, balanza, calculadora, refractómetro, tenaza, libreta de campo, semillas de maíz, semillas de frijol, semillas de frijol, semillas de ayote, semillas de canavalia, semillas de gandul material didáctico de apoyo y todo el equipo para el análisis de suelo que sea pertinente.

4.3. Modelo estadístico para el análisis comparativo

Se utilizó la herramienta estadística Prueba T de Student en el programa INFOSTAT, para constatar si existen diferencias significativas con las diferentes variables a evaluar con respecto a los análisis de suelo de cada sitio con diferente uso de la tierra.

4.4. Diseñar el Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) en contraste con el conocimiento local

Para desarrollar la primera etapa metodológica se realizarán los siguientes pasos:

4.4.1. Dialogo Semi estructurado y observación participativa en la Comunidad y en la Finca

La recolección de la información se realizó mediante la observación participativa en la finca y en la comunidad teniendo un contacto comunicativo e investigativo con las personas claves. Dicho método consistió en la recolección de información del estado actual de la finca donde se llegó a un involucramiento e interacción más estrecha con el grupo focal de manera activa el cual repercutió en la toma de decisiones con respecto a la instalación del sistema, dimensiones de la parcela, manejo deseado e identificación de las plantas nativas con potencial alimenticio.

Se utilizó la herramienta participativa del dialogo semi estructurado con una guía de entrevista que permitió la recolección de información sobre las percepciones personales del grupo focal. Los puntos principales a tratar fueron: Información general (cuantas personas viven en la finca, quienes participan en las actividades de la finca, tenencia y tamaño de la finca; Sistemas Productivos (Actividades productivas de la finca, principales cultivos utilizados en la comunidad, manejo y formas de producción, mano de obra y comercialización); Establecimiento del Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) (variedades nativas a utilizar, árboles frutales con potencial económico y adaptación climática a considerar en el establecimiento del sistema).

4.4.2. Identificación de plantas con potencial alimenticio

Se realizó una identificación de plantas con potencial alimenticio en las comunidades del municipio con el objetivo de conocer sus generalidades taxonómicas, usos potenciales,

meses de cosecha y la forma de consumo de estos alimentos. Esto se llevó a cabo mediante el dialogo, la observación participante y la interacción con las personas de las comunidades.

4.4.3. Identificación de parámetros climáticos

Para la estimación de los datos climáticos de la comunidad el Perico se trabajó con el Software NASA Giovanni mediante datos satelitales y pluviómetros. Se obtuvieron los datos de precipitación durante el periodo de tiempo de 30 años comprendidos desde 1994 al 2023 donde seguidamente se estimó las precipitación anual y mensual. A su vez se obtuvieron los datos de temperatura donde posteriormente se estimó las temperatura promedio anual y mensual dentro de la comunidad.

4.4.4. Establecimiento del sistema con el Diseño Hidrológico Key Line

Se estableció el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) con la metodología de Línea Clave donde se realizó un análisis de los componentes del paisaje dentro de la Finca y alrededores como los son las crestas principales, las crestas primarias, puntos clave, valles primarios y la posterior realización de las líneas claves a partir de los puntos clave establecidos visualizando respectivamente las partes representativas del terreno. Se establecieron los cultivos en forma de surco en dirección paralela a las líneas claves con un respectivo modelo y espaciado entre plantas.

5.2.3. Movimiento natural del agua y análisis del diseño hidrológico del terreno

Para conocer el movimiento natural del agua se determinaron las curvas a nivel del terreno, en el programa QGIS haciendo uso de un modelo de elevación digital. En campo estas se obtuvieron haciendo uso de un nivel de manguera. Una vez que se obtuvieron todas las curvas, se procedió a identificar el movimiento natural del agua (vertientes y laderas) y sus pendientes dentro del terreno de manera visual en campo. Teniendo

identificado por donde se mueve el agua y el objetivo de uso del terreno el cual consistió en un diseño para infiltración, se prosiguió a realizar el diseño hidrológico en línea clave en la parcela de establecimiento.



Figura 2. Medición de pendiente en el terreno

De igual manera se estimó el Cálculo de escurrimiento aprovechable de la Parcela del Sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) donde se tomaron criterios como como la precipitación anual, el área de la parcela, pendiente, y textura.

Donde:

$$V_m: C_e * P_m * A = (m^3)$$

C_e = Coeficiente de escurrimiento

P_m = Precipitación (mm)

A = Área Total

Tabla 1. Valores para el cálculo del escurrimiento

Fuente: (TRAGSA, 1994)

Uso del suelo	Pendiente	Textura del suelo		
		Gruesa	Media	Fina
	%			
Bosque	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.40	0.60
	> 30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0 - 5	0.15	0.35	0.45
	5 - 10	0.30	0.40	0.55
	10 - 30	0.35	0.45	0.65
	> 30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.66	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80
	> 30	0.53	0.74	0.84



Figura 3. Trazado de curvas a nivel con Nivel de Manguera

4.4.5. Manejo del Sistema

Para el respectivo manejo de los cultivos se utilizaron abonos orgánicos para la fertilización de las plantas, con elaboración propia. El control de plagas y enfermedades de igual forma se realizó con productos realizados de forma In situ en la Finca.

4.4.6. Identificación de plagas y enfermedades en el sistema

Se identificaron plagas y enfermedades dentro de los cultivos de manera visual en campo donde posteriormente se realizó su respectivo control con biopreparados elaborados en la finca.

4.4.7. Elaboración de Bioinsumos y los materiales utilizados

Se elaboraron un total de 9 diferentes Bioinsumos como lo son: Bocashi, Biochar, Microorganismos de Montaña Solidos (MMS), Microorganismos de Montaña Liquido (MML), Biofertilizante, Caldo Sulfocálcico, Agua de Vidrio, Bioplaguicida de Neem y Lejía de Ceniza (Tabla 10).

Bocashi: Para su elaboración se utilizó biomasa ser como: semolina, melaza, hojas verdes, tierra negra de bosque, estiércol, carbón, hojarasca seca, ceniza, levadura y agua. El proceso de elaboración consistió en colocar capas de cada material, rociando agua mezclada con melaza y levadura para mantener la humedad con una relación de 70% de humedad. Para comprobar su estado adecuado de humedad se realizó la prueba de puño. Se realizaron volteos para airear y proporcionar oxígeno a los microorganismos, repitiendo este proceso dos veces al día durante dos semanas hasta que llegara su etapa de enfriamiento.

Biochar: Para su elaboración se utilizó olotes secos de Maíz (*Zea mays*), donde se realizó un horno pirolítico en el suelo, esto con el objetivo de generar un medio físico apropiado para que se dé el proceso de pirolisis para obtener un producto de calidad.

Biofertilizante: Los materiales utilizados fueron: un recipiente hermético de 20 litros de capacidad, manguera, válvula de riego, una botella plástica, estiércol fresco, suero, melaza, microorganismos de montaña líquidos, madreado, tierra de diferentes colores, levadura, ceniza y agua. El proceso de elaboración inició recolectando 3 libras de estiércol fresco, luego se prosigue mezclar el estiércol con un galón de suero, 2 litros de MML, agua, levadura, 2 libras de ceniza, 2 libras de madreado macerado y tierra de colores. Posteriormente se introduce la mezcla en el recipiente procurando dejar un espacio considerable para generar un medio físico para los gases. Se deja fermentar por 30 días en un lugar fresco y sin exposición a la luz solar.

Microorganismos de Montaña Sólidos (MMS): Los materiales utilizados para su elaboración fueron: Un balde de 20 litros lleno de hojarasca con hongos blancos, melaza, agua y semolina. El proceso de elaboración comenzó con la recolección de hojas con hongos en bosques vírgenes con una cantidad de 3 baldes llenos de hojas por 3 baldes de semolina y un galón de melaza, mezclándolas con semolina y melaza hasta lograr una humedad ideal donde se realizó la prueba del puño procurando mantener una humedad de 25%. Luego, la mezcla se colocó en un barriles o balde con tapaderas que fueran herméticos para evitar la entrada de aire y se dejó fermentar en un lugar seco durante 30 días.

Microorganismos de Montaña Líquido (MML): Los materiales utilizados para su elaboración fueron: los materiales utilizados para la elaboración fueron: un barril hermético de 50 litros o un balde con tapa de 20 litros, 4 libras microorganismos de montaña sólido, medio 2 litros de melaza y agua. Para la elaboración, primero se colocaron las 4 libras de microorganismos colador ya sea de tela o saco, luego se añadió los 2 litros de melaza y, finalmente, se llenó el barril con agua.

Caldo Sulfocálcico: Para su elaboración se necesitaron 4 libras de azufre, 2 libras de cal, 16 litros de agua y una olla. Este bioinsumo se preparó hirviendo agua durante media antes de añadir los materiales, que se mezclaron y removieron durante cuarenta minutos.

Agua de Vidrio: Los materiales utilizados para su elaboración son: Una cubeta de 20 litros de capacidad, 2 libras de cal, 2 libras ceniza, agua una barra de jabón como adherente y una olla. El procedimiento para su elaboración inicia hirviendo en una olla el agua, luego se agregan las 2 libras de cal y ceniza donde se agitó por un periodo de 15 a 20 minutos hasta conseguir una mezcla homogénea y también se agregó una barra picada de jabón.

Bioplaguicida de Neem: Para su elaboración se utilizaron los siguientes materiales: 10 libras de hoja de Neem, 20 litros de agua, una barra de jabón picada o una bolsa de detergente. Los pasos para elaborarlo iniciaron con el macerado de las hojas de neem, luego se mezcla con el agua donde se adicionó una bolsa de detergente o una barra de jabón picado.

Lejía de Ceniza: Para su elaboración se utilizaron los siguientes materiales: 2 libras de ceniza, 10 litros de agua, un balde de 20 litros una barra de jabón picado como adherente y un huevo para prueba de densidad. Primero se inicia agregando las 2 libras de ceniza en el agua junto con jabón picado. Posteriormente se prosigue a agitar hasta conseguir homogeneidad y introduciendo el huevo en el balde donde se comprueba que está listo si flota, lo cual indica una densidad adecuada y listo para dejar en reposo por 2 días.

4.5. Evaluar variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF

4.5.1. Biomasa en Maíz (*Zea mays*)

Para la determinación de la Biomasa se utilizó la metodología del (CYMMYT 2012) la cual consistió en la recolección de diez plantas al azar dentro de la parcela donde se obtuvo el peso fresco de las plantas, posteriormente se tomaron cinco plantas de las antes pesadas para convertirse en una submuestra de la cual se obtuvo el peso fresco y el peso seco respectivamente. Se prosiguió con el pesado seco de mazorcas y de los granos.

Una vez obtenidos todos los pesos se prosiguió a utilizar las respectivas fórmulas para la estimación de la biomasa:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso humedo de submuestra} - \text{Peso seco submuestra}}{\text{Peso humedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad de biomasa (g)} = \text{Peso fresco de 10 plantas} * \text{Porcentaje de humedad}$$

$$\text{Biomasa seca de 10 plantas (g)} = \text{Peso fresco de 10 plantas} - \text{cantidad de humedad en biomasa}$$

$$\text{Biomasa total de 10 plantas (g)} = \text{Biomasa seca de 10 plantas} + \text{Peso seco de mazorcas}$$

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso seco del grano}}{\text{Biomasa total de 10 plantas}}$$

$$\text{Porcentaje de humedad en grano} = \frac{\text{Peso húmedo submuestra} - \text{Peso seco submuestra}}{\text{Peso humedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad de grano (g)} = \text{Peso del grano total} * \text{Porcentaje de humedad}$$

$$\text{Rendimiento seco (kg/ha)} = \frac{\text{Peso del grano total} - \text{Cantidad de humedad}}{\text{Área}}$$

$$\text{Rendimiento de biomasa (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Índice de cosecha}} * 100$$

4.5.2. Porcentaje de Cobertura vegetal

Para determinar el porcentaje de cobertura vegetal se utilizó el método de Muestreo en Cuadrantes el cual consistió en muestreos homogéneos en donde método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la cobertura y frecuencia de las

plantas. Para desarrollar dicho proceso se utilizó un cuadrante diseñado de 1m² de material PVC el cual fue colocado en cinco puntos de muestreo los cuales fueron tomados en zigzag priorizando la homogeneidad en el terreno a evaluar.

Se realizaron un total de tres muestreos en momentos claves, posterior a las lluvias, ya que la incidencia de hierbas aumentó. También se identificó el nombre científico de las especies encontradas en los muestreo.

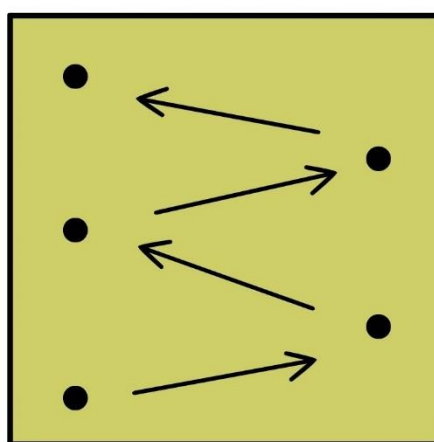
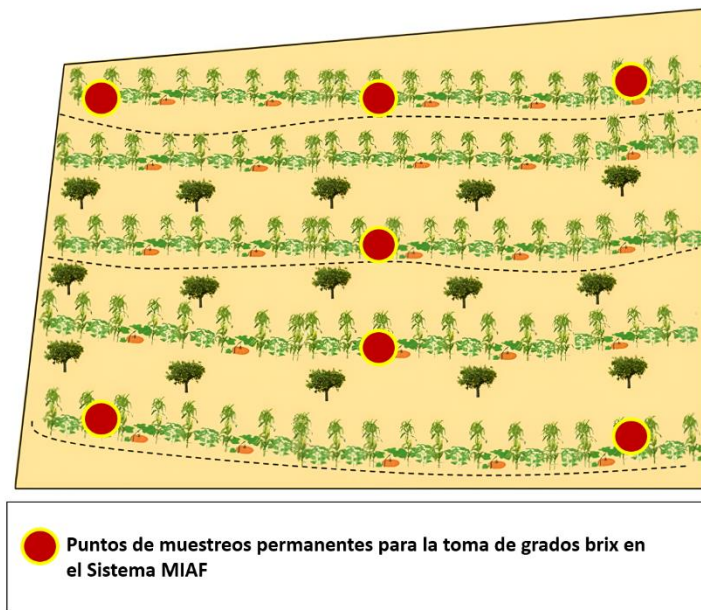


Figura 4. Cinco puntos de muestreo de Cobertura vegetal en Zigzag aplicado en la parcela

4.6. Analizar la salud de las plantas durante sus diferentes estados de desarrollo las plantas.

4.6.1. Toma de grados Brix en las plantas

Se analizaron los grados brix del cultivo de Maíz (*Zea mays*), mediante el uso del refractómetro, dicho proceso consistió en la extracción de gotas de savia de las hojas de diferentes plantas. Para el desarrollo de dicho objetivo se establecieron puntos de muestreo permanentes los cuales fueron utilizados para la toma de los grados brix en dos parcelas diferentes, en el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) y en un Sistema de Maíz Convencional presente en la Finca, donde se tomaron las muestras respectivas de forma semanal por horas de la tarde.



4.7. Analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo en las parcelas en estudio.

Para analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo en las parcelas en estudio se realizarán los siguientes pasos:

4.7.1. Toma de las muestras de suelo

Se realizaron dos muestreos de suelo, uno en las parcelas de establecimiento del sistema y otro en un área natural para comparar los posibles aportes que puede generar el sistema en el suelo. Se tomaron 10 submuestras al azar por cada sitio con diferente uso de suelo, para formar la muestra compuesta, las cuales se tomarán a una profundidad de muestreo de 20 cm y 20 cm de ancho.

4.7.2. Preparación de las muestras y análisis en laboratorio

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos Agrícolas de la Universidad Nacional de Agricultura. El proceso comenzó con el registro de las muestras al ingresar al laboratorio. Posteriormente, se inició la primera fase del análisis, que consistió en secar las muestras a temperatura ambiente hasta eliminar toda la humedad. Una vez secas, se prosiguió a quebrar los agregados más grandes con rodillo para posteriormente tamizarlos. Una vez realizado lo anteriormente descrito, se determinó la Textura del Suelo y los parámetros químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, manganeso, cobre, hierro).

4.7.3. Determinación de la textura del suelo

Para la determinación de la textura del suelo se utilizó la metodología basada en la dispersión química de Hexaamtafosfato de sodio sobre la muestra y una dispersión física utilizando batidoras eléctricas, también medir indirectamente el porcentaje de arena limo y arcilla de cada fracción mediante el densímetro de Bouyoucos. Para identificar la textura se utilizó el triángulo de texturas de la USDA.

La fórmula que se utilizará es la siguiente:

$$\% \text{ Arena} = \left(100 - \frac{\text{1era lectura corregida}}{\text{peso de la muestra}}\right) \times 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \left(\frac{\text{2da lectura corregida}}{\text{peso de la muestra}}\right) \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

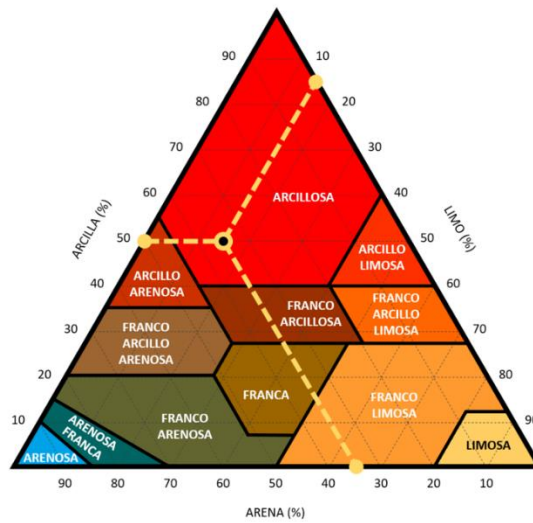


Figura 5. Triángulo textural de según la USDA

4.7.4. Determinación de pH del suelo

Se utilizó un potenciómetro para medir el pH del suelo, que tenía una relación 1:2,5 (suelo: agua). Esto se logró mediante el contacto de una suspensión de suelo y agua destilada con un electrodo de vidrio muy sensible a la concentración de iones de hidrogeno.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: 10 gramos de suelo se pesaron y se agregaron a un recipiente de 40 mililitros; luego se agregaron 25 mililitros de agua destilada y se revolvió con una varilla de vidrio. Se dejó reposar por 30 minutos. Las soluciones buffer de pH 4.0 y 7.0 se utilizaron para calibrar el potenciómetro.

4.7.5. Determinación de materia orgánica del suelo (MOS)

Se llevó a cabo con la metodología de Walkey y Black (1934) se utilizó para evaluar el contenido de materia orgánica del suelo (MOS). Esta técnica se basó en el método volumétrico de óxido-reducción por retroceso, en el que la materia orgánica del suelo se

oxidó con oxidantes en exceso y se estimó la cantidad de dicromato que no se redujo por la materia orgánica utilizando una solución de sulfato ferroso.

Los resultados se obtendrán de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CO = \frac{(V \text{ blanco} - V \text{ muestra}) \times M_{Fe^{2+}} \times 0.003 \times 100 \times f}{w}$$

$$\%MO: CO\% \times 1,724$$

Donde:

CO% = Porcentaje de carbono orgánico

V_{blanco} = volumen de titulante utilizado en el blanco, mL

V_{muestra} = volumen de titulante utilizado en la muestra, mL

M_{FE²⁺} = concentración de solución estandarizada de FeSO₄, molaridad

4.7.6. Determinación del nitrógeno orgánico del suelo

El nitrógeno del suelo se determinó a partir del análisis y los resultados de la materia orgánica basándose en que el nitrógeno es el 5% de la MOS.

La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$N = M.O\% \times 5\%$$

M.O = Porcentaje de materia orgánica

5% = constante del contenido de nitrógeno en la materia orgánica

4.7.7. Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn)

Para la extracción de macronutrientes se llevó a cabo utilizando la solución extractora Mehlich III, la cual es una solución multiparamétrica compuesta por ácido acético 0.2 N, nitrato de amonio 0.25 M, fluoruro de amonio 0.015 M, ácido nítrico 0.013 M y EDTA 0.001 M.

Se pesaron 5 gramos de suelo, seguidamente se les agregó 25 ml de la solución extractora Mehlich III para pasar a ser batidas en el agitador de vaivén por 10 minutos. Una vez concluido el proceso anterior se realizó la extracción de las muestras con ayuda del embudo y el papel filtro tipo whatman 42 donde se escurrió la muestra por completa, luego paso a ser analizadas por el espectrofotómetro de absorción atómica.

4.7.8. Determinación de la composición funcional de la macrofauna edáfica

Para la determinación de la macrofauna se establecieron dos sitios de muestreo con diferentes usos de la tierra: uno en el sitio de establecimiento del sistema y otro en el área natural. Para la recolección de la macrofauna en cada sitio se extrajeron ocho submuestras de suelo de 25 x 25 cm y 30 cm de profundidad, para formar una muestra compuesta donde se realizaron muestreos donde la macrofauna fue recolectada de forma in situ. La macrofauna presente en el suelo de los diferentes sistemas se determinó mediante el índice de (Shannon y Weaver 1949). Posteriormente se contó la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada especie (abundancia) de los diversos grupos funcionales.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Diseñar el Sistema MIAF en contraste con el conocimiento local

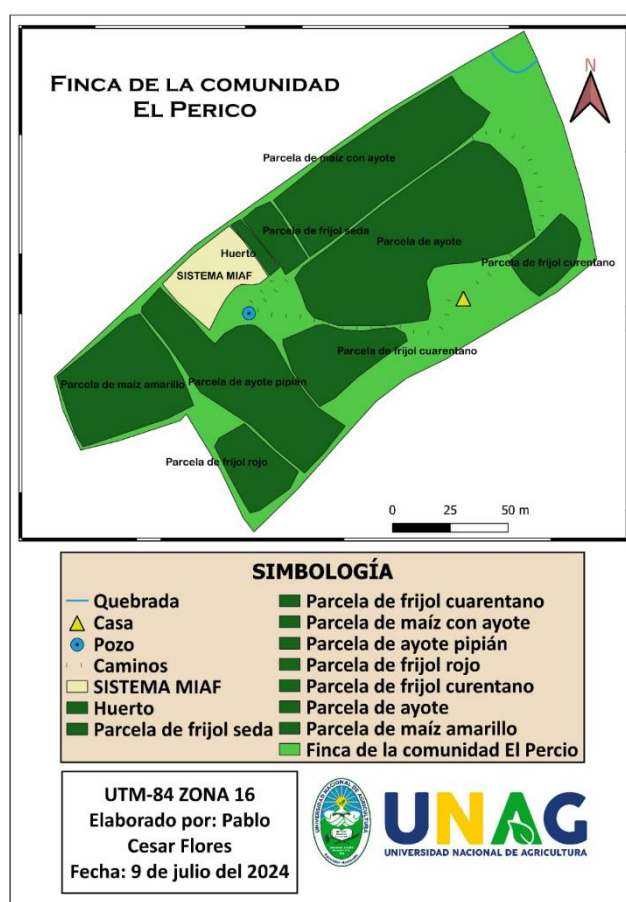


Figura 6. Croquis de la Finca con sus componentes

5.1.1. Información general de la Finca

Tabla 2. Características de la finca

Municipio	El Triunfo, Choluteca
Comunidad	El Perico
Tamaño de la finca/ ha	2.27 ha (3.25 mz).
Temperatura promedio/anual	24.88 C
Precipitación/ anual	1885.27 mm
Altitud	202 msnm
Área del Sistema MIAF	1,200 m ²

Tabla 3. Diferentes actividades y rubros productivos de la Finca

Rubros productivos de la finca	<ul style="list-style-type: none"> -Producción de granos -Producción de hortalizas -Producción de frutales. -Actividades pecuarias (crianza de gallinas para venta).
Principales cultivos y variedades utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> -Maíz (<i>Zea mays</i>) (amarillo, blanco, semillas mejoradas de los bonos tecnológicos). -Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) (frijol chile o rojo, frijol cuarentano, frijol seda). -Ayote (<i>Cucurbita spp</i>) (ayote, ayote pipián). -Maicillo (<i>Sorghum spp</i>)

<p>Manejos y formas de producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Manejo convencional con transición agroecológica (implementa prácticas de conservación como el aprovechamiento de la materia orgánica con desperdicios de cosechas, elaboración de bioinsumos y barreras muertas para control de erosión por escorrentía). -Parcelas de monocultivos sin asocio. -Control de plagas y enfermedades con agroquímicos. -Conservación de semillas nativas. -Sistema de riego y pozo.
<p>Mano de obra</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Participación activa de todos los miembros del grupo focal. -Participación externa de jornales (aportación de empleos).
<p>Comercialización</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Parte del ingreso económico familiar provienen directamente de las actividades productivas de la finca como ser: Maíz (<i>Zea mays</i>) (elote y grano), frijol (en verdura y grano), ayote y limones. -Los productos provenientes de los sistemas productivos de la finca son comercializados en el mercado local del municipio.

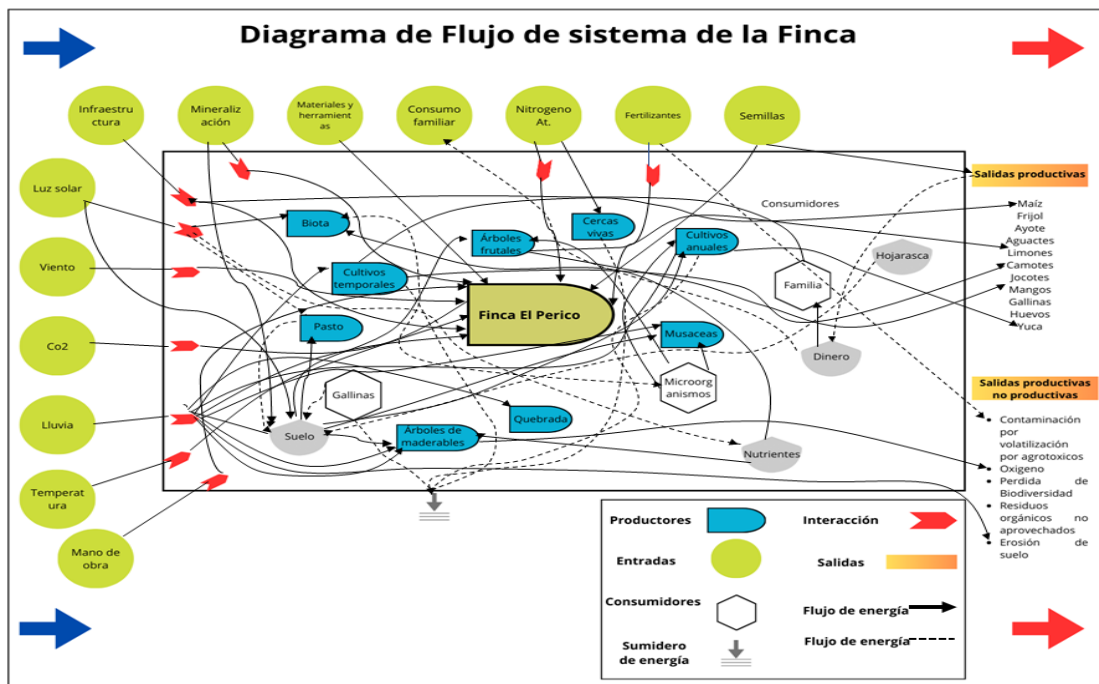


Figura 7. Diagrama de Flujo de la Finca

Entradas: En la finca las entradas principalmente se ven influenciadas por la compra de productos Agroquímicos, como fertilizantes granulados y herbicidas, también la mano de obra y materiales y logística para el riego de las diferentes parcelas productivas.

Componente Maíz: Dentro de los componentes de la finca se encuentra el cultivo de Maíz (*Zea mays*), el cual es uno de los rubros más importantes dentro de la finca generando ingresos económicos importantes a la familia. La producción de maíz en la finca se realiza en dos etapas de cosecha durante el año, las cuales son de Primera y de Postrera, donde reporta el dueño de la Finca que se manejan rendimientos por temporada de 22 qq por mz por etapa de cosecha. El área total para la producción de maíz varía de acuerdo a las necesidades del productor, por lo cual anualmente destina un área de producción de 1 mz.

Componente Ayote: El componente ayote dentro de la finca es imprescindible dentro de los rubros productivos de la finca siendo este una de las principales fuentes de ingreso del grupo focal. La cosecha de este se realiza a diario en el periodo del cultivo, donde

diariamente se reporta una cosecha de 120 ayotes los cuales son comercializados en el mercado del casco urbano.

Componente Frijol Cuarentano Caupí: Otro de los principales componentes que potencian la producción de la finca y la localidad es el Frijol Cuarentano. La forma de cosecha de este cultivo se realiza de dos formas, en grano seco y en vaina verde. Se reporta por parte de dueño de la finca una producción en grano seco de 12 qq/ mz por etapa de cosecha. Los datos de rendimientos en grano seco podrían ser mayores, pero culturalmente se acostumbra a consumir y comercializarse en forma de verdura dentro de la comunidad siendo esta una forma de consumo cultural.

Componente Frutales: Los árboles frutales dentro de la finca juegan un papel importante en la producción, donde el Aguacate, Limón, Mango, Jocotes (Ciruelas) y Marañón son frutales que más prevalecen dentro de la comunidad y en la finca. Estos frutales tienen una alta demanda en el mercado local como lo es el caso del Marañón donde se aprovecha principalmente el fruta verdadero (La nuez) en lugar del pseudofruto, esto con el objetivo de comercializarlos para la transformación de semillas secas.

Las actividades productivas de la finca se orientan a la producción de especies históricas en nuestra región, como lo son los granos básicos. La tendencia a la producción agrícola en la comunidad se orienta mayoritariamente al maíz como forma de consumo y comercio; de igual forma que el frijol y el ayote las cuales tienen un alto valor económico para los pobladores debido a su alta demanda en el mercado local.

La (SADR 2022) y (Tapia 2017) dice que el sistema MIAF es compatible con el germoplasma nativo, la milpa tradicional y los sistemas agrícolas tradicionales donde ha demostrado ser altamente compatible con la milpa tradicional debido a su capacidad para mejorar la sostenibilidad del suelo y diversificar la producción agrícola. Los árboles frutales incorporados en el MIAF no solo ayudan a reducir la erosión del suelo y mantener la humedad, sino que también incrementan la biodiversidad y generan ingresos adicionales para los agricultores. la cual es perfectamente replicable con las especies climáticamente adaptadas a la zona como lo es el maíz amarillo y el frijol cuarentano.

Esto quiere decir que el establecimiento del sistema MIAF es aceptable y potenciabile para los medios de vida de las familias agrícolas del Triunfo Choluteca, que forma parte del Corredor Seco Hondureño.

Los sistemas agroforestales y las practicas agroecológicas dentro de la comunidad tienen cierto escepticismo por las diferentes percepciones de las formas de producción en donde destacan criterios como la sombra, el uso de abonos orgánicos y el asocio de las especies. La población reporta criterios como: *“No se puede sembrar maíz con ayote juntos porque el polen del maíz arruina la flor del ayote y se pierde la cosecha”*, *“No se puede sembrar el maíz cerca de árboles porque no lo deja crecer”*

La sombra de los árboles puede reducir el estrés térmico y la evaporación del agua del suelo, lo que en última instancia puede beneficiar al cultivo de maíz. En algunos sistemas agroforestales, se ha observado que una cobertura arbórea bien manejada puede incluso mejorar los rendimientos del maíz en comparación con monocultivos sin sombra, especialmente en suelos con bajos niveles de fertilidad (Luedeling et al. 2016; Qiao et al. 2019)

Sostiene (Burgos et al. 2008) que los árboles frutales potencializan la agrobiodiversidad y las actividades productivas en la finca, ya que mejoran la rentabilidad y la dieta de los miembros de los hogares, disminuyendo así el convencionalismo de los monocultivos e incrementando la sostenibilidad ecológica de las comunidades y fincas. Los frutales tienen un alto valor económico y un gran potencial alimenticio en la comunidad donde destacan especies como el mango, jocotes, aguacate marañón, limón, papaya. Otras especies frutales nativas de consumo ocasional como el tigüilote y el papalón son utilizados en la comunidad para la obtención de otros servicios como ser el potencial calorífico de estas especies energéticas para satisfacer necesidades básicas de alimentación en los hogares.

5.1.2. Vinculación y actividades desarrolladas en las comunidades para entender el contexto

Se realizaron múltiples actividades en la comunidad Las Chacaras con el objetivo de generar un espacio propicio para el fortalecimiento de las personas que activamente participan en proyectos de vinculación dentro de la comunidad. La elaboración de Bioinsumos y la asistencia técnica del huerto escolar de la comunidad y los huertos familiares fueron las actividades desarrolladas resaltando el trabajo participativo de grupos sociales como lo son alumnos escolares y madres de familia. Tal como lo denota (Zoraida et al. 2006) las mujeres representan un porcentaje sustancial de la fuerza de trabajo agrícola, como productoras de alimentos o trabajadoras agrícolas. Es por esto que la acción social y la vinculación comunitaria son elementos fundamentales para promover el desarrollo sostenible y mejorar la cohesión social en comunidades vulnerables, donde es vital para construir confianza y cooperación entre los actores locales, lo que a su vez refuerza la efectividad y sostenibilidad de los programas implementados. (Jr 2024) ; (Barrett et al. 2023).

Tabla 4. Actividades y Bioinsumos en las comunidades

Actividades realizadas en la comunidad	Bioinsumos elaborados con la comunidad
Asistencia técnica en huertos familiares.	Biofertilizantes
Establecimiento de un huerto escolar.	MM solidos
Charla sobre la importancia del agua el día mundial del agua.	MM liquido
Asistencia técnica a caja rural de la comunidad Las Chacaras con charla sobre el uso del Nivel A.	Caldo sulfocálcico Agua de vidrio Té de Neem Lejía de ceniza

Bocashi

Biochar

Tabla 5. Materiales y cantidades para elaboración de los Bioinsumos

Bioinsumo	Materiales	Cantidad	Unidad
Bocashi	Melaza	2	Litros
	Levadura	300	Gramos
	Semolina	1	Quintal
	Hojarazca seca	1	Quintal
	Hojas verdes	3	Libras
	Carbón	5	Libras
	Tierra Negra	1	Quintal
	Estiercol seco	1	Quintal
	Ceniza	10	Libras
Biochar	Olotos	5	Quintales
MMS	Semolina	1	Quintales
	Melaza	1	Galón
	Hojarasca de bosque virgen	1	Quintales
	Agua	15	Litros
MML	Melaza	2	Litros
	Agua	15	Litros
Biofertilizante	Melaza	2	Litros
	Estiercol fresco	2-3	Libras
	Levadura	300	Gramos
	Madreado	2	Libras
	Ceniza	2	Libras
	Suero	4	Galón
Caldo Sulfocálcico	Azufre	4	Libras
	Ceniza	2	Libras
	Agua	16	Litros
Agua de Vidrio	Cal	2	Libras
	Ceniza	2	Libras
	Agua	16	Litros
	Jabón	1	Barra
Bioplaguicida de Neem	Hojas de Neem	10	Libras
	Jabón	1	Barra
	Agua	20	Litros
Lejía de Ceniza	Ceniza	2	Libras
	Jabón	1	Barra
	Agua	10	Litros

5.1.3. Identificación de plantas con potencial alimenticio

Se realizó una identificación de plantas con potencial alimenticio las cuales fueron agrupadas en cuatro grupos que son Frutales; Hortalizas; Medicinales, aromáticas y condimentos; Otras especies alimenticias (granos u otras especies con potencial alimenticio). Se realizó una identificación de 97 especies, las cuales pertenecen a 43 familias botánicas, siendo las más representativas (figura), Fabaceae con 13 especies identificadas y representando el 35% de las familias identificadas, Cucurbitaceae con 7 especies identificadas con un 19%, Poaceae con un 13% y 5 especies identificadas, Malvaceae, Apiaceae y Lamiaceae con un 11% y 4 especies respectivamente.

En este contexto, es evidente que la agrobiodiversidad es imprescindible en el diario vivir de las familias agrícolas potenciando la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades, donde muchas personas depende de la gestión de diversos recursos biológicos que son importantes para la alimentación y la agricultura que, debido al grado de la gestión humana, la conservación de la agrobiodiversidad en los sistemas de producción claramente se puede diferir que está intrínsecamente vinculada al uso sostenible de los recursos naturales y la riqueza cultural. (FAO 2006)

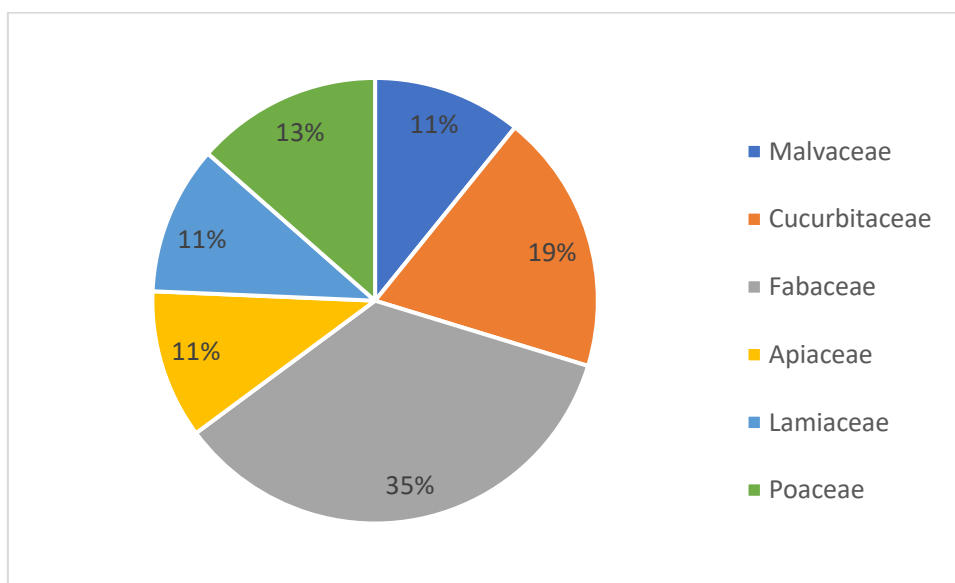


Figura 8. Especies alimenticias más representativas

Tabla 6. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (frutales).

Nombre Común	Nombre científico	Meses de cosecha	Usos principales	Forma principal de consumo
Aceituna	<i>Olea europaea</i>	Noviembre-enero	Alimenticio	Como guiso en los platos
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Marzo	Alimenticio	Directamente la fruta
Albaricóque	<i>Averrhoa carambola</i>	Todo el año	Alimenticio	Refrescos
Anona	<i>Annona cherimola</i>	Abril-septiembre	Alimenticio	Fruta fresca
Banano	<i>Musa sp</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente
Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	Todo el año	Dendroenergético, sombra	La fruta directamente
Carao	<i>Cassia grandis</i>	Todo el año	Medicinal	En refresco
Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mayo-octubre	Medicinal	Medicinalmente para problemas estomacales
Chatas	<i>Musa sp.</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente, acompañante en ciertas comidas
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Todo el año	Alimenticio	El agua de la fruta
Coyol	<i>Acrocomia aculeata</i>	Todo el año	Alimenticio	Directamente la fruta
Guanabana	<i>Annona muricata</i>	Todo el año	Alimenticio	Refresco, la fruta directamente
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Marzo-julio	Alimenticio	La fruta directamente
Guava (paterna)	<i>Inga spuria</i>	Mayo-julio	Alimenticio	La fruta directamente
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Agosto-noviembre	Alimenticio	La fruta directamente, en refresco
Jicaro	<i>Crescentia cujete</i>	Todo el año	Alimenticio	En refresco
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	Marzo-mayo	Alimenticio	La fruta directamente, en dulce
Limón	<i>Citrus limon</i>	Todo el año	Alimenticio	Refresco, la fruta directamente, tés
Mamey	<i>Mammea americana</i>	Noviembre-junio	Alimenticio	La fruta directamente en refresco

Mamón	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mayo y agosto	Alimenticio	La fruta directamente
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Diciembre	Alimenticio	La fruta directamente
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Abril - Junio	Alimenticio	La fruta directamente, en refresco, fruta fresca
Manzana de monte	<i>Passiflora foetida</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	Todo el año	Alimenticio	Refrescos
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Marzo-mayo	Alimenticio	Refrescos, la fruta directamente y semillas secas
Melon	<i>Cucumis melo</i>	Abril-agosto	Alimenticio	La fruta directamente, refrescos
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Julio-agosto	Alimenticio	Directamente la fruta y refresco
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Noviembre	Alimenticio	La fruta directamente, fruta fresca y en refresco
Palma africana	<i>Elaeis guineensis</i>	Todo el año	Alimenticio	
Papalón	<i>Coccoloba uvifera</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente, en refresco, fruta fresca
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente, en refresco, fruta fresca
Piña	<i>Ananas comosus</i>	Todo el año	Alimenticio	Fruta fresca
Piñuela	<i>Bromelia pinguin</i>	Mayo-Agosto	Ornamental	La fruta directamente, acompañante en ciertas comidas
Pitaya	<i>Hylocereus undatus</i>	Junio-julio	Alimenticio	La fruta directamente, en refresco
Plátano	<i>Musa sp</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente
Quesillo	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	Febrero-marzo	Alimenticio	La fruta directamente
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Noviembre-junio	Alimenticio	Refrescos, dulces y conservas
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente
Toronja	<i>Citrus paradisi</i>	Todo el año	Alimenticio	Refrescos
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Todo el año	Alimenticio	La fruta directamente

Tabla 7. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (hortalizas).

Nombre Común	Nombre científico	Origen	Meses de cosecha	Usos principales	Forma principal de consumo
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario
Ayote	<i>Cucurbita spp</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Cebollín	<i>Allium fistulosum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Chile verde	<i>Capsicum annum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Chilillo	<i>Capsicum spp</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario
Ocra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario

Patate	<i>Sechium edule</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario
Pipian	<i>Cucurbita spp</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	En verdura y como acompañante culinario
Zapallo	<i>Cucurbita pepo</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Aromática y como acompañante culinario

Tabla 8. Especies con potencial medicinal, aromático, condimentaria presentes en la Comunidad

Nombre Común	Nombre científico	Meses de cosecha	Usos principales	Forma principal de consumo
Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Noviembre a febrero	Colorante	Uso de la semilla como colorante en los alimentos como pollo, sopas, arroz etc.
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Mayo a junio	Condimento	Como condimento en la cocina.
Bugambilia	<i>Bougainvillea spp</i>	Marzo a septiembre	Ornamental	Infusión de flores para afecciones respiratorias.
Carao	<i>Cassia grandis</i>	Enero y marzo	Medicinal	Usado para tratar la anemia, la fatiga y para aumentar la energía
Culantro	<i>Eryngium foetidum</i>	Todo el año	Condimentaria	Se utiliza para dar sabor a sopas, guisos, salsas
Curcuma	<i>Curcuma longa</i>	Mayo a julio	Condimento	En la cocina como condimento y colorante.
Exora	<i>Ixora</i>	Todo el año	Medicinal	Utilizado para curar llagas en la piel
Guanabana	<i>Annona muricata</i>	Marzo a junio	Medicinal	Fruta raspada y hojas del árbol en forma de té para fortalecer los huesos
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Junio a septiembre	Alimenticio	Las hojas de guayaba se utilizan en infusiones para tratar problemas digestivos como la diarrea, para enfermedades respiratorias como tos.
Hierba Buena	<i>Mentha spicata</i>	Todo el año	Medicinal, condimentaria	Utilizada para aliviar problemas digestivos como indigestión, gases, para dar sabor a una variedad de platos, como, sopas, guisos.
Insulina	<i>Dianthera secunda</i>	Todo el año	Medicinal	Tés usualmente para personas diabéticas.
Jamaica	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Diciembre a abril	Medicinal	Remedio para problemas digestivos, hipertensión,

				inflamación, bebida refrescante
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Octubre a enero	Medicinal, aromático, condimentaria	Infusiones para aliviar los síntomas del resfriado, la gripe y la congestión nasal.
Limón	<i>Citrus limon</i>	Mayo a octubre	Alimenticio, condimentaria	Sazonador, limonadas y tés para resfriados
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Mayo a Agosto	Alimenticio	Consumido directamente como fruta fresca, usado como tés que ayudan a la digestión y gripe.
Miona	<i>Heliotropium indicum</i>	Todo el año	Medicinal	Utilizada en infusiones para infecciones urinarias
Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	Todo el año	Medicinal, condimentaria	Para hacer té, cocinar.
Piñon	<i>Jatropha curcas L.</i>	Agosto - noviembre	Medicinal	Se utiliza la leche o sabia que exuda el árbol directamente sobre heridas menores, como raspones ayudando en la cicatrización y desinfección de la herida.
Quina	<i>Cinchona officinalis</i>	Todo el año	Medicinal	La corteza seca de Cinchona officinalis se utiliza para hacer infusiones o extractos como para la malaria y para lavar heridas.
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Todo el año	Medicinal	Tés para aliviar dolores de estomago
Saca piedra	<i>Phyllanthus niruri</i>	Todo el año	Medicinal	Infusiones y té para curar las piedras en los riñones
Savila	<i>Aloe vera</i>	Todo el año	Medicinal	Como hidratante, quemaduras e inflamaciones.
Valeriana	<i>Valeriana officinalis</i>	Marzo a agosto	Medicinal	Infusiones para promover el sueño y reducir el estrés
Zacate de limón	<i>Cymbopogon</i>	Todo el año	Medicinal, aromático	Infusiones para aliviar dolores estomacales y nerviosos

Tabla 9. Especies con potencial alimenticio presentes en la Comunidad (granos y otros).

Nombre Común	Nombre científico	Origen	Meses de cosecha	Usos principales	Forma principal de consumo
Ajonjoli	<i>Sesamum indicum</i>	Introducida	Septiembre - Noviembre	Alimenticia	En forma de tortillas, tamales, y atoles.
Frijol (blanco)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Nativa	Mayo - Agosto	Alimenticia	Cocidos en guisos y acompañando arroces.
Frijol (cuarentano)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Nativa	Mayo - Agosto	Alimenticia	Cocidos en guisos y acompañando arroces.
Frijol (rojo)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Introducida	Mayo - Agosto	Alimenticia	Cocidos en guisos y acompañando arroces.
Frijol de palo	<i>Vigna unguiculata</i>	Introducida	Septiembre - Noviembre	Alimenticia	Se consume principalmente en guisos y sopas
Frijol de soya	<i>Glycine max</i>	Introducida	Septiembre - Noviembre	Alimenticia	En ensaladas, guisos, y salteados
Gandul	<i>Cajanus cajan</i>	Introducida	Julio - Septiembre	Alimenticia	En guisos y arroces.
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	Introducida	Julio - Septiembre	Alimenticia	Cocido en guisos
Habichuelas	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Nativa	Abril - Junio	Alimenticia	En guisos y sopas.
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	Introducida	Marzo - Mayo	Alimenticia	En guisos y sopas.
Maicillo	<i>Sorghum bicolor</i>	Introducida	Mayo - Agosto	Alimenticia	Alimento para ganado (, gallinas (semillas)
Maiz amarillo	<i>Zea mays</i>	Nativa	Mayo - Agosto	Alimenticia	En forma de tortillas, tamales, y atoles.
Maiz blanco	<i>Zea mays</i>	Nativa	Mayo - Agosto	Alimenticia	En forma de tortillas, tamales, y atoles.
Maiz morado	<i>Zea mays</i>	Nativa	Mayo - Agosto	Alimenticia	En forma de tortillas, tamales, y atoles.
Pitaya	<i>Hylocereus undatus</i>	Nativa	Julio - Noviembre	Alimenticia	consumida fruta fresca
Tigüilote	<i>Cordia alba</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Se come directamente la fruta en este caso

					que también parecen uvitas.
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	Nativa	Todo el año	Alimenticio	Uso en preparación de alimento principalmente con huevo revuelto

5.1.1. Precipitación y temperatura en la comunidad

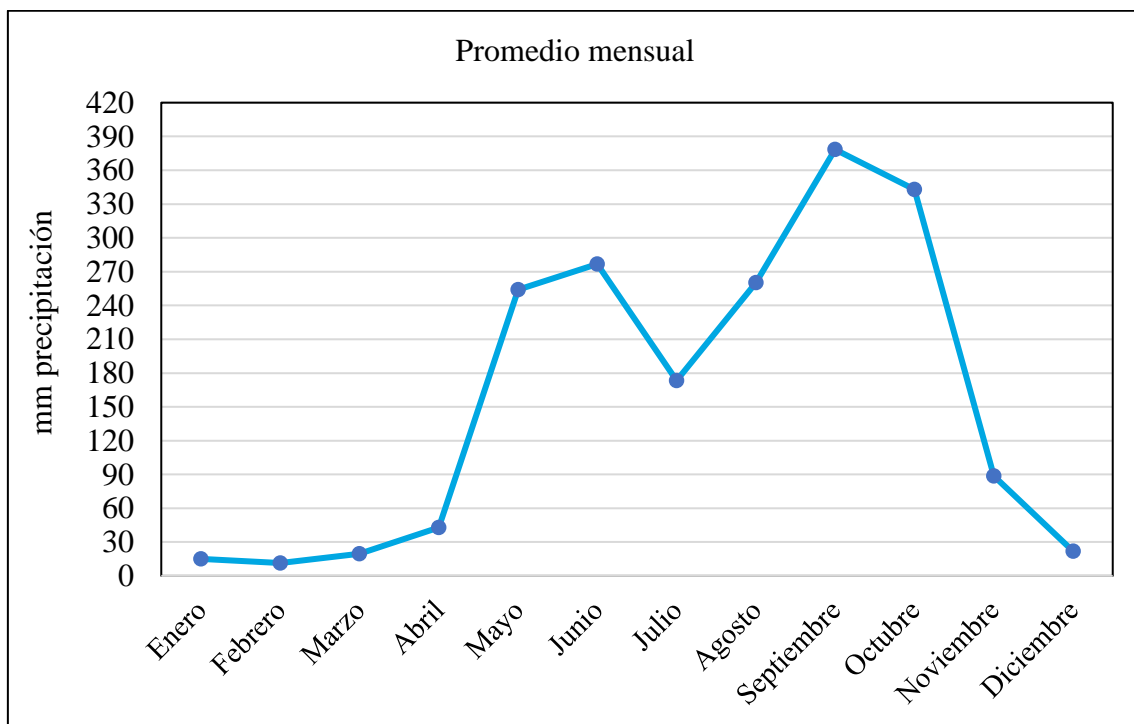


Figura 9. Precipitación mensual durante el periodo de 1994 a 2023

La comunidad de El Perico, a lo largo de 30 años, ha mostrado un patrón de precipitación mensual que refleja datos de precipitación que revela que los meses de enero, febrero, marzo, abril, y diciembre se caracterizan por tener precipitaciones muy bajas, con promedios mensuales que van desde los 11.40 mm hasta los 42.83 mm. Estos meses en la comunidad son críticos, en especial para la producción agrícola en la zona.

Por otro lado, los meses comprendidos entre mayo y octubre experimentan un aumento significativo en la precipitación, marcando el inicio del invierno solar. Durante este período, las precipitaciones alcanzan su punto máximo en septiembre, con un promedio de 378.46 mm, lo que convierte a septiembre en el mes más lluvioso del año. Otros meses como mayo, junio, julio, agosto y octubre también registran altas precipitaciones, con valores que oscilan entre 253.90 mm y 342.95 mm. Se observa en la (Figura 6) un bajada durante el mes de Julio lo cual indica el periodo de la Canícula el cual tiene implicaciones significativas para la agricultura, la gestión del agua y la seguridad alimentaria en la región donde se experimenta una pausa en las lluvias durante dicho periodo (Zhao et al., 2020).

Noviembre se presenta como un mes de transición, con un promedio de precipitación de 88.76 mm, que indica el final del Invierno Solar y el inicio del verano. Finalmente, el promedio anual de precipitación de 157.11 mm nos da una visión general del clima en la comunidad de El Perico, destacando la variabilidad y los contrastes entre las estaciones seca y húmeda. Este tipo de eventos extremos se están volviendo más frecuentes debido al cambio climático, que amplifica la intensidad de los fenómenos meteorológicos donde se muestra que las regiones seca están experimentando precipitaciones más extremas, (Vicente-Serrano et al. 2021).

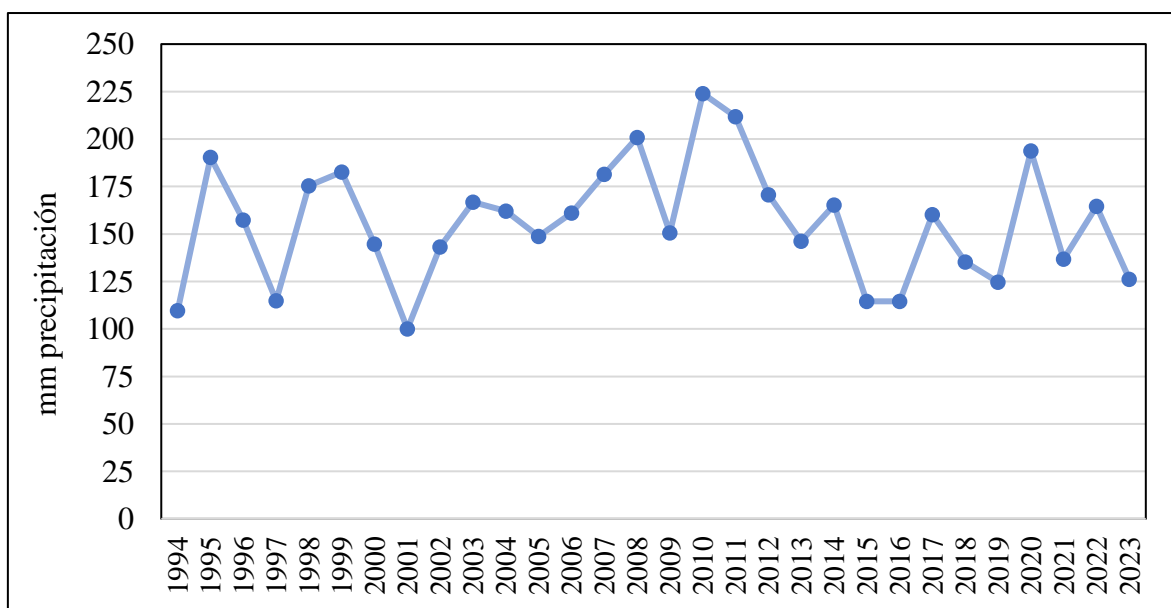


Figura 10. Precipitación anual durante el periodo de 1994 a 2023

A lo largo de estos 30 años, se observan variaciones notables en la precipitación anual. Los años más lluviosos fueron 2010, 2008 y 1995, con precipitaciones de 2687.54 mm, 2410.65 mm y 2284.11 mm, respectivamente. En contraste, los años 2001, 1994 y 2015 fueron los más secos, registrando precipitaciones anuales de 1200.44 mm, 1316.23mm y 1357.07 mm, respectivamente. La variabilidad en los patrones de lluvia es más pronunciada, lo que complica la predicción y gestión del agua. Esta mayor variabilidad implica que los períodos de sequía y lluvias intensas se alternan de manera menos predecible, afectando la agricultura y la disponibilidad de recursos hídricos.

El análisis de las tendencias por décadas muestra patrones interesantes donde la primera década 1994-2003 exhibe un aumento gradual en las precipitaciones, con picos significativos hacia finales de los 90 y principios de los 2000. La segunda década 2004-2013 es más volátil, presentando un gran pico en 2009, seguido de una tendencia descendente. La tercera década 2014-2023 parece estabilizarse en torno al promedio, con algunos años superando y otros quedando por debajo del promedio, pero sin los extremos tan marcados observados en décadas anteriores. Esta variabilidad en el comportamiento indica la influencia de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, que impactan de manera considerable los patrones de precipitación en esta región de América Central (Corrales-Suastegui et al. 2020).

Es importante señalar que, en los últimos años, parece haber una tendencia hacia una disminución en la precipitación promedio anual. Esta disminución en la precipitación es particularmente preocupante para la comunidad de El Perico, dado que podría afectar la disponibilidad de agua para la agricultura y otros usos esenciales. Se observa una alta variabilidad en la distribución temporal de la precipitación, lo cual coincide con las proyecciones del cambio climático que indican que, aunque la cantidad total de precipitación podría mantenerse relativamente estable, la distribución y la intensidad de las lluvias experimentarán cambios significativos (Rauscher et al. 2008).

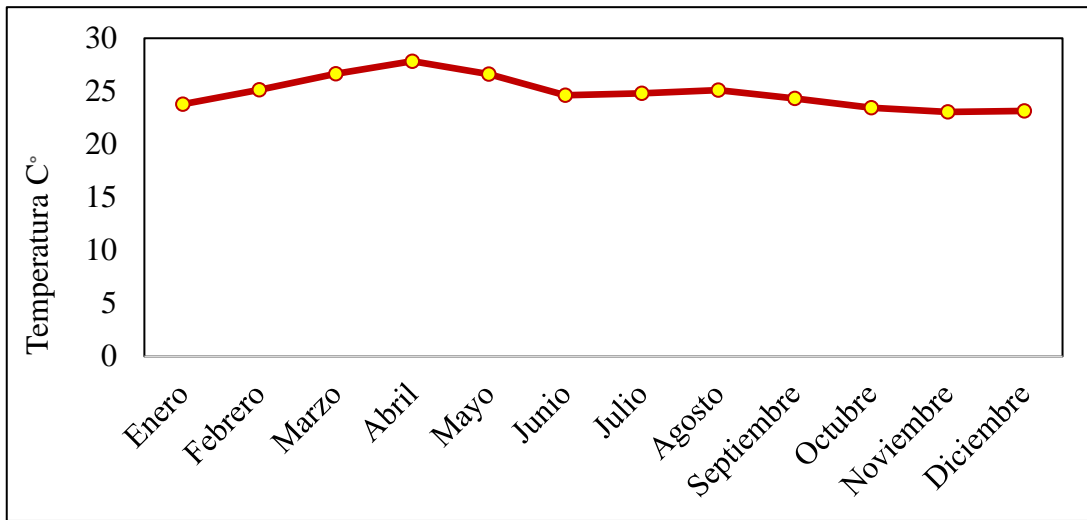


Figura 11. Temperatura mensual durante el periodo de 1994 a 2023

La gráfica de temperatura muestra un pico en los meses de abril y mayo, donde las temperaturas alcanzan los 27.84°C y 26.61°C, respectivamente. Esto sugiere que estos meses corresponden a la temporada más cálida del año en El Perico. Este comportamiento es común en regiones tropicales, donde las temperaturas más altas suelen preceder la temporada de lluvias. Según un estudio de (Teixeira et al. 2013), las temperaturas elevadas en estos períodos críticos pueden tener un impacto significativo en la producción agrícola, especialmente en cultivos sensibles al calor.

A partir de junio, se observa una ligera disminución en la temperatura, estabilizándose entre 24°C y 25°C durante los meses de junio a septiembre. Este comportamiento podría estar relacionado con la llegada de la temporada de lluvias, que generalmente contribuye a moderar las temperaturas debido al aumento de la nubosidad y la evaporación. Estudios realizados en regiones similares indican que la temporada de lluvias actúa como un regulador natural de la temperatura, mitigando los extremos térmicos (Hansen et al., 2011).

Los meses de noviembre, diciembre y enero muestran las temperaturas más bajas del año, con un promedio de 23.15°C en diciembre, lo que representa el punto más fresco del año

en la comunidad de El Perico. Este patrón de enfriamiento hacia el final del año puede estar asociado con la disminución de la radiación solar y la influencia de los vientos alisios, que afectan las condiciones climáticas locales. (Rowhani et al. 2011) subrayan que la variabilidad en la temperatura estacional puede tener efectos adversos sobre la fenología de los cultivos, afectando su desarrollo y productividad.

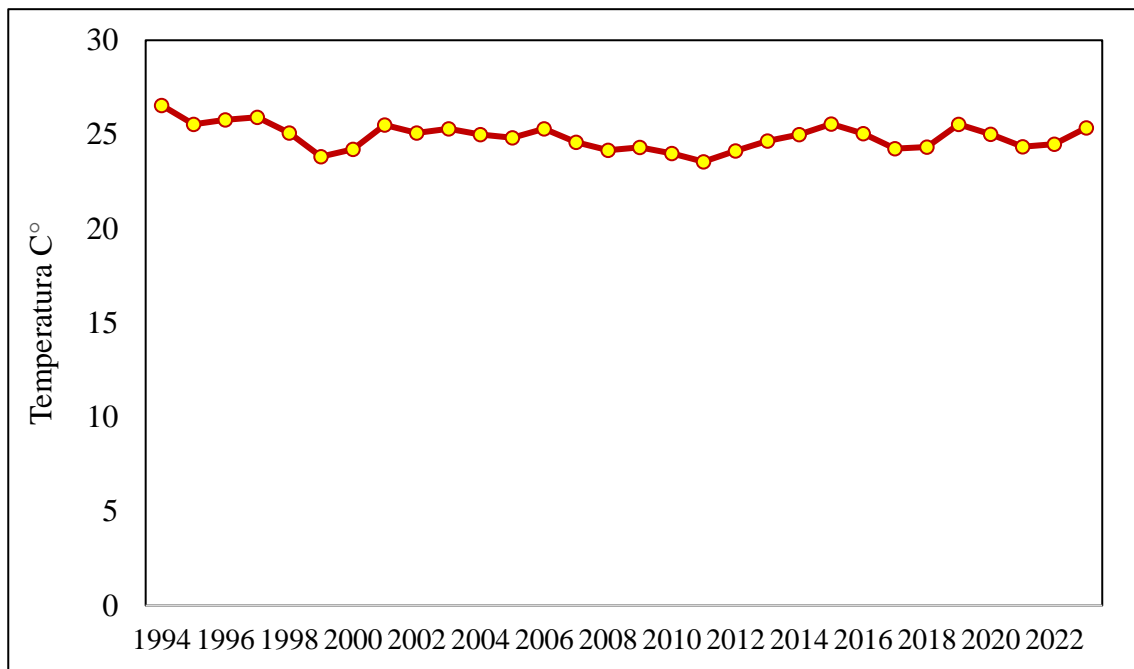


Figura 12. Temperatura mensual durante el periodo de 1994 a 2023

La comunidad de El Perico ha experimentado variaciones en la temperatura anual promedio a lo largo de los años donde los datos muestran que la temperatura promedio anual ha oscilado entre 23.16°C y 26.55°C, con un promedio general de 24.88°C.

Según la (Figura 9) revela que, a pesar de las fluctuaciones anuales, no se observa una tendencia pronunciada de calentamiento o enfriamiento a largo plazo. Esto podría sugerir que la región ha mantenido una relativa estabilidad climática durante las últimas tres décadas. Sin embargo, es importante considerar que, incluso en ausencia de tendencias marcadas, las fluctuaciones anuales pueden tener impactos significativos en la agricultura y la disponibilidad de recursos hídricos.

El año 1994 fue el más cálido, con una temperatura promedio anual de 26.55°C, mientras que el 2011 fue el año más frío con 23.16°C. Las diferencias entre estos extremos no son drásticas, lo que sugiere una relativa estabilidad climática en la región.

La estabilidad observada en las temperaturas promedio anuales es crucial para la agricultura local, ya que las fluctuaciones extremas pueden afectar la productividad de los cultivos. Estudios han demostrado que las temperaturas extremas, especialmente durante periodos críticos de crecimiento, pueden reducir los rendimientos agrícolas (Gornall et al., 2010).

Tabla 10. Calendario estacional del Municipio El Triunfo, Choluteca.

Fuente: (Vallejos 2020)

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temporada lluviosa												
Temporada seca												
Temporada de escasez												
Amenazas												
Sequía o irregularidad en la canícula												
Inundaciones												

5.1.2. Establecimiento del sistema MIAF con diseño Hidrológico Key Line (Línea Clave)

Se estableció el sistema MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) con la metodología de Key Line (Línea Clave) identificando la visualmente el paisaje y sus

características topográficas (Figura), visualizando respectivamente las partes representativas del terreno como ser el punto clave, el cual es de importancia debido a que en él recae una gran concentración de agua puntual del paisaje. La Línea Clave o Keyline es la curva de nivel que pasa por el punto clave el cual parte de ambos lados del punto clave y recorre el terreno a la misma altura donde cada punto de la línea clave tiene la misma altura que el punto clave y respectivamente se hizo el trasado de los surcos, paralelos a la línea por encima y por abajo, dirigiendo el flujo del agua del valle hacia las crestas del terreno, lo que permite que el agua se mantenga en las áreas del terreno que normalmente son más secas, y así almacenar por más tiempo el agua en el suelo (Regenerate 2021).

5.1.3. Cálculo del Potencial de Esguerrimiento de la Parcela

Se calculó el potencial de esguerrimiento de la parcela con los datos del Área total de la parcela (1,200 m²), El coeficiente de esguerrimiento se estimó tomando los datos de Pendiente del Terreno (23%) el cual se calculó directamente en la parcela, Precipitación Anual (1,885.27), Uso del Suelo (Cultivo Agrícola) y la Textura del Suelo (Media = 0.70) (Tabla 1).

Donde:

$$V_m = C_e * P_m * A$$

$$V_m = 0.70 * 1,885.27 \text{ mm} * 0.439 \text{ ha}$$

$$V_m = 0.70 * 1.885 \text{ m} * 4393.7 \text{ m}^2$$

$V_m = 5,797.48 \text{ m}^3 \text{ de agua}$
--

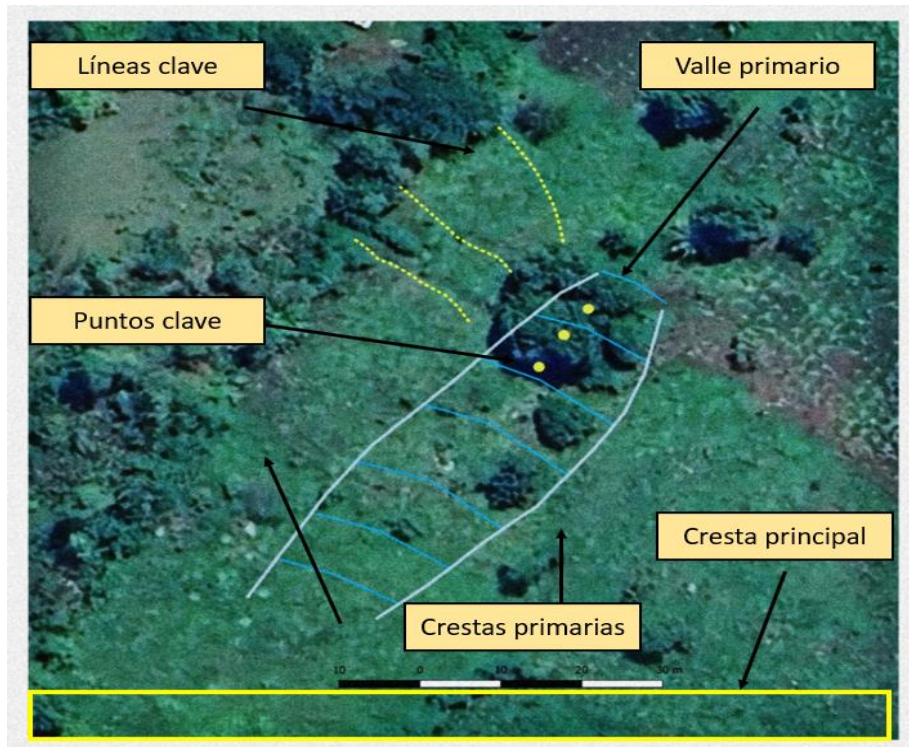


Figura 13. Imagen satelital de la simbología en el paisaje según la metodología de Línea Clave

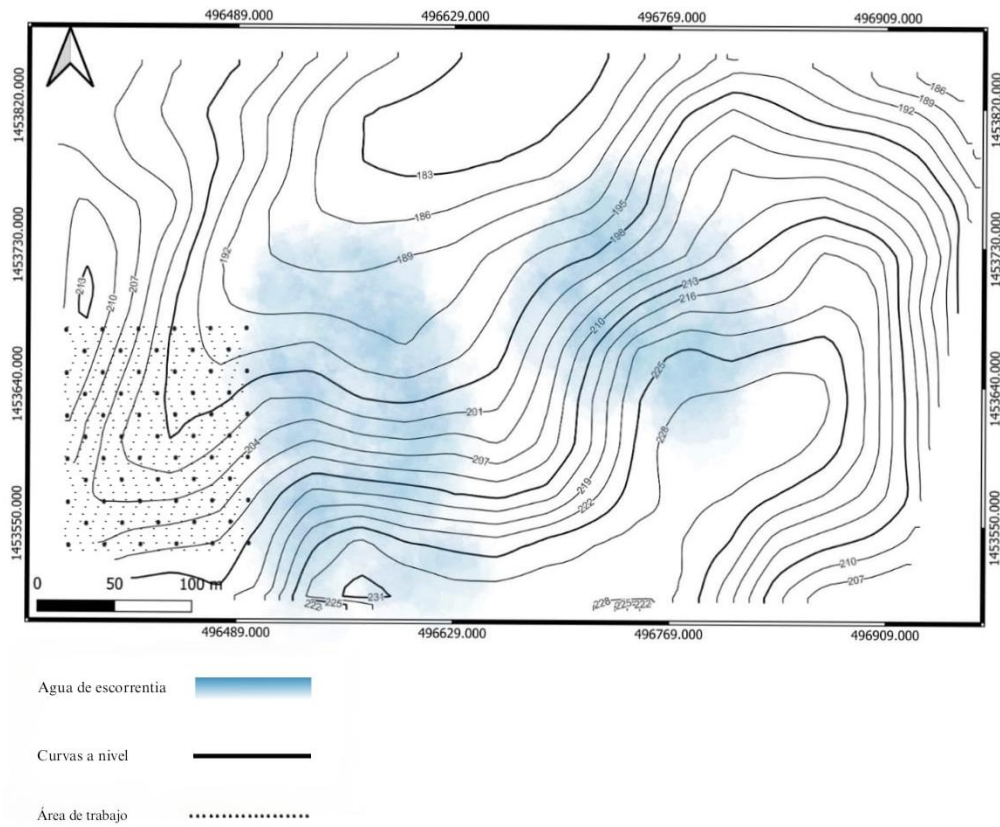


Figura 14. Determinación del movimiento natural del agua a partir de la interpretación de las curvas a nivel de la cuenca para conocer la escorrentía desde el parte aguas hasta la zona más baja de la Finca

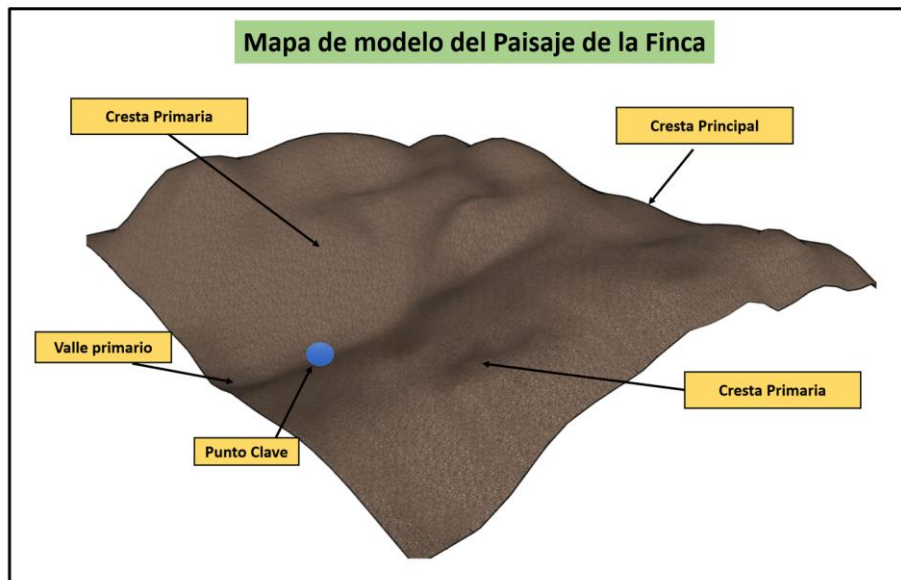


Figura 15. Mapa de modelo del Paisaje la Finca interpretando las características físicas del relieve.

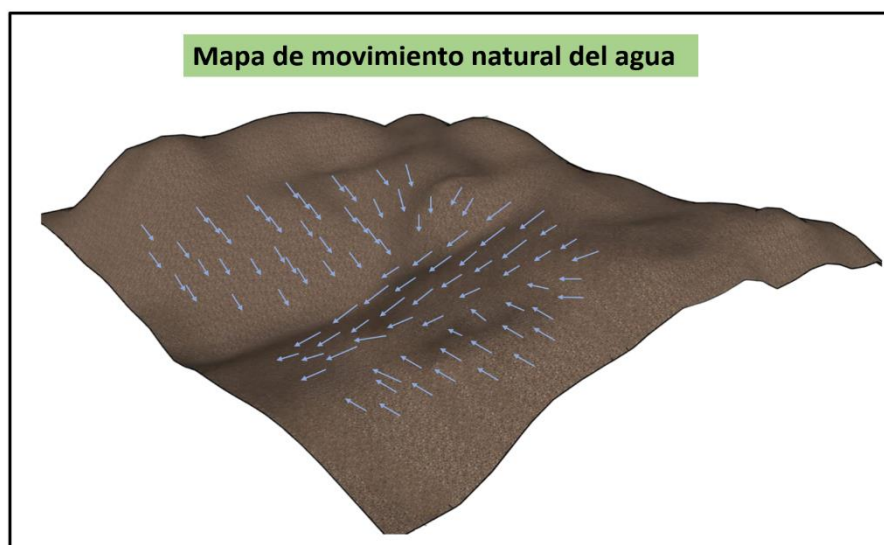


Figura 16. Mapa modelo de movimiento natural del agua que cae desde el parte agua en la Finca

Como se puede observar en la (Figura 8) el mapa a escala del Paisaje representa el flujo natural del agua en los diferentes elementos del paisaje, donde el agua sigue un curso natural que baja desde las partes altas como lo son de la Cresta Principal y las Crestas Primarias los cuales desembocan hacia la vertiente los cuales se van al Valle Primario.

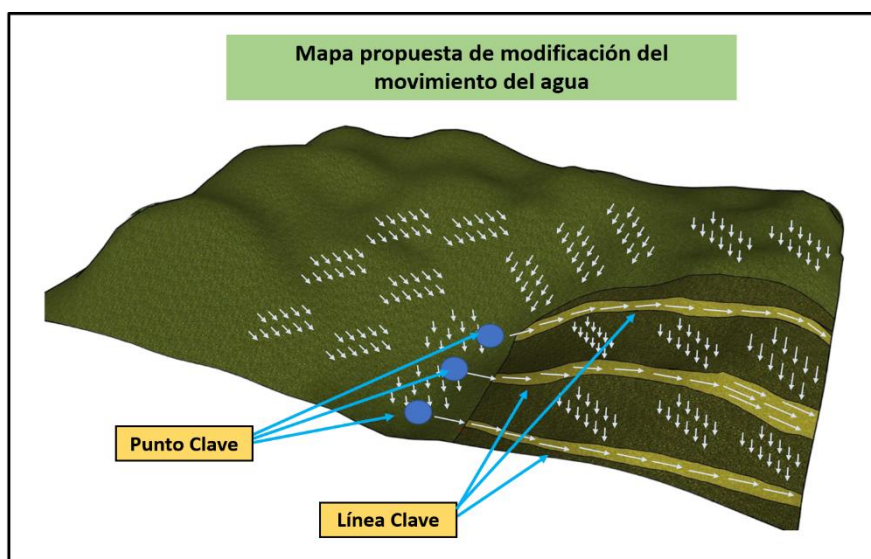


Figura 17. Mapa de propuesta de modificación del movimiento del agua

En la (Figura 9) se observa el mapa de modificación del movimiento del agua ya con el Diseño Hidrológico de Key Line, donde la escorrentía de las partes más altas como lo son la Cresta Principal y las Crestas Primarias. Con el nuevo diseño el movimiento de agua cambia ya que el agua que se escurría por la vertiente ahora llegará a los puntos clave los cuales dirigirán su flujo hacia la parte más alta de la ladera donde está instalado el Sistema MIAF, por medio de las Líneas Claves.

5.1.4. Capacidad de recolección de los canales según su dimensión.

Paso	Fórmula	Cálculo Canal 1	Cálculo Canal 2	Cálculo Canal 3
Hipotenusa	$c^2 = a^2 + b^2$	$\sqrt{(0.2^2 + 0.2^2)} =$ 0.2828 m	$\sqrt{(0.2^2 + 0.2^2)} =$ 0.2828 m	$\sqrt{(0.2^2 + 0.2^2)} =$ 0.2828 m
Área del Canal	$A = 1/2 * \text{base} * \text{altura}$	$1/2 * 0.2 * 0.2 =$ 0.02 m ²	$1/2 * 0.2 * 0.2 =$ 0.02 m ²	$1/2 * 0.2 * 0.2 =$ 0.02 m ²
Volumen del Canal	$V = A * \text{longitud}$	0.02 m ² * 30.7 m = 0.614 m ³	0.02 m ² * 23.8 m = 0.476 m ³	0.02 m ² * 25.37 m = 0.5074 m ³
Volumen en Litros	$V \text{ litros} = V * 1000$	0.614 m³ de agua	0.476 m³ de agua	0.5074 m³ de agua

1.5974 m³ de agua aprovechable en la parcela

Regido bajo la metodología de Línea Clave se establecieron los cultivos siguiendo el patrón de surcos paralelos donde cada surco fue conformado por maíz, frijol y ayote en forma de asocio. Se realizó la siembra del Maíz (*Zea mays*) con un distanciamiento de 40 cm entre planta con frijol en medio y ayote cada 3 metros de distancia. Los árboles frutales de Limón Persa fueron plantados de forma paralela en la parte inferior de cada línea clave y en medio de ellas a 5 metros de distancia entre árboles con un ahoyado de 40x40 y 60 cm de profundidad. Según (Gras 2009) la permacultura fomenta este tipo de sistemas ya que recomienda el uso de la Agricultura Orgánica Campesina, ya que aprovechan la fuerza del sol, viento, estiércol, gravedad y el agua almacenada en puntos elevados sirve para irrigar las plantas.

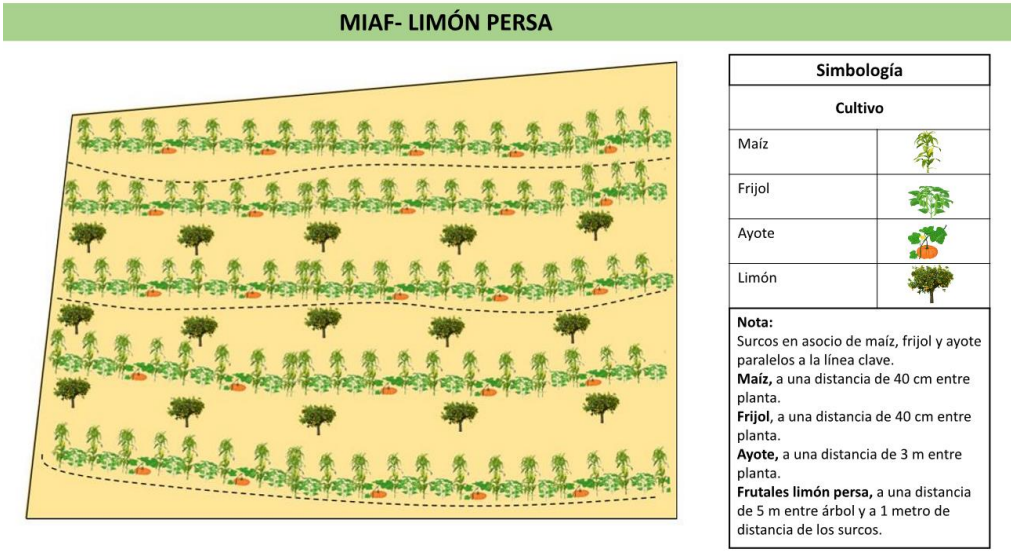


Figura 18. Diseño y arreglo espacial del sistema MIAF

5.1.5. Manejo del Sistema

Se realizó el manejo del sistema con un enfoque agroecológico realizando prácticas como ser fertilización con un enfoque meramente orgánico, utilizando específicamente biopreparados elaborados en la finca a la mano con el productor aprovechando los productos disponibles en la comunidad y en la finca de manera in situ, al igual que el control de plagas y enfermedades con bioplaguicidas con elaboración en la finca.

Para la plantación de los árboles frutales se hizo la combinación de dos biopreparados como lo son el biochar y el bocashi con el objetivo de generar mejores condiciones en los hoyos para un mejor desarrollo y crecimiento radicular de la planta. Al momento del ahoyado se clasificó la tierra en tres capas diferentes, las cuales fueron invertidas, donde la primer capa superficial quedó abajo, la segunda con un color más claro en medio y la tercera en la parte superior. Se agregaron 2 kilos de biochar y bocashi en cada hoyo.

La fertilización en los cultivos se realizó de forma edáfica con bocashi en los surcos y con MML y Biofertilizante de manera foliar. Para el control de plagas y enfermedades se utilizó Agua de vidrio, Té de Neem, Lejía de ceniza y Caldo Sulfocálcico.

5.1.6. Identificación de plagas y enfermedades en el sistema

Se hizo una identificación visual mediante todo el manejo del sistema donde se reportó la incidencia de 3 plagas: Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que afecto en este caso al cultivo de Maíz (*Zea mays*). También se reportaron daños físicos en el cultivo de frijol ejercidos por conejos y garrobos.

Tabla 11. Actividades realizadas

Actividades realizadas	Biopreparados elaborados	Plagas y enfermedades en los cultivos
Siembra	Bocashi	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)
Fertilización edáfica	MML	Conejos (en frijol)
Limpieza de la parcela	MMS	Garrobos (en frijol)
Manejo de plagas y enfermedades	Biochar	
Limpieza y aporcado	Lejía de ceniza	
Fertilización foliar	Biofertilizante	

Plantación de árboles frutales	Té de Neem	
--------------------------------	------------	--

5.2. Evaluar variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF

5.2.1. Determinación de Biomasa en Maíz (*Zea mays*)

Tabla 12. Peso fresco y peso seco de las diferentes muestras

Parcela	Peso fresco (g)	Peso fresco submuestra (g)	Peso seco submuestra (g)	Peso seco mazorcas buenas (g)	Peso seco grano (g)
Sistema MIAF	2,070 g	718 g	138 g	910 g	764 g

La biomasa que se cosecha de los cultivos es toda esa acumulación neta de CO₂ el cual es asimilado durante todo el ciclo vegetativo y reproductivo (Gardner 1985; (Orozco-vidal et al. 2016). En este sentido, la producción de biomasa de Maíz (*Zea mays*) determina equivale respectivamente a una generación de 1.37 tn/ha en el sistema MIAF.

La producción de biomasa puede variar significativamente por diversas variables como, por ejemplo, la variedad genotípica, fertilización, variabilidad climática y esto repercute de manera significativa en el rendimiento procedente de diferentes países de América Central (García et al. 2023). (Echarri 2002) sostiene que el Maíz (*Zea mays*) tiene altos niveles de producción gracias otras variables externas como una tasa fotosintética elevada, y a una buena estructura en el cultivo. Debido a esto generan mayores rendimientos de grano. Como lo denota (Cambiagro 2024) en promedio, los rendimientos de Maíz (*Zea mays*) pueden oscilar entre 1.77 y 11 toneladas específicamente en

condiciones óptimas y dando un buen manejo agronómico y la selección de variedades adaptadas a cada microclima las cuales son fundamentales para alcanzar y superar estas cifras promedio.

5.2.2. Determinación de Cobertura vegetal

Según (Morgan 1986) la vegetación es vital para la protección del suelo, ya que este actúa como medio protector del impacto ocasionado por la lluvia, reduciendo en sí los posibles efectos de un erosión o pérdida de suelo. Por otro lado, la estructura del suelo, se hace más resistente a la erosión debido al gran aporte de materia orgánica lo cual mejora la estabilidad de los agregados en los suelos (Stocking 2003). Se midió el porcentaje de cobertura vegetal dentro del sistema MIAF mediante el método del Cuadrante en tres momentos puntuales, específicamente en los momentos posteriores a las lluvias ocasionales en verano.

Tabla 13. Incidencia total de las Hierbas a lo largo de todos los muestreos realizados

Nombre común	Nombre científico	Incidencia total por especie
Cola de zorro	<i>Chloris radiata</i>	36%
Zorillo	<i>Achyranthes velutina</i>	16%
Mijo	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	5%
Saca piedra	<i>Phyllanthus niruni</i>	2%
Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i>	20%
Zacate estrella	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	81%
Hierba de pollo	<i>Commelina diffusa</i>	36%
Flor amarilla	<i>Melampodium divaricatum</i>	1%
Verdolaga	<i>Portulaca oleraceae</i>	7%
Dormilona	<i>Mimosa pudica</i>	11%
Coyolillo	<i>Torulium odoratum</i>	2%
Arrocillo	<i>Echinochloa colona</i>	3%

Tabla 14. Primer muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela

Porcentaje de Cobertura					
Especie	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
<i>Chloris radiata</i>	1%	4%		13%	
<i>Achyranthes velutina</i>	9%				2%
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	1%		4%		
<i>Phyllanthus niruni</i>			1%		1%
<i>Eleusine indica</i>				15%	
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	30%	8%	5%		13%
<i>Commelina diffusa</i>	15%	2%	5%		2%
<i>Melampodium divaricatum</i>		1%			
<i>Portulaca oleraceae</i>			6%		
<i>Mimosa pudica</i>	4%		3%		
Σ	60%	15%	24%	28%	18%
Porcentaje total	29%				

Tabla 15. Segundo muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela

Porcentaje de Cobertura					
Especie	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
<i>Chloris radiata</i>	2%		1%	8%	1%
<i>Phyllanthus niruni</i>	1%	3%	1%		1%
<i>Eleusine indica</i>		1%		4%	
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	18%		1%		3%
<i>Commelina diffusa</i>	2%	7%	1%		
<i>Portulaca oleraceae</i>	1%				2%

<i>Mimosa pudica</i>	2%		1%		1%
Σ	26%	11%	5%	12%	8%
Porcentaje total	12%				

Tabla 16. Tercer muestreo de Cobertura vegetal (%) realizado en la parcela

Porcentaje de Cobertura					
Especie	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
<i>Chloris radiata</i>	3%		1%		2%
<i>Achyranthes velutina</i>		2%	3%		
<i>Phyllanthus niruni</i>			1%		1%
<i>Torulinium odoratum</i>	2%				
<i>Cynodon nlemfuensis</i>			1%	1%	1%
<i>Commelina diffusa</i>	2%				
<i>Echinochloa colona</i>	1%		2%		
Σ	6%	2%	8%	1%	4%
Porcentaje total	4%				

Durante el primer muestreo de cobertura vegetal en la parcela, se obtuvo un 29%/m² de cobertura el cual fue obtenido mediante un muestreo en zigzag de 5 puntos diferentes promediados. En el segundo muestreo se obtuvo un total de 12%/m² de cobertura vegetal en la parcela. En el último muestreo realizado se obtuvo el resultado de 4%/m² de cobertura vegetal (figura 10).

Según el (INIFAP 2019) una cobertura del suelo del 30% mediante cultivos y residuos de cosecha en áreas agrícolas con labranza de conservación puede reducir hasta en un 80% la pérdida de suelo por erosión debido a que la cobertura vegetal protege el suelo de la acción directa del agua y el viento, minimizando la erosión y mejorando la infiltración de agua, la humedad y enriquece la materia orgánica del suelo.

La máxima frecuencia de especies (figura 11) fue 3 apariciones de un total de 4 especies diferentes como lo es la *Chloris radiata*, *Commelina difusa*, *Cynodon nlemfuensis*, *Cynodon nlemfuensis*. Otras 4 especies fueron identificadas con un total de 2 apariciones en los muestreos, como lo es el caso de *Achyranthes velutina*, *Eleusine indica*, *Mimosa púdica* y *Portulaca oleraceae*. Por último, 4 especies encontradas con una sola aparición en los diferentes muestreos realizados como son *Echinochloa colona*, *Melampodium divaricatum*, *Panicum dichotomiflorum* y *Torulinium odoratum*.

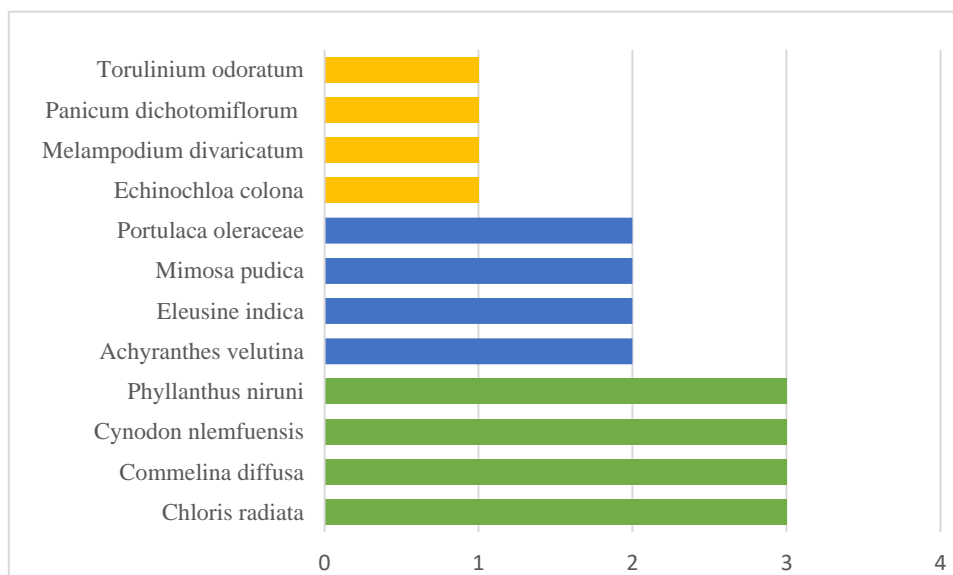


Figura 19. Especies con mayor frecuencia en los muestreos

5.3. Analizar la salud de los cultivos de acuerdo a los diferentes estados fenológicos de las plantas.

5.3.1. Grados brix en los cultivos de Maíz (*Zea mays*)

Tabla 17. Muestreos semanales de grados Brix en plantas de Maíz (*Zea mays*) realizados en el Sistema MIAF.

Toma de Grados Brix en Maíz del Sistema MIAF							
Semanas	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7
Primera Semana 12 de abril	12	9	8	6.2	8	9	9
Segunda Semana 19 de abril	5.3	6.5	7	6	7	6	6
Tercera Semana 26 de abril	7.5	6	5	7.5	5.2	5	6
Cuarta Semana 3 de mayo	12.5	14	13.6	11	13.6	12.5	13
Quinta Semana 10 de mayo	11	12.2	10	13	11.5	10	11
Promedio Semanal	9.66	9.54	8.72	8.74	9.06	8.5	9.04
Promedio Total	9.04						

Tabla 18. Muestreos semanales de grados Brix en plantas de Maíz (*Zea mays*) realizados en cultivo de Convencional presente en la Finca.

Toma de Grados Brix en Maíz en Cultivo Convencional							
Semanas	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7
Primera Semana 12 de abril	6	4	4.3	5	5	3	5
Segunda Semana 19 de abril	5	4.5	3	3	6	4.5	4
Tercera Semana 26 de abril	7	5	6	4	3	5	5
Cuarta Semana 3 de mayo	5.5	7	5	8	9	6.4	7
Quinta Semana 10 de mayo	8.5	8	8.5	7.7	10	9	9
Promedio Semanal	6.4	5.7	5.36	5.54	6.6	5.58	5.86
Promedio Total	5.86						

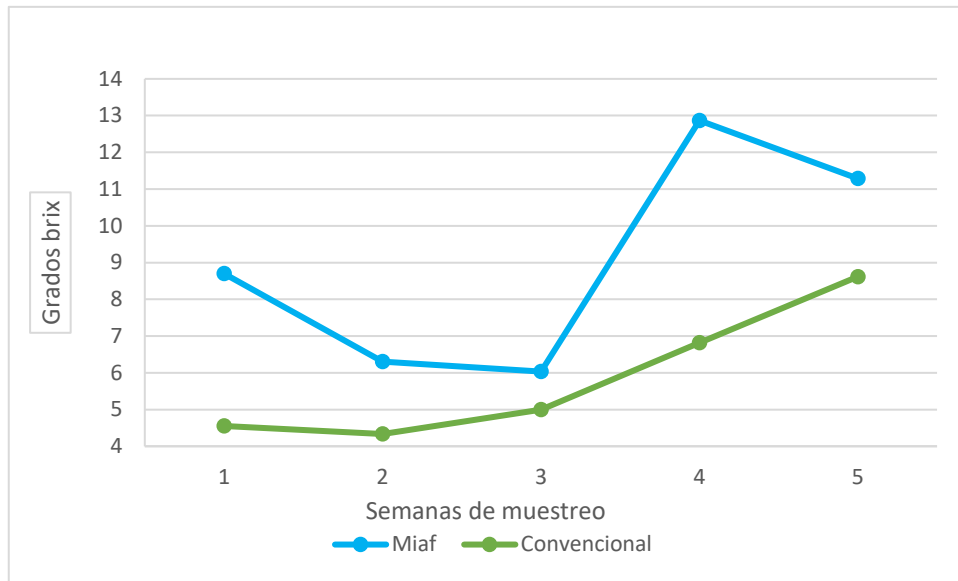


Figura 20. Grados Brix en Sistema MIAF y Maíz Convencional

Se observa en la (figura) el comportamiento de los grados brix en el sistema MIAF y en un cultivo convencional de Maíz (*Zea mays*) a lo largo de los muestreos realizados en un periodo de cinco semanas, donde dicha tendencia se puede ver influenciada por agentes externos que se presentaron en el transcurso. Se observa en la (figura 12) un comportamiento dichos muestreos, donde inicialmente el sistema MIAF desciende su promedio de grados brix y esto puede ser relacionado con el estado actual del cultivo en ese momento, ya que se encontraba bajo la incidencia de *Spodoptera frugiperda*. (Casmuz y Juárez 2010) afirman que el periodo más alto de incidencia de la plaga se presenta en la etapa vegetativa del cultivo de maíz, se ven afectados los tejidos y las hojas. Etapa en la que se desarrollaron los muestreos de grados brix.

Cuando se alimenta genera daños progresivos que generan en las plantas un tardío desarrollo en la planta (Garner 1981). (Ramírez y Mendoza 2018) en su estudio denota que el rendimiento del maíz se puede ver afectado por la incidencia de esta plaga. Queda evidenciado que el rendimiento del maíz puede ser afectado por *Spodoptera frugiperda* donde las cifras varían. (Juárez et al. 2016) afirma que puede generar 30% de pérdidas en el rendimiento y (Roberto et al. 2001) reportan entre 15 y 37%. En el cuarto muestreo en promedio de grados brix incrementaron exponencialmente de igual manera a variables

externas como las lluvias y la fertilización a base de foliares orgánicos como el MML el cual fue aplicado durante el periodo de incidencia de la plaga.

Los biofermentos son abonos foliares, que estimulan la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades (FONAG 2010). En su estudio (Pilozo y Humberto 2022) denotan que los biopreparados generan un alto nivel de repelencia en contra el gusano cogollero del maíz donde al igual que el sistema MIAF se aproxima en rendimiento de Biomasa con 1,37 kg/ha (figura), en este caso, durante este evento se aplicó de manera foliar MML el cual pudo contribuir para repeler la plaga del gusano cogollero y con esto un incremento de los grados brix y la salud de las en los últimos dos muestreos. Los fertilizantes líquidos orgánicos, como los basados en ácidos fúlvicos, puede aumentar los niveles de Brix en plantas. Estos fertilizantes mejoran la absorción de nutrientes y promueven un metabolismo más eficiente de los azúcares en las plantas (Frontiers 2021).

La parcela del sistema MIAF presenta 9 grados brix en promedio mientras que el convencional presenta 6 grados brix en promedio de todos los puntos de muestreo. (Quinones 2018) nos dice que un bajo nivel de grados brix es el peor escenario para favorecer la atracción y por ende una mayor incidencia de plagas y enfermedades lo cual genera un metabolismo lento, por lo que un contenido alto de grados brix en la planta oscila entre los 9 y 13 grados brix. Los niveles de Brix en las hojas de maíz tienden a ser más altos por la tarde debido a la fotosíntesis activa. Esto se debe a la acumulación de azúcares durante el día, que luego se redistribuyen en la planta durante la noche

Para conocer las diferencias entre ambos sistemas en estudio se elaboró una Prueba T para muestras independientes con un contraste bilateral donde se encontró que existen diferencias significativas entre el sistema de maíz convencional con 5.71 y 8.62 de media porcentual del sistema MIAF. Por lo tanto, los datos proporcionan evidencia sólida de que el sistema MIAF produce, en promedio, valores de grados Brix significativamente más altos que el sistema convencional ver (anexo).

5.4. Cuarta etapa: Analizar las variables físicas, químicas y biológicas del suelo de los sistemas en estudio.

5.4.1. Textura del suelo

De acuerdo con los análisis realizados en laboratorio la Textura del Sistema MIAF y del Área Natural es Franco Arenoso. El sistema MIAF contiene 74% de contenido de Arena, 14.5% de contenido de Limo y 11.2 de Arcilla (Figura 14). En el Área Natural contiene 76% de contenido de Arena, 14.8% de contenido de Limo y 9.2 de Arcilla (Figura 15).

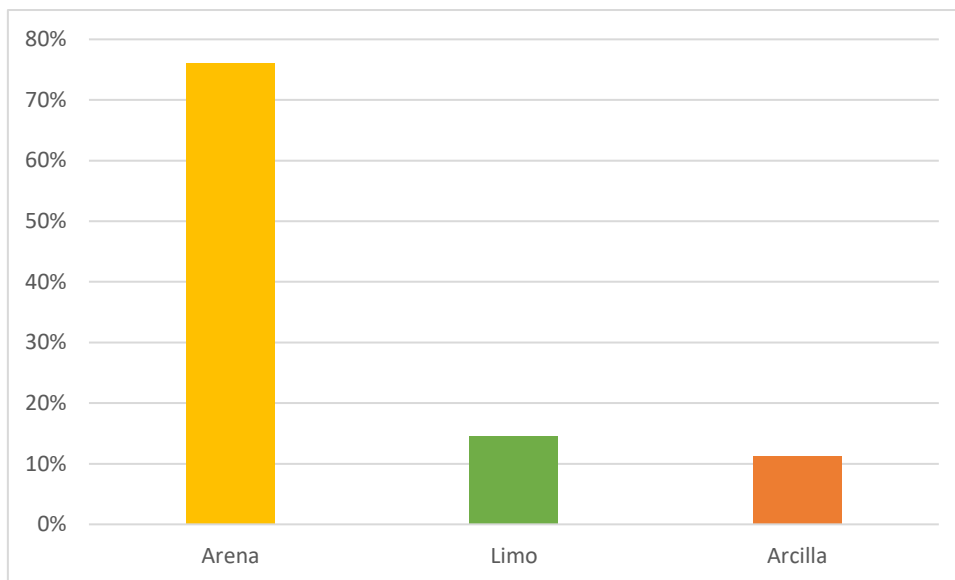


Figura 21. Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en Sistema MIAF

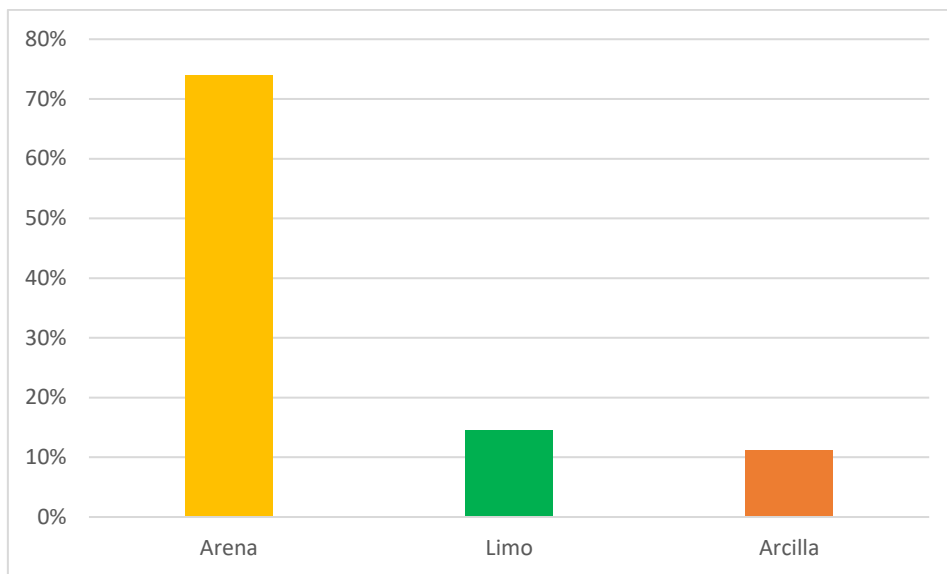


Figura 22. Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en Área Natural

5.4.2. pH, Nitrógeno (N), Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn)

pH: El pH en el área natural es de 7.27, indicando un suelo ligeramente alcalino, mientras que en el Sistema MIAF es de 6.75, lo que refleja un suelo ligeramente ácido. El pH del suelo, que en el caso del Sistema MIAF es ligeramente más ácido, puede influir significativamente en la disponibilidad de algunos nutrientes. Micronutrientes como el hierro, cobre y zinc puede aumentar, mientras que el fósforo tiende a precipitarse en formas menos disponibles para las plantas en suelos ácidos, lo que limita su absorción por las plantas (Bargaz et al., 2021; Scherer & Pfister, 2015; Havlin et al., 2013).

Materia Orgánica (MOS): La materia orgánica (MOS) presenta valores similares en ambos casos, con 2.35% en el área natural y 2.23% en el Sistema MIAF, mostrando una leve disminución en el segundo. La materia orgánica es esencial para la fertilidad del

suelo, ya que mejora la estructura del suelo, la retención de agua, y la disponibilidad de nutrientes. En el Sistema MIAF, la ligera disminución de la materia orgánica (2.23% frente a 2.35% en el área natural) podría deberse a una mayor tasa de mineralización o a la incorporación insuficiente de residuos vegetales. La literatura indica que los sistemas agroforestales, como el MIAF, pueden tener un impacto variable en la materia orgánica, dependiendo del manejo de los residuos y la composición de las especies arbóreas (Young, 1997; Baldani et al., 2002).

Nitrógeno (N): El Nitrógeno también es muy similar en ambos suelos, con 0.12% en el área natural y 0.11% en el Sistema MIAF. El nitrógeno es un macronutriente fundamental para el crecimiento de las plantas, y sus niveles similares en ambos suelos (0.11% en MIAF y 0.12% en el área natural) sugieren una dinámica de ciclo cerrado en ambos sistemas. Sin embargo, en sistemas agroforestales, la disponibilidad de nitrógeno puede estar influenciada por la presencia de especies fijadoras de nitrógeno y la gestión de los residuos (Palm et al., 2005; Manikandan y Subramanian, 2021).

Carbono Orgánico (CO): El Área Natural equivale a 1.36% mientras que en el sistema MIAF varía significativamente con 1.29%. La diferencia observada en los niveles de carbono orgánico puede explicarse por varios factores, como la tasa de descomposición de la materia orgánica, la densidad de la cobertura vegetal, y las prácticas agrícolas empleadas en cada sistema. Los suelos en áreas naturales suelen tener niveles más altos de carbono orgánico debido a la acumulación continua de materia orgánica y la menor perturbación del suelo (Gattinger et al., 2012). Por otro lado, (Don et al. 2011) el cambio de uso de la tierra en los stocks de carbono orgánico, indican que las áreas agrícolas suelen tener una reducción significativa en los niveles de carbono orgánico en comparación con los bosques o áreas naturales.

Fósforo (P): Se muestra una reducción significativa en el Sistema MIAF, con 34.44 mg/kg en comparación con los 131.64 mg/kg en el área natural. El fósforo es menos disponible en suelos ácidos, lo cual podría explicar su menor concentración en el Sistema MIAF (34.44 mg/kg) en comparación con el área natural (131.64 mg/kg). En la literatura, se ha documentado que el manejo del fósforo en suelos agroforestales requiere prácticas

específicas, como la aplicación de fuentes orgánicas de fósforo y el ajuste del pH, para mejorar su disponibilidad (Simpson et al., 2011).

Potasio (K): sigue una tendencia similar, disminuyendo de 1664 mg/kg en el área natural a 1340 mg/kg en el Sistema MIAF. La disminución podría deberse a varios factores, incluyendo la extracción de nutrientes por las cosechas, la lixiviación causada por la irrigación y el manejo del suelo. Los sistemas agrícolas, aunque sostenibles, como en el caso del MIAF, todavía pueden experimentar pérdidas de nutrientes debido a la intensificación del uso del suelo (Arriaga-Vázquez et al., 2020). (Martínez-Menes 2020) han señalado que la integración de árboles en sistemas agrícolas puede mejorar la retención de nutrientes y la estructura del suelo.

Calcio (Ca): también presenta una notable reducción, de 3929 mg/kg en el área natural a 2246 mg/kg en el Sistema MIAF. El sistema MIAF, diseñado para imitar ciertos aspectos de los ecosistemas naturales, muestra una reducción en la retención de calcio, lo que sugiere que la capacidad de este sistema para mantener la fertilidad del suelo en términos de calcio es inferior en comparación con el entorno natural. (Reyes-Reyes et al. 2020) señalan que, aunque los sistemas agroforestales pueden mejorar la estructura del suelo y aumentar la retención de ciertos nutrientes, es necesario implementar prácticas específicas de manejo, como la fertilización con enmiendas cálcicas, para mantener niveles óptimos de calcio.

Magnesio (Mg): Se muestra un dato de 405.6 mg/kg en el área natural a 234.9 mg/kg en el Sistema MIAF. Debido a que previo a la intervención del establecimiento de la parcela las condiciones puede que no hayan sido las favorables en cuanto al ciclo de nutrientes ya que los sistemas agrícolas tradicionales no incorporan adecuadamente la materia orgánica o el reciclaje de nutrientes pueden mostrar una disminución en la fertilidad del suelo con el tiempo, donde nutrientes esenciales como el magnesio, especialmente en suelos pobres o en áreas con alta precipitación suelen disminuir proporcionalmente en el suelo (Mejía 2014).

Hierro (Fe): En contraste, es más alto en el Sistema MIAF, con 245.9 mg/kg frente a 222.9 mg/kg en el área natural. El aumento del hierro en el sistema MIAF puede deberse

a varias razones, incluyendo las prácticas de manejo del suelo y la introducción de enmiendas orgánicas o minerales que podrían liberar hierro adicional en el suelo. Además, la mayor actividad microbiana en suelos manejados bajo sistemas agroforestales como el MIAF podría facilitar la movilización del hierro desde formas insolubles hacia formas más disponibles para las plantas (Albino Garduño 2014).

Manganeso (Mn): Muestra una ligera disminución en el Sistema MIAF, pasando de 146.4 mg/kg a 135.2 mg/kg en el área natural. Los sistemas agrícolas tienden a experimentar una pérdida gradual de ciertos micronutrientes debido al uso intensivo del suelo y la falta de reposición natural de estos nutrientes a través de la descomposición de materia orgánica (Salinas Sánchez 2015)

Cobre (Cu): Es más alto en el Sistema MIAF, con 5.44 mg/kg en comparación con 4.28 mg/kg en el área natural. El exceso promedio de cobre en el suelo puede perjudicar el desarrollo de las raíces, causando quemaduras en sus puntas y fomentando un crecimiento lateral excesivo. Aunque el cobre en el suelo no bloquea la entrada ni la acumulación de hierro en las partes aéreas de las plantas, sí inhibe su acumulación en los cloroplastos, lo que reduce la producción de clorofila. Como resultado, las plantaciones agroecológicas no prosperan adecuadamente si no se controlan estos niveles elevados de cobre en el suelo (Alvaro Cordero 1979).

Zinc (Zn): Según el análisis, significativamente es menor en el Sistema MIAF, con 3.49 mg/kg frente a 6.93 mg/kg en el área natural. En los sistemas agrícolas, el zinc es uno de los micronutrientes que tiende a reducirse más rápidamente debido a la explotación intensiva del suelo sin una reposición adecuada de micronutrientes (Ordóñez 2021). (Fonteyne 2020) sugiere que en sistemas agrícolas la incorporación de prácticas de manejo que incluyan la fertilización con zinc o la rotación de cultivos que movilicen este micronutriente es crucial para mantener la fertilidad del suelo y la salud de las plantas en sistemas agroforestales.

Tabla 19. Resultados del Análisis de Suelo en Laboratorio

Área natural		Sistema MIAF	
pH	7.27%	pH	6.75%
MO	2.35%	MO	2.23%
N	0.12%	N	0.11%
CO	1.36%	CO	1.29%
P	131.64 mg/kg	P	34.44 mg/kg
K	1664 mg/kg	K	1340 mg/kg
Ca	3929 mg/kg	Ca	2246 mg/kg
Mg	405.6 mg/kg	Mg	234.9 mg/kg
Fe	222.9 mg/kg	Fe	245.9 mg/kg
Mn	146.4 mg/kg	Mn	135.2 mg/kg
Cu	4.28 mg/kg	Cu	5.44 mg/kg
Zn	6.93 mg/kg	Zn	3.49 mg/kg

5.4.3. Macrofauna del suelo

Como se puede observar en la (tabla 17) la macrofauna total encontrada en los suelos de cada sistema en estudio donde se demuestra que en el sistema MIAF se encontró un total de Riqueza de 8 especies y con una abundancia de 64 individuos. De igual forma en el Área Natural se encontró un total de Riqueza de 9 especies y con una abundancia de 61 individuos. El sistema MIAF presentó un Índice de Shannon de 1.878 y en el Área Natural de 1.958. Las hormigas y las lombrices de tierra son las que más predominan con mayor frecuencia en estos sistemas.

La actividad de la macrofauna, especialmente la de las lombrices de tierra, es fundamental para la formación de agregados del suelo. Estos organismos mueven grandes cantidades de tierra a través de sus túneles y excrementos, lo que mejora la aireación y la infiltración de agua en el suelo. Este proceso no solo evita la compactación, sino que también ayuda a mantener un entorno adecuado para el crecimiento de las raíces de las plantas (Lavelle et al., 2006). La macrofauna del suelo descompone la materia orgánica, como hojas caídas y raíces muertas, transformándola en humus y liberando nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, y potasio en formas que las plantas pueden absorber. Esta función es vital para mantener la fertilidad del suelo y para asegurar que los nutrientes se reciclen dentro del ecosistema, apoyando el crecimiento continuo de las plantas (Brussaard et al., 2007).

La presencia de una macrofauna diversa puede ayudar a regular las poblaciones de plagas y patógenos en el suelo. Por ejemplo, algunos escarabajos y hormigas depredan sobre larvas de insectos plaga, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos. Además, la actividad biológica intensa puede suprimir patógenos del suelo al competir por recursos o al producir compuestos antimicrobianos (Blouin et al., 2013).

La actividad de los organismos de la macrofauna, como las lombrices, mejora la capacidad del suelo para retener agua. Los túneles que crean permiten que el agua penetre más profundamente en el suelo, lo que es particularmente beneficioso en áreas propensas a la sequía. Esta mayor infiltración también reduce la escorrentía superficial, disminuyendo el riesgo de erosión del suelo (Decaëns et al., 2008).

Tabla 20. Tabla de Macrofauna de Riqueza y Abundancia de especies presentes en cada uno de los sistemas.

Especie	MIAF	Área Natural
Arañas	2	4
Ciempíes	5	6
Ronrrones	4	4
Zompopos	5	4
Gallina Ciega	4	2
Hormigas	10	9
Lombrices	18	16
Milpiés	8	6
Caracoles	0	1
Total de riqueza	8	9
Total de abundancia	64	61
Índice de Shannon	1.878	1.958

VI. CONCLUSIONES

El diseño del Sistema MIAF adaptado a las condiciones locales y al conocimiento tradicional en la comunidad de El Perico demostró ser una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos. A través de la integración de árboles frutales con cultivos tradicionales como el maíz y el frijol y ayote, se apuesta a una mejor conservación del suelo y un aumento en la agrobiodiversidad, lo que se traduce en un mayor rendimiento y resiliencia ante las condiciones climáticas adversas.

El análisis de las variables agroecológicas dentro del Sistema MIAF reveló que este sistema promueve una buena cobertura vegetal lo que genera una buena una mejor gestión de la materia orgánica en el suelo. La Biomasa producida del Maíz denota que la producción de este en verano sin la logística adecuada puede generar rendimientos bajos por las condiciones climáticas y actividades imprescindibles como el riego.

Los resultados de la salud de las plantas indicaron que las prácticas implementadas en el Sistema MIAF, como lo es la fertilización orgánica, mejoraron significativamente la salud de los cultivos durante sus diferentes fases fenológicas en comparación a los cultivos bajo manejo convencional, lo que indica una mayor concentración de azúcares y nutrientes en las plantas, sugiriendo un mejor estado general de los cultivos comparado con sistemas convencionales.

El análisis de las variables del suelo mostró que el Sistema MIAF demostró las características y componentes edáficos representativos de la zona donde los resultados de los análisis de suelo reflejan un manejo específico de los nutrientes, mostrando niveles adecuados de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y otros elementos esenciales. Estos niveles se encuentran dentro de los rangos considerados óptimos para la productividad

agrícola, lo que sugiere que el sistema podría estar proporcionando un entorno favorable para el crecimiento de los cultivos. Se espera que a largo plazo la parcela del Sistema MIAF imite las condiciones edáficas y en flujo de energía a un sistema natural saludable.

VII. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones planificar el establecimiento de este tipo de sistemas con actores claves en la comunidad que cuenten con la logística adecuada para llevar a cabo un proceso de investigación de dicho alcance. Debido a las condiciones climáticas y sociales de la zona se complica de manera significativa por el tema del acceso de los recursos.

Se recomienda extender la investigación en la zona para constatar los posibles aportes del Sistema MIAF evaluando nuevas variables agroecológicas e indicadores de sostenibilidad para constatar sus resultados a largo plazo.

Seguir evaluando el desarrollo y estado de los cultivos mediante la toma de grados brix tomando en cuenta variables externas como la aplicación de productos de fertilización o agentes climáticos los cuales interfieren directamente en este aspecto, para la obtención de datos más precisos.

Realizar a largo plazo más análisis de suelo en la parcela donde se estableció el sistema MIAF para constatar los aportes directos en las diferentes propiedades del suelo, ya que el análisis realizado nos deja ver cual es su condición actual, donde se refleja un suelo de uso agrícola convencional.

Se recomienda fortalecer en la comunidad el tema de la gestión de los recursos hídricos y promover tecnologías apropiadas en base al riego, el aprovechamiento y almacenaje de agua.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino Garduño, R. (2014). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol. Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://193.122.196.39:8080/xmlui/handle/10521/2416>
- Alvarado, J., & Porras, A. (2020). Agricultura sostenible y seguridad alimentaria. DOI:10.1007/s12345-020-1234-5.
- Alvaro Cordero, GR. 1979. ACUMULAMIENTO DE COBRE EN LOS SUELOS DEL PACIFICO SUR DE COSTA RICA Y SUS EFECTOS DETRIMENTALES EN LA AGRICULTURA (en línea). Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar 6(August):128. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n01_063.pdf.
- Altieri, M. (2002). AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. s.l., s.e., vol.II. 20 p.
- Aguirre, G. (2007). Conocimiento Tradicional de los Pueblos Indígenas de México y Recursos Genéticos.
- Arevalo, K. (2024). ¿Qué es el Corredor Seco de Centroamérica y cómo afecta la vida de las personas? (online). s.l., s.e.; 30 May. Disponible en <https://www.vozdeamerica.com/a/como-se-vive-en-corredor-seco-de-centroamerica-y-cual-es-impacto-en-habitantes/7633056.html>.
- Arturo, G., Carral, T., Baca, I.S. (2020). Saberes tradicionales locales y el cambio climático global Resumen. :1917-1928.

- Arriaga-Vázquez, A. M., & Martínez-Menez, M. R. (2020). *Propiedades químicas y biológicas de los suelos en milpa intercalada con árboles frutales*. Terra Latinoamericana. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792020000400465&script=sci_arttext
- Arriaga-Vázquez, A. M. (2019). *Dinámica de la materia orgánica, microorganismos y propiedades hidrológicas de los suelos en el sistema milpa intercalada con árboles frutales*. Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3998>
- Baldani, J. I., Reis, V. M., & Baldani, V. L. D. (2002). A brief history of nitrogen fixation in sugarcane—reasons for success in Brazil. *Functional Plant Biology*, 29(4), 417-423.
- Barrett, R., Hoffman, L., Scott, S., Rice, T., Samples, O. (2023). The community engagement course and action network: strengthening community and academic research partnerships to advance health equity. (June):1-9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1114868>.
- Bargaz, A., et al. (2021). Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. *Microbiological Research*, 252:126842.
- Blouin, M., et al. (2013). "A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services." *European Journal of Soil Science*, 64(2), 161-182.
- Brussaard, L., et al. (2007). "Biological processes in soil: Global significance." *Ecological Economics*, 64(2), 292-302.
- Burgos, A., Armero, H., Somarriba, E. (2008). Árboles frutales en los campos agrícolas de las fincas indígenas de Talamanca, Costa Rica. :21-25.

Camas Gómez, R., Turrent Fernández, A., Cortes Flores, J. I., Livera Muñóz, M., González Estrada, A., Villar Sánchez, B., López Martínez, J., Espinoza Paz, N., Cadena Iñiguez, P. (2018). Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(2):231-243. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1459>.

Canché, G. (2022). La milpa maya y su contribución a la soberanía alimentaria. :5-38.

CASAFE. (2015). Buenas Prácticas Agrícolas: Directivas y requisitos para cultivos intensivos. Red de buenas prácticas agrícolas :1-55.

Casmuz, A., Juárez, M. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (en línea). *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina* ... 69(3-4):209-231. Disponible en [http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Revisión+de+los+hospederos+del+gusano+cogollero+del+maíz+,+Spodoptera+frugiperda+\(+Lepidoptera+:+Noctuidae+\)#0](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Revisión+de+los+hospederos+del+gusano+cogollero+del+maíz+,+Spodoptera+frugiperda+(+Lepidoptera+:+Noctuidae+)#0).

Corrales-Suastegui, A; Fuentes-Franco, R; Pavia, EG. 2020. The mid-summer drought over Mexico and Central America in the 21st century. *International Journal of Climatology* 40(3):1703–1715. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6296>.

Cortés, J., Turrent, A. (2012). La Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) Tecnología multiobjetivo para el desarrollo de la agricultura en laderas. (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://www.colpos.mx/cp_pdf/casos-de-exito/2021/cde_diciembre2021.pdf.

Decaëns, T., et al. (2008). "The impacts of macrofauna on soil properties and processes." *Encyclopedia of Ecology*, 237-243.

Deras, H. (2012). Guía Técnica El cultivo del maíz. Guia Tecnica, El Cultivo Del Maiz 1:40.

- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O’Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6, 508-513. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nclimate2941>
- FAO. (2011). Marco estratégico de mediano plazo de cooperación de la FAO en Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe.
- FAO. (2022). El camino hacia sistemas agroalimentarios transformadores en Europa y Asia central: medidas regionales para aplicar el Marco estratégico de la FAO para 2022-2031.
- FONAG. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana.
- Fonteyne, S. (2020). *Producción de maíz rentable y sustentable*. CIMMYT. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/21235/63272.pdf?sequence=1>
- Fornaris Rullán, G. J. (2012). Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza. Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla (Publicación 156):156.
- Fournier, L. A. (1981). Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agronom. Costarr* 5(2):141-147.
- García, F., Correndo, A., Calvo, N. R., Monzon, J. P., Ciampitti, I., Salvagiotti, F. (2023). Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz. s.l., s.e. 183-486 p.
- Garner, W. (1981). Fall Armyworm Leaf Consumption and Development on Florunner. :191-193.

- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., ... & Mäder, P. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), 18226-18231. Disponible en: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1209429109>
- Gietzen, R. (2016). *Abundancia Agroforestal Un manual de agricultura sintrópica*.
- Gliessman-Stephen, R. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. s.l., s.e. 229 p.
- Gómez, G. (1998). Termodinámica de sistemas. *Revista Facultad de Agronomía* 51(1):147-158.
- Gras, E. (2009). *Cosecha de Agua y Tierra*.
- Guzmán, M., & Rivera, J. (2020). *Impacto del cambio climático en la agricultura del Corredor Seco de Honduras*. Tegucigalpa: Editorial Universitaria.
- Hansen, J.W., Mason, S.J., Sun, L., & Tall, A. (2011). *Review of seasonal climate forecasting for agriculture in sub-Saharan Africa*. *Experimental Agriculture*, 47(2), 205-241. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=114e3f806399b3266634957f6e6159a88a16126b>
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (2013). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Pearson.
- Iglesias, J. M. (1999). *Sistemas De Produccion Agroforestales*. (1983).
- INIFAP. (2019). Cobertura vegetal para la conservación del suelo en pastizales (en línea, sitio web). Available at <https://www.gob.mx/inifap/prensa/cobertura-vegetal-para-la-conservacion-del-suelo-en-pastizales#:~:text=La%20cobertura%20vegetal%20en%20el,de%20desplazarse>

%20sobre%20la%20superficie.&text=En%20Coahuila%2C%20el%20sobrepastoreo%20y,cobertura%20vegetal%20en%20el%20suelo.

José Isabel Cortés F., Antonio Turrent Fernández, Prócoro Díaz V., Ernesto Hernández R., Ricardo Mendoza, Ernesto Aceves R. (2005). Manual para el Establecimiento y Manejo del Sistema (MIAF) en laderas. s.l., s.e., vol.1. p. 2-36.

Jr, B. A. (2024). The Role of Community Engagement in Urban Innovation Towards the Co-Creation of Smart Sustainable Cities (en línea). *Journal of the Knowledge Economy* (1):1592-1624. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01176-1>.

Juárez, D., Fragoso, C., Turrent, A., Ocampo, J., Sandoval, E., Ocampo, I., Ferrera, R., Hernández, E. (2008). Mejoramiento del suelo en la milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). *Suelos Vivos* (15018):1-23.

Juárez, A., Flores, M., Cerna, E., Frías, G. A., Harris, M. K., Aguirre, L. A., Landeros, J. (2016). Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. *99*(2):276-280.

Lavelle, P., et al. (2006). "Soil invertebrates and ecosystem services." *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S15.

Luedeling, E., Smethurst, P. J., Baudron, F., Bayala, J., Huth, N. I., Noordwijk, M. Van, Ong, C. K., Mulia, R., Lusiana, B., Muthuri

Lavelle, P., et al. (2006). "Soil invertebrates and ecosystem services." *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S15.

López, A., & Martínez, F. (2019). Degradación de suelos y su efecto en la productividad agrícola. San Pedro Sula: Editorial Ceiba.

- Luedeling, E., Smethurst, P. J., Baudron, F., Bayala, J., Huth, N. I., Noordwijk, M. Van, Ong, C. K., Mulia, R., Lusiana, B., Muthuri, C., & Sinclair, F. L. (2016). Field-scale modeling of tree–crop interactions: Challenges and development needs (en línea). *AGSY* 142:51-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.11.005>.
- Manikandan, A., & Subramanian, K. (2021). Recent advances in nitrogen and nano-nitrogen fertilizers for sustainable crop production: A mini-review. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*.
- Martínez, R. (2015). *Agricultura Tradicional Campesina: Características Ecológicas*. *Tecnología en Marcha* 21(3):3-13.
- Mejía, S. (2014). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): composición varietal del árbol y fertilización de durazno en condiciones de heladas. Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2437>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. s.l., s.e. 461 p.
- Orozco-vidal, J. A., Ramírez-torres, R., Segura-castruita, M. Á., & Yescas-coronado, P. (2016). Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. Nitrogen sources on growth and biomass production in maize Resumen Introducción. 7:185-194.
- Ordóñez Ovalle, J. (2021). *Evaluación agroecológica del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). Estudio de caso en Icalumtic, municipio de Chamula, Chiapas*. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/1074/mcdrr_oj-21.pdf?sequence=2

- Palm, C. A., et al. (2005). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 110(1-2), 174-184.
- Paruelo, J., & Batista, W. (1999). El flujo de energía en los ecosistemas.
- Pendergrass, A. G., Knutti, R., Lehner, F., Deser, C., & Sanderson, B. M. (2017). Precipitation variability increases in a warmer climate. *Scientific Reports*, 7(1), 17966. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-17966-y>
- Pilozo, C., & Humberto, N. (2022). APLICACIÓN DE BIOLES ENRIQUECIDOS PARA EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.), DURANTE LAS ETAPAS VEGETATIVAS “MARISCAL SUCRE.”
- Primavesi, A. (2001). MANEJO ECOLÓGICO DEL SUELO TROPICAL. 6:8.
- Qiao, X., Sai, L., Chen, X., & Xue, L. (2019). Impact of fruit-tree shade intensity on the growth, yield, and quality of intercropped wheat. :1-17.
- Quinones, S. (2018). Evaluación de la salud vegetal a través del análisis de Brix y pH en savia.
- Ramírez Ochoa, F., Chávez, H., & Fuentes, T. (2008). Guía práctica: Milpa intercalada con árboles frutales- MIAF- en sistemas agroecológicos para adaptarse al cambio climático. :282.
- Ramírez, Z. R., & Mendoza, C. (2018). Aptitud combinatoria y resistencia al daño foliar de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en germoplasma de maíz nativo de Tamaulipas. Resumen Introducción. :81-93.
- Rauscher, SA; Giorgi, F; Diffenbaugh, NS; Seth, A. 2008. Extension and Intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. *Climate Dynamics* 31(5):551–571. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0359-1>.

- Regenerate, L. (2021). GUÍA DE DISEÑO HIDROLÓGICO EN LÍNEA. :1-9.
- Reyes-Reyes, A. K., Ocampo-Fletes, I., Ramírez-Valverde, B., & Ortiz-Torres, P. S. M. (2020). *Agroforestry Systems in Mexico: A Review*. Colegio de Postgraduados. Disponible en: http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4761/Reyes_Reyes_A_K_DC_EDAR_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Roberto, P., Farias, S., Barbosa, J. C., & Busoli, A. C. (2001). AMOSTRAGEM SEQUENCIAL COM BASE NA LEI DE TAYLOR PARA LEVANTAMENTO DE *Spodoptera frugiperda* NA CULTURA DO MILHO SURVEY OF *Spodoptera frugiperda* FOR THE CORN CROP. :395-399.
- Rodríguez, P., et al. (2021). Estrategias de adaptación agrícola en zonas afectadas por sequías en Honduras. La Ceiba: Instituto de Estudios Ambientales.
- Rowhani, P., Lobell, D.B., Linderman, M., & Ramankutty, N. (2011). *Climate variability and crop production in Tanzania*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(4), 449-460. Disponible en: <http://www.taccire.sua.ac.tz/bitstream/handle/123456789/439/Climate%20variability%20and%20crop%20production%20in%20Tanzania.pdf?sequence=1>
- Sans, F. X. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16(1):44-49.
- Salinas Sánchez, R. (2015). Caracterización topográfica, física y de fertilidad de un suelo de ladera manejado con el sistema milpa intercalada con árboles frutales durante cinco años. Colegio de Postgraduados. Disponible en: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2722>
- Sarandón, S. J. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado.

- Scherer, L., & Pfister, S. (2015). Global impacts of nitrogen and phosphorus fertiliser use for major crops on aquatic biodiversity. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- SergiCaballero. (2012). Plantas fijadoras de nitrógeno (en línea, sitio web). Available at <https://www.sergicaballero.com/plantas-fijadoras-de-nitrogeno/>.
- Simpson, R. J., Oberson, A., Culvenor, R. A., & Lambers, H. (2011). Innovations in fertiliser management and root architecture. *Plant and Soil*, 349(1), 1-15.
- Soares, P., Almendra-Pegueros, R., Benítez-Brito, N., Fernández-Villa, T., Lozano-Lorca, M., Valera-Gran, D., & Navarrete-Muñoz, E. M. (2020). Sustainable food systems for healthy eating. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica* 24(2):87-89. DOI: <https://doi.org/10.14306/renhyd.24.2.1058>.
- Tapia, A. (2017). Desarrollo MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES: REVISIÓN Y ESTUDIO DE CASO. :168-185.
- Teixeira, E.I., Fischer, G., Van Velthuisen, H., Walter, C., & Ewert, F. (2013). *Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 206-215. Disponible en: <https://www.ukm.my/ipi/wp-content/uploads/2013/07/6.2013Global-hot-spots-of-heat-stress-on-agricultural-crops-due-to-climate-change.pdf>
- Turrent, A., Camas Gómez, R., & Albino-Garduño, R. (2014). La Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). Un sistema agrícola multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción. (May 2019).
- TRAGSA. Empresa de Transformación Agraria S.A. 1994. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Ulloa, J. A., Petra, M. C., Ulloa, R., Carmen, J., Ramírez, R., Blanca, I. B. Q., & Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente* 3(8):5-9.

Universidad Nacional Autónoma de Honduras. (2022). Perfil Sociodemográfico de El Triunfo, Choluteca 2022.

Vicente-Serrano, SM; Domínguez-Castro, F; Murphy, C; Hannaford, J; Reig, F; Peña-Angulo, D; Tramblay, Y; Trigo, RM; Mac Donald, N; Luna, MY; Mc Carthy, M; Van der Schrier, G; Turco, M; Camuffo, D; Noguera, I; García-Herrera, R; Becherini, F; Della Valle, A; Tomas-Burguera, M; El Kenawy, A. 2021. Long-term variability and trends in meteorological droughts in Western Europe (1851–2018). *International Journal of Climatology* 41(S1):E690–E717. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6719>.

Vallejos, M. 2020. “Capacidad de adaptación al cambio climático y dinámicas migratorias en dos comunidades del corredor seco hondureño 2018” (en línea). :96. Disponible en http://oa.upm.es/63467/1/TFm_Mara_Vallejos_Mihotek.pdf.

Wezel, A., Gemmill Herren, B., Bezner Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues Gonçalves, A., & Sinclair, F. (2020). Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición a sistemas alimentarios sostenibles. *Agronomía para el desarrollo sostenible* 40(6):1-21.

Young, A. (1997). *Agroforestry for Soil Management*. CABI.

Zoraida, G., Nyberg, J., & Saadat, S. O. (2006). Agricultura, expansión del comercio y equidad de género. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación :1-59.

Zhao, Z., Holbrook, N. J., Oliver, E. C. J., & Ballesteros, D. (2020). *Characteristic atmospheric states during mid-summer droughts over Central America and Mexico*. *Climate Dynamics*, Springer. Disponible en:

https://figshare.utas.edu.au/articles/journal_contribution/Characteristic_atmospheric_states_during_mid-summer_droughts_over_Central_America_and_Mexico/22988873/1/files/40736537.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de Biofertilizante



Anexo 2. Elaboración de Microorganismos de Montaña Liquido (MML)



Anexo 3. Elaboración de Bocashi con grupos sociales



Anexo 4. Elaboración de Biochar



Anexo 5. Diseñando en campo el Sistema Hidrológico Key Line



Anexo 6. Identificación de plantas con potencial Alimenticio





Anexo 8. Elaboración de Microorganismos de Montaña Solidos (MMS)



Anexo 9. Manejo del Sistema



Anexo 10. Resultados de Laboratorio del análisis de suelos en la parcela de establecimiento del Sistema MIAF en la comunidad El Perico el Triunfo, Choluteca

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		N° Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024				
INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS									
Información general									
Solicitante:	Pablo Flores	Identificación de la muestra:		Sistema MIAF:	El Perico, El Triunfo				
Dirección del solicitante:	El Triunfo Choluteca	Procedencia de la muestra:		Variado:					
Entregada por:	Pablo Flores	Cultivo:		N/A:					
Fecha de recepción de la muestra:	10 Mayo	Edad del cultivo:		N/A:					
Condiciones de la muestra:	Recipiente adecuado	Densidad de siembra:							
Análisis Realizados									
Análisis	Resultado	Unidad	Sodio	Resultado	Unidad	Arena	Resultado	Unidad	Interpretación Alto  Medio  Bajo 
pH	6.75		Hierro	245.9	ppm	Limo	76.0	%	
Carbono Orgánico	1.29	%	Manganeso	135.2	ppm	Arcilla	14.8	%	
Materia Orgánica	2.23	%	Cobre	5.44	ppm	Textura	9.2	%	
Nitrógeno	0.11	%	Zinc	3.49	ppm				
Fosforo	34.44	ppm	Boro	--	ppm				
Potasio	134.0	cmol/kg	Azufre	--	ppm				
Calcio	2.246	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg				
Magnesio	234.9	cmol/kg							
Recomendación									
Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1.2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos									
 Carlos Irias, MSc Jefe del Laboratorio									

Anexo 11. Resultados de Laboratorio del análisis de suelos en un Área Natural en la comunidad El Perico el Triunfo, Choluteca

UNAG UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA		LABORATORIO DE SUELOS AGRICOLAS PhD ELIO DURON ANDINO		N° Solicitud xxx	Fecha de entrega 11/11/2024				
INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS									
Información general									
Solicitante:	Pablo Flores	Identificación de la muestra:		Area Natural:	El Perico, El Triunfo				
Dirección del solicitante:	El Triunfo Choluteca	Procedencia de la muestra:		Bosque:					
Entregada por:	Pablo Flores	Cultivo:		N/A:					
Fecha de recepción de la muestra:	10 Mayo	Edad del cultivo:		N/A:					
Condiciones de la muestra:	Recipiente adecuado	Densidad de siembra:							
Análisis Realizados									
Análisis	Resultado	Unidad	Sodio	Resultado	Unidad	Arena	Resultado	Unidad	Interpretación Alto  Medio  Bajo 
pH	7.27		Hierro	222.9	ppm	Limo	74.0	%	
Carbono Orgánico	1.36	%	Manganeso	146.4	ppm	Arcilla	14.5	%	
Materia Orgánica	2.35	%	Cobre	4.28	ppm	Textura	11.2	%	
Nitrógeno	0.12	%	Zinc	6.93	ppm				
Fosforo	31.64	ppm	Boro	--	ppm				
Potasio	166.4	cmol/kg	Azufre	--	ppm				
Calcio	392.9	cmol/kg	Aluminio	--	cmol/kg				
Magnesio	405.6	cmol/kg							
Recomendación									
Métodos: K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con Mehlich 3, determinados por EAA / P: Extracción con Mehlich 3, determinado por colorimetría / pH: en agua 1.2.5 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N: 5% de M O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N, determinado por titulación / textura método Bouyoucos									
 Carlos Irias, MSc Jefe del Laboratorio									

Anexo 12. Prueba T para muestras Independientes para comparar las diferencias significativas entre los grados Brix del Sistema MIAF y Cultivo Convencional de Maíz

Resultados

Nueva tabla : 5/8/2024 - 00:52:54 - [Versión : 30/4/2020]

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Tipo de Sistema	Grados Brix	(Convencional)	(Sistema mif)	37	30	5.71	8.62	-2.90	-4.33	-1.47	0.0008	-4.09	0.0002	Bilateral