

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS
NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



**PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA
AGROSILVOPASTORIL, EN LA FINCA ESCUELA AGROECOLÓGICA DORA SORTO,
GUACOTECTI, CABAÑAS**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE

Br. Krissia Pamela Soriano Hernández

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE**

Ingeniera Agroindustrial

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2022

Esta investigación fue realizada bajo la dirección del Comité de Investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de

Ingeniera Agroindustrial

Comité de Tesina

Título y nombre completo

Tutor de Tesina

Ing. Agr. M.Sc. Carlos Armando Villalta Rodríguez

Título y nombre completo

Co- Tutor de la Tesina

Ing. Agr. Juan Ricardo Vargas Estrada

Ing. M. Sc. José Mauricio Tejada Ascencio
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. Agr. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Coordinador de Procesos de Graduación
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

1. DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más, y porque a lo largo de este camino académico me ha dado la fuerza y sabiduría para llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Maritza Hernández de Soriano y Carlos Humberto Soriano, por ser mi inspiración y el pilar más importante de mi vida para seguir adelante, quienes, con su amor, paciencia, y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo del esfuerzo y la valentía, de no temer a las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

A mi hermano Luis Enrique Soriano por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, y por estar conmigo en todo momento, gracias.

Finalmente dedico este proyecto en memoria de mis abuelitas María Esperanza Hernández y Blanca Aracely Cárdenas quienes ya partieron a la presencia de Dios, pero siempre las llevo presentes en mi mente y corazón.

2. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo este camino y darme la fuerza para superar todos los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi querida Universidad de El Salvador y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Mi gratitud también es para mí asesor Ing. M.Sc. Carlos Armando Villalta por su tiempo y esfuerzo y por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría.

A los Ing. M.Sc. José Mauricio Tejada, Ing. Gerardo Marroquín, Ing. Juan Vargas, por su apoyo incondicional durante todo este proceso, en la fase de campo y laboratorio sin su ayuda no hubiese sido posible culminar estas etapas y por su capacidad para guiarme, y por su invaluable aporte, no solamente en el desarrollo de esta investigación, sino también en mi formación como profesional.

Y un especial agradecimiento a ADES Santa Marta por abrirme las puertas, para poder desarrollar mi investigación.

3. ÍNDICE GENERAL

Contenido

1.	DEDICATORIA	3
2.	AGRADECIMIENTOS	4
3.	ÍNDICE GENERAL.....	5
I.	INTRODUCCIÓN	8
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
III.	OBJETIVOS	10
3.1	Objetivo general.....	10
3.2	Objetivos específicos	10
IV.	ESTADO DEL ARTE.....	11
4.1	Sistemas Agrosilvopastoriles en El Salvador:.....	11
4.2	Sistemas Agrosilvopastoriles en otros países:.....	12
V.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
5.1	Agroecología.....	13
5.2	Principios de agroecología:	13
5.3	Importancia de la Agroecología:	14
5.4	Sistema Agrosilvopastoril:	14
5.5	Importancia de un Sistema Agrosilvopastoril:	14
5.6	Objetivos de un Sistema Agrosilvopastoril:.....	15
5.7	Principios básicos de los Sistemas Agrosilvopastoriles	15
5.8	Arreglos de los Sistemas Agrosilvopastoriles:.....	16
5.8.1	Bancos forrajeros:	16
5.8.2	Pastura en callejones:	16
5.8.3	Árboles y arbustos dispersos en potreros:.....	17
5.8.4	Pastoreo en plantaciones forestales y frutales:.....	17
5.8.5	Cercas vivas:	17
5.8.6	Cortinas rompeviento y barreras vivas:.....	18
5.9	Especies para un Sistema Agrosilvopastoril:	18
5.9.1	Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	19
5.9.2	Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)	20
5.9.3	Pasto de corte (<i>King grass</i>)	21
5.9.4	Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	22
5.9.5	Cratylia (<i>Cratylia argentea</i>).....	23
5.9.6	Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	24
VI.	METODOLOGÍA	25
6.1	Ubicación del estudio: Cartografía del sitio de estudio, coordenadas y elevación.	25

6.2	Materiales, instrumentos y equipo de investigación	26
6.2.1	Tipo de investigación:	26
6.3	Metodología de oficina:	26
6.3.1	Elaboración del proyecto de investigación:	26
6.4	Metodología de Campo:	26
6.4.1	Muestreo de suelos	26
6.4.2	Área y perímetro:	27
6.5	Recolección de datos agroecológicos de la finca:	27
6.5.1	Puntos de muestreo:	27
6.5.2	Coordenadas:	27
6.5.3	Textura:	27
6.5.4	pH:	28
6.5.5	Profundidad:	28
6.5.6	Pedregosidad y afloramiento:	28
6.5.7	Pendiente (%):	28
6.5.8	Densidad:	28
6.5.9	Infiltración (Método rápido de cilindro):	28
6.5.10	Evaluación visual del suelo:	29
6.6	Fase de laboratorio:	29
6.6.1	Análisis de densidad:	29
6.6.2	Textura por Bouyoucos	29
6.6.3	Análisis cromatológico	30
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
7.1	Análisis cromatográfico del suelo	37
7.1.1	Área plana (Gran Escuela Agroecológica Dora Soto)	37
7.1.2	Área semiplana (Granja Escuela Agroecológica Dora Soto)	38
7.2	Interpretación de análisis de suelo, realizado en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria "Enrique Álvarez Córdova"	39
7.3	Diseño para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril	40
7.4	Lineamientos para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril	41
VIII.	CONCLUSIONES	54
IX.	BIBLIOGRAFÍA	55
X.	ANEXOS	59

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Datos agroecológicos de la Finca Escuela Dora Soto	32
Cuadro 2: Evaluación aplicando el método visual del suelo (Área plana).....	33
Cuadro 3: Evaluación aplicando el método visual del suelo (Área semiplana)	34
Cuadro 4: Determinación de textura	35
Cuadro 5: Datos para determinar la densidad del suelo	36
Cuadro 6: Determinación de densidad del suelo.....	36
Cuadro 7. Contenido de nutrientes en el horizonte superficial del suelo	39
Cuadro 8. Comportamiento de las bases, acidez e intercambio catiónico	39
Cuadro 9. Relación entre las bases.....	39
Cuadro 10: Manejo de vivero y agronómico de las especies propuestas para el establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril	44
Cuadro 11: Propuesta de área total a utilizar por cultivo y por especies para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril.....	52
Cuadro 12: Propuesta de cronograma de actividades para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril.....	53

Índice de tablas

Tabla 1: Especies indicadas para establecer un Sistema Agrosilvopastoril	18
--	----

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación Geográfica del Sitio de Trabajo.....	25
Figura 2: Análisis cromatográfico de área plana.....	37
Figura 3: Análisis cromatográfico de área semiplana	38
Figura 4: Diseño del Sistema Agrosilvopastoril	40

Índice de anexos

Anexo 1: Mapa de clases de gradiente de la pendiente, de los sitios muestreados	59
Anexo 2: Mapa de densidad, de los sitios muestreados	60
Anexo 3: Mapa de pH de los sitios muestreados	61
Anexo 4: Mapa Agrologico de la zona de estudio	62
Anexo 5: Pirámide de textura del suelo	63
Anexo 6: Análisis de suelo realizado en CENTA	64
Anexo 7: Recolección de muestra.....	65
Anexo 8: Toma de pH.....	65
Anexo 9: Ordenamiento de muestras en laboratorio	66
Anexo 10: Muestras	66
Anexo 11: Análisis cromatológico.....	67
Anexo 12: Análisis de textura por Bouyoucos.....	67
Anexo 13: Toma de datos de infiltración en campo.....	68

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrosilvopastoriles, son una combinación, de tecnologías tradicionales y modernas que se han sistematizado con el fin de ofrecer una alternativa viable, sostenible y ecológicamente a la ganadería extensiva tradicional, la cual, debido a la incompatibilidad entre las tecnologías utilizadas y el ambiente productivo está ocasionando la degradación del suelo y el avance de la frontera agrícola sobre áreas frecuentemente menos adecuadas.

Los sistemas agrosilvopastoriles se refieren al manejo integrado del conjunto de procesos productivos al interior de la unidad de producción, así como a las prácticas de conservación relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales.

El objetivo de la investigación es elaborar una propuesta que permita establecer un Sistema Agrosilvopastoril en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto en Guacotecti, Cabañas.

Por lo que se caracterizó agroecológicamente la zona de estudio, se establecieron las especies de acuerdo a los datos obtenidos en campo, y se definió la propuesta del diseño agrosilvopastoril.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto pretende aportar a la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, en el Municipio de Guacotecti, ubicado en el Departamento de Cabañas una propuesta e información para el establecimiento de Sistemas Agrosilvopastoriles para poder desarrollar una alternativa sostenible para el mantenimiento y/o recuperación del recurso suelo, así como generar una buena nutrición del ganado que se dedica a la producción de leche, carne, o doble propósito, así como a los caprinos.

El manejo inadecuado de las pasturas produce suelos debilitados y pobres, lo que hace que existan pastizales de baja calidad y muchas especies tienen problemas para su crecimiento. A esto se suma que no hay criterios de selección para un buen forraje en función a la especie para la crianza.

Por este motivo la alimentación del ganado y los caprinos es deficiente y no llega a cubrir los requerimientos nutricionales mínimos para su crecimiento, mantenimiento, y producción. Es por esta situación que se requiere de nuevas alternativas sostenibles que generen un alto contenido de nutrientes para incrementar la productividad.

Con la implementación de Sistemas Agrosilvopastoriles se pretende mejorar la gestión de la ganadería, disminuir la tasa de deforestación, mejorar el uso del suelo y restaurar tierras degradadas.

Es por esto que se genera la siguiente pregunta: ¿Será que el Establecimiento de Sistemas Agrosilvopastoriles, mejorara las propiedades y características del suelo, y aumentara la producción de leche y carne?

III.OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta para el establecimiento de Sistemas Agrosilvopastoriles en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, Guacotecti, Cabañas.

3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar agroecológicamente la zona de estudio.
2. Analizar agroecológicamente la granja escuela Dora Sorto.
3. Diseñar cada uno de los pasos a seguir para implementar un Sistema Agrosilvopastoril.

IV. ESTADO DEL ARTE

4.1 Sistemas Agrosilvopastoriles en El Salvador:

- En el 2009 se inició el Programa Bosques y Agua – Trifinio y es un esfuerzo conjunto entre la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) y la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) en la región Trifinio, área fronteriza donde colindan El Salvador, Guatemala y Honduras, formado por 45 municipios. Fue ejecutado con financiamiento del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

Con tres modelos de gestión sostenible de los recursos naturales, se demostraron diferentes formas de producir y conservar en parcelas agrícolas, pastizales y en el bosque, que resulten en mejores ganancias económicas sin perjudicar el medio ambiente, especialmente la disponibilidad y calidad del agua. Los tres modelos desarrollados por medio de este Programa son: agroforestal, silvopastoril y forestal.

Con el modelo silvopastoril: En 110 fincas ganaderas, distribuidas en tres micro zonas piloto de la Región Trifinio, se incorporó tecnologías silvopastoriles de división de potreros usando cercas vivas, siembra de pasto mejorado, la instalación de bancos forrajeros y ensilaje, para disponer de alimentos adecuados para el ganado en la época seca.

El Programa trabajo con aliados locales y regionales, como las unidades de medio ambiente de los municipios y mancomunidades, ONG, instituciones del Estado, organizaciones de base, y otros proyectos y programas de cooperación al desarrollo (PLAN TRIFINIO 2014).

- En el 2018 CORDES (Asociación Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador) en cooperación de familias de los Municipios y financiado por FIAES (Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador) llevaron a cabo el proyecto denominado “ESTABLECIMIENTO DE 50 HECTAREAS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES” en los Municipios de Arcatao y Nueva Trinidad, en el Departamento de Chalatenango, esto con el propósito de disminuir el deterioro de los

suelos por prácticas inadecuadas de manejo de pastos como lo son la quema de potreros y a la vez mejorar la producción de leche y carne (CORDES 2018).

- En el 2019 en el Departamento de la Libertad se lanza el proyecto ‘‘Agricultura resiliente baja en carbono en El Salvador’’ por el programa EUROCLIMA y financiado por la Unión Europea con el objetivo de informar sobre prácticas de ganadería sostenible baja en carbono donde 200 salvadoreños, mujeres y hombres dedicados a la ganadería de muy pequeña escala recibieron asistencia técnica directa, para conocer e implementar sistemas silvopastoriles (EUROCLIMA 2019).
- En el año 2014 FIAES Restauro Sistemas Productivos y Bosques con Proyectos de Compensación Ambiental para la ejecución de los proyectos se han identificaron dos sectores que necesitaban especial atención en la restauración sostenible de los recursos que proveen. Entre ellos están los sistemas agro-productivos diversos y los bosques dulces y de manglares.

Los sistemas agro-productivos se relacionan directamente con la agricultura y la ganadería sostenible, actividades que se desarrollan principalmente el corredor seco de nuestro país. Se ha contribuido al establecimiento de 375 hectáreas de sistemas agroforestales y 170 hectáreas de sistemas silvopastoriles. Se sembraron 41,622 árboles forestales y 20,240 frutales en asocio con cultivos tradicionales como café, granos básicos y actividades ganaderas (FIAES 2021).

4.2 Sistemas Agrosilvopastoriles en otros países:

Colombia:

- El proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible se implementó en el país a mediados del año 2010 promovió la integración de árboles en la producción ganadera (sistemas silvopastoriles), y la conservación de bosques nativos. Con ello se midió el impacto que tienen estas prácticas en captura de carbono, biodiversidad y usos de la tierra, adicional a las mejoras productivas.

Representó la oportunidad para mejorar la producción ganadera a través del trabajo que protege los paisajes de las fincas. El Proyecto benefició a más de 4000 familias ganaderas distribuidas en 87 municipios de cinco zonas del país (The Nature Conservancy 2021).

Panamá:

- En el año 2016 se ejecutó un proyecto silvopastoril para el establecimiento de 35 hectáreas en modalidad silvopastoril en la cuenca de río indio, específicamente en las comunidades de La Encantadita y Las Cruces, en la Provincia de Colón, en la parte baja de la cuenca.

Tuvo por objetivo establecer 35 hectáreas en sistemas silvopastoriles y su mantenimiento por un año en la parte baja de la cuenca de río indio (CANAL DE PANAMÁ 2017).

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1 Agroecología

Es una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción (FAO.2021).

5.2 Principios de agroecología:

1. Adaptar los sistemas agrícolas a los ambientes locales.
2. Valorar la salud ambiental y la salud humana.
3. Minimizar y eliminar el uso de agro-tóxicos.
4. Usar los recursos renovables y sustituir los insumos externos.
5. Conservar los recursos (suelo, agua, semillas, cultura, etc.).
6. Mejorar y mantener el contenido de la materia orgánica, los minerales y la actividad biológica del suelo.
7. Reciclar los nutrientes.
8. Manejar toda la parcela como una sola cosa.
9. Trabajar pensando también en los beneficios a largo plazo.
10. Diversificar la cantidad de especies (plantas y animales) asociando o rotando los cultivos (LAS CAÑADAS.2021).

5.3 Importancia de la Agroecología:

La Agroecología, mediante el uso de conceptos y principios ecológicos permite diseñar y gestionar un sistema alimentario sostenible, se centra en las interacciones entre plantas, animales, seres humanos y el medio ambiente. Las prácticas Agroecológicas se basan en estas interacciones, que aplica soluciones innovadoras que aprovechan y conservan la biodiversidad. Está basado científicamente en los principios relacionados con el reciclaje de la biomasa, la tierra, el ingreso de energía natural (radiación solar, aire, agua y nutrientes), la minimización de la pérdida, la mejora de la agro biodiversidad y la mejora de las interacciones biológicas en los componentes del agroecosistema (FAO.2021).

5.4 Sistema Agrosilvopastoril:

Es un ecosistema originado por la intervención del hombre, en el cual se combinan las actividades agrícolas y ganaderas en un mismo sitio (SAGARPA.Sf).

Se definen como aquella practica que combina arboles con praderas, y producción animal en un mismo sitio o potrero, con el objetivo de mejorar la productividad de los suelos y en forma sustentable (CAP.2009).

Son una opción de producción pecuaria que incluye la presencia de árboles o arbustos, interactuando con los componentes tradicionales (especies forrajeras, herbáceas, y animales), bajo un mismo sistema integral destinado a incrementar la productividad por área de manera sostenida a lo largo de los años (PROGRESA. 2015).

5.5 Importancia de un Sistema Agrosilvopastoril:

- ❖ Mejoran la disponibilidad y calidad de los alimentos en cualquier época del año.
- ❖ Permiten diversificar la producción ganadera y aumenta los ingresos y el bienestar de las familias.
- ❖ Las raíces de los árboles amarran el suelo y evitan su arrastre por las corrientes de agua durante y después de las lluvias.
- ❖ Las cortinas rompeviento reducen la erosión del suelo.
- ❖ Los árboles ofrecen sombra para el ganado.

- ❖ Las raíces de los árboles extraen nutrientes de las capas de suelo a mayor profundidad, y luego se incorporan en las capas superficiales mediante la caída de las hojas y mejoran su fertilidad.
- ❖ Protegen las fuentes de agua y ayudan a la infiltración de agua en el suelo.
- ❖ Los árboles capturan grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) (PROGRESA.2015).

5.6 Objetivos de un Sistema Agrosilvopastoril:

- ❖ Incrementar la productividad animal: Disponibilidad de follaje de alta calidad proteica y energética.
- ❖ Mejorar el uso y aprovechamiento de la finca: Diversificación de productos obtenidos dentro de la finca (Leche o carne, frutas, maderas, leña, etc.).
- ❖ Disminuir los efectos climáticos sobre los animales: Evitar las entradas de vientos muy fríos que causen problemas respiratorios a los animales.
- ❖ Mejorar la sustentabilidad del agroecosistema: reciclaje de nutrientes, incorporación de materia orgánica a los suelos.
- ❖ Contrarrestar los efectos del calentamiento global: Incorporación del carbono atmosférico al suelo (Alianza MREDD, Sf.).

5.7 Principios básicos de los Sistemas Agrosilvopastoriles

Según Solarte A; Et al... (2018). Los principios básicos que orientan su desarrollo están basados en la intensificación ecológica de la actividad productiva.

- ❖ Integrar el conocimiento local y científico.
- ❖ Aumentar y sostener la producción ganadera como la actividad productiva principal.
- ❖ Incluir la generación de otros productos (diversificación) para la seguridad alimentaria, producción de madera y leña.
- ❖ Hacer uso intensivo de las funciones naturales del agroecosistema, para la generación de servicios ambientales.
- ❖ Permitir la liberación de áreas para la conservación o restauración tanto de tierras degradadas, como de bosques y humedales.
- ❖ Fortalecer la seguridad alimentaria humana y animal.

- ❖ Incorporar en la finca medidas de adaptación y mitigación al cambio climático

5.8 Arreglos de los Sistemas Agrosilvopastoriles:

Según Navas; A. 2016. Se considera un arreglo a la forma en la que están sembrados los árboles o arbustos. Esta forma de organización depende, en cierta medida, de los objetivos o beneficios que se buscan con los árboles, aunque también está influenciada por la preferencia que tienen los productores de sembrar estas especies en las fincas ganaderas.

5.8.1 Bancos forrajeros:

Se les conoce como bancos de proteína, bancos de energía, bancos energético- proteico, es un área en el rancho donde se siembran y cultivan árboles o arbustos en bloques compactos de alta densidad, con la finalidad de maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva (proteína y digestibilidad) para suplementación animal en la época seca (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito es la obtención de grandes cantidades de follaje de alta calidad para la alimentación y suplementación animal en las épocas en las que se reduce la disponibilidad del pasto. También contribuye a mejorar el uso de los suelos, con lo que se podría reducir el área dedicada a la ganadería y reconvertir a bosques las áreas liberadas (Alianza MREDD, Sf.).

5.8.2 Pastura en callejones:

Los árboles y arbustos se establecen en hileras simples o dobles a una distancia que permita la introducción de animales o de maquinaria entre hileras. Una de las características de este diseño es que los animales consumen el follaje directamente de los árboles, se recomienda utilizar leguminosas de crecimiento rápido que soporten el ramoneo (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito es que el animal dispone de una fuente de proteína y/o energía para su consumo directo. Este sistema mejora la composición botánica de la alimentación animal, así como la temperatura en los potreros (microclima) y en consecuencia los animales pueden dedicar más tiempo al consumo del alimento (Alianza MREDD, Sf.).

5.8.3 Árboles y arbustos dispersos en potreros:

Es un sistema tradicionalmente utilizado por los ganaderos, aunque poco se sabía de los beneficios que brindan a la productividad animal. Básicamente los productores dejan crecer árboles y/o arbustos que nacen de la regeneración natural en los potreros, tales arboles se distribuyen de manera dispersa (sin ningún arreglo) (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito de este sistema es que brinda mayor confort a los animales pues la sombra de los árboles mejora el microclima en el potrero, así los animales están más cómodos y dedican más tiempo al consumo de alimento (Alianza MREDD, Sf.).

5.8.4 Pastoreo en plantaciones forestales y frutales:

Durante la etapa juvenil de plantaciones forestales o frutales es posible aprovechar los pastos que crecen junto con los árboles. Una vez que los árboles han alcanzado cierta altura y fortaleza se puede permitir al ganado el ingreso a la plantación para pastar. Las especies de árboles forestales o frutales de copa pequeña o mediana permiten el pastoreo aun con árboles adultos (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito en este sistema es la diversificación de los productos generados y ofrece beneficios importantes, como disminución y prevención de incendios forestales, el consumo del pasto por los animales disminuye el combustible (materia orgánica) acumulado debajo de los árboles y el riesgo de que prendan fuego en época seca, el reciclaje de nutrientes, el control de la erosión si como la obtención de madera, leña y frutos (Alianza MREDD, Sf.).

5.8.5 Cercas vivas:

Este sistema se conoce como cerca viva y es muy utilizado porque disminuye los costos de establecimiento y mantenimiento (reemplazo de postes muertos) del cercado. También es muy valioso pues las hileras de árboles ayudan a conectar parches de bosques fragmentados. esta función se conoce como corredor biológico, ya que las aves y mamíferos migratorios utilizan los árboles plantados en el cercado para descansar, obtener algún alimento o anidar (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito de este sistema es que sirve como fuente para los animales (ramoneo directo, y/o corta y acarreo) además, mejora la conectividad entre parches de bosques fragmentados (corredor biológico) y sirve de refugio, descanso y anidación de aves y mamíferos migratorios. También brinda beneficios económicos como la provisión de postes vivos para el establecimiento de nuevas cercas y la reducción de los costos de mantenimiento de las cercas (Alianza MREDD, Sf.).

5.8.6 Cortinas rompeviento y barreras vivas:

Este diseño busca ofrecer protección contra el viento a los animales, al pasto, y al suelo. Y debe ser diseñada en forma de varias hileras de árboles y arbustos arreglados en diferentes estratos. Siempre hay que sembrar pastos a plantas herbáceas debajo de los árboles (Alianza MREDD, Sf.).

El propósito de estos sistemas es que disminuyen la velocidad del viento y del agua y contribuyen a diversificar la producción. Entre los beneficios ambientales están: sirven de refugio para los animales, funcionan como conectores biológicos para la fauna silvestre en general, contribuyen a mejorar la belleza escénica de la finca y evitan la pérdida de nutrientes del pasto al reducir la sequedad (Alianza MREDD, Sf.).

5.9 Especies utilizadas para un Sistema Agrosilvopastoril:

Tabla 1: Especies indicadas para establecer un Sistemas Agrosilvopastoriles

	Nombre común	Nombre científico
1.	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
2.	Canavalia	<i>Canavalia ensiformis</i>
3.	Pasto de corte	<i>King grass</i>
4.	Pasto elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
5.	Cratylia	<i>Cratylia argentea</i>
6.	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>
7.	Madre cacao	<i>Gliricida sepium</i>
8.	Inga	<i>Inga edulis</i>
9.	Morera	<i>Morus alba</i>
10.	Sicahuite	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>

Fuente: Elaboración propia

5.9.1 Leucaena (Leucaena leucocephala)

Los árboles de Leucaena pueden alcanzar alturas 3- 10 metros, se podan cada 2-3 meses dependiendo de su crecimiento para reducir la competencia por la luz entre hileras y cultivos. Se utilizan sobre todo en combinación con cultivos de porte alto que compiten bien con las hileras por la luz. Las hileras de árboles, sembrados en alta densidad, funcionan como barreras vivas para controlar la erosión y proporcionan abono verde, forraje y/o leña mediante las podas (PASOLAC.1999).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Se adapta a 0- 600 metros y hasta alturas de 1200 metros sobre el nivel del mar.
- Precipitación: Crece en zonas con más de 700 mm de precipitación sin embargo prefiere zonas más húmedas.
- Temperaturas: Entre 18° C- 27° C.

Condiciones ecológicas de la finca:

- Textura del suelo: Prefiere suelos francos y franco arcillosos.
- Profundidad del suelo: Se recomienda en suelos profundos y moderadamente profundos.
- Capacidad de infiltración: Crece en suelos con buena y moderada infiltración.
- Drenaje de agua: No tolera bien suelos mal drenados.
- Presencia de piedras en la parcela: Crece modernamente bien en suelos pedregosos.
- Porcentaje de pendiente: Se recomienda en terrenos con poca pendiente.
- Acidez del suelo: No tolera bien suelos ácidos requieren de un pH de más de 5.4- 8

Usos de Leucaena:

- Es utilizada como abono verde y fijan nitrógeno, se puede elaborar ensilaje y es buena para la producción de leña debido a que crece rápidamente y el material se rompe fácilmente y presenta un alto contenido de proteína cruda entre 12- 25% un contenido de materia seca de 30% y una digestibilidad de 65- 85%, además sus hojas son ricas en minerales como calcio, fosforo y vitaminas (PASOLAC.1999).

5.9.2 Canavalia (Canavalia ensiformis)

La Canavalia es una leguminosa de ciclo semiperenne y puede sobrevivir en zonas semihúmedas unos 3-5 años. Es una planta enredadera. Existen variedades semierectas y menos agresivas. La misma variedad se hace más enredadera bajo sombra y queda más arbustiva en pleno sol (PASOLAC.1999).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Bien adaptadas a zonas de 0- 1800 metros de altura.
- Precipitación: Crece en zonas secas y húmedas entre 600- 2500 mm.
- Temperatura: Entre 16°C-27 °C

Condiciones ecológicas de la finca:

- Textura del suelo: Prefiere suelos francos, arcillosos, crecimiento moderado en suelos arenosos.
- Profundidad del suelo: Se recomienda en suelos superficiales y profundos, aunque la raíz pivotante se desarrolla mejor en suelos profundos.
- Capacidad de infiltración: Crece en suelos con buena y moderada infiltración.
- Drenaje de agua: No tolera bien suelos mal drenados.
- Presencia de piedras en la parcela: Crece modernamente bien en suelos pedregosos.
- Porcentaje de pendiente: Se recomienda en terrenos con poca pendiente.
- Fertilidad del suelo: Se adapta a suelos de baja fertilidad.
- Acidez del suelo: Prefiere suelos moderadamente ácidos a neutros. pH 4.3-8

Usos de Canavalia:

- Es utilizada como abono verde o cobertura vegetal, presenta un contenido de proteína en su follaje del 22% (PASOLAC.1999).

5.9.3 Pasto de corte (*King grass*)

En primer lugar, es una gramínea perenne originaria de África, de crecimiento es erecto y puede medir 2.5 – 3 metros de alto. En segundo lugar, su tallo se parece al de la caña de azúcar y puede alcanzar hasta 2 centímetros de diámetro. Finalmente, sus hojas son alargadas y anchas las cuales presentan una coloración verdosa clara cuando están jóvenes y verdosa oscura cuando se maduran, además presentan vellosidades poco alargadas y muy suaves (PASOLAC.1999).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Se adapta a zonas bajas y medianas en algunos casos hasta los 0- 2000 metros.
- Precipitación: Se adapta a zonas secas y húmedas con precipitaciones entre 600-3000 mm.
- Temperaturas: Entre 16° C- 27° C.

Condiciones ecológicas de la finca:

- Textura del suelo: Prefiere suelos franco arcillosos.
- Profundidad del suelo: No crece bien en suelos poco profundos.
- Capacidad de infiltración: Crece en suelos con buena y moderada infiltración.
- Drenaje de agua: No se adapta a suelos mal drenados.
- Presencia de piedras en la parcela: No se adapta bien a suelos pedregosos.
- Porcentaje de pendiente: Se adapta bien a pendientes moderadas.
- Fertilidad del suelo: Prefiere suelos fértiles, pero crece bastante bien en suelos con baja fertilidad.
- Acidez del suelo: Prefiere suelos con pH entre 5.5-7.5.

Usos de King grass:

- El contenido promedio de proteína es de un 8%, mientras que en sus hojas varía entre 8-10%, en sus tallos es de 4-5%, presenta una digestibilidad de 55-70% (PASOLAC.1999)

5.9.4 Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*)

Es una gramínea perenne cespitosa estiva de la tribu Paniceae, gigante, originaria de África tropical y húmeda, particularmente de Uganda y naturalizada en América tropical y subtropical. La mayoría de los tipos son de altos y robustos tallos (superiores a 3 metros) aunque han sido desarrollado tipos enanos. De raíces gruesas y rizomatosas, tallos cilíndricos y sólidos, folíolos lanceolados, generalmente pubescentes, que pueden alcanzar una longitud de 1.25 m. Su inflorescencia es una espiga de forma cilíndrica que se forma en el ápice de los tallos, cubierta densamente por espiguillas y en nuestras condiciones no produce semilla viable (Martínez Viloría, F, 2020).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Se adapta a zonas de 0-1800 metros.
- Precipitación: Se adapta a las condiciones tropicales y sub-tropicales, con precipitaciones de 1000 mm anuales.
- Temperaturas: Entre 17°C a 27°C.
- Acidez del suelo: Prefiere suelos con pH entre 5.5-6.5.

Calidad nutricional del pasto elefante:

Contenido de proteína oscila entre 4 – 10%, e inclusive puede ser mayor en plantas más jóvenes, pero a medida que el pasto es más viejo este contenido puede disminuir hasta tener valores de 3%. Presenta una digestibilidad 50 – 60%.

Usos de Pasto elefante:

su gran potencial forrajero en cantidad y calidad cuando manejado para utilización directa, pastoreo o como reserva, silo y eventualmente heno (Martínez Viloría, F, 2020).

5.9.5 Cratylia (*Cratylia argentea*)

La Veranera es un arbusto nativo de la Amazonía, de la zona central de Brasil y países como Perú, Bolivia y Argentina, Crece en forma de arbusto que llega a medir entre 1,5 – 3,0 metros de alto, presenta hojas trifoliadas y estipuladas con folíolos membranosos con ambos laterales asimétricos ligeramente, con abundante pubescencia en su envés (Martínez Vilorio, F, 2020).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Se adapta desde 0- 1200 metros.
- Precipitación: Se adapta a zonas con precipitaciones entre 1000-4000 mm.
- Temperaturas: Entre 18° C- 27° C.
- Acidez del suelo: Prefiere suelos con pH entre 3.8-5.9
- Capacidad de infiltración: Crece en suelos con moderada infiltración
- Textura del suelo: Prefiere suelos franco arcillosos.

Contenido Nutricional de *Cratylia*.

Tiene un alto valor nutritivo, siendo una de las especies arbustivas mejor adaptada a suelos ácidos e infértiles. Presenta un contenido de proteína cruda entre 18 – 30% y la digestibilidad de 60 – 65%.

Usos de *Cratylia argentea*

- Esta leguminosa arbustiva ayuda a aliviar las deficiencias de proteína existentes en los rumiantes que por lo general son más comunes durante la época seca debido a la alta degradabilidad de su proteína en el rumen (Martínez Vilorio, F, 2020).

5.9.6 Moringa (Moringa oleifera)

La moringa es un arbusto forrajero originario del sur del Himalaya, Nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Esta diseminado en una gran parte del planeta. En los años 1920 fue introducida en América Central para ser utilizada como una planta de uso ornamental y para implementarla como cercas vivas (Martínez Viloría, F, 2020).

Condiciones ecológicas en la zona:

- Altura: Se adapta desde 500-1800 metros.
- Precipitación: Se adapta a zonas con precipitaciones entre 1000-4000 mm.
- Temperaturas: Entre 16° C- 28° C.
- Drenaje de agua: Requiere suelos bien drenado
- Textura de suelo: Prefiere suelos francos o francos arcillosos

Contenido Nutricional del Árbol De Moringa:

Presenta un contenido de proteína en sus tallos y ramas de 9 – 11% y en sus hojas de 23 – 27%. Sus frutas y flores son ricas en Retinol y Ácido Ascórbico, mientras que sus semillas presentan niveles que superan el 30% en aceite y el contenido de proteína en su torta pueden superar el 50%. Es rica en vitamina de tipo A, B, C y minerales como calcio y potasio.

Usos del árbol de Moringa:

- Abono verde
- Alimentación de bovinos
- Cerca viva y cortinas rompeviento (Martínez Viloría, F, 2020).

VI. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación del estudio: Cartografía del sitio de estudio, coordenadas y elevación.

El proyecto se llevó a cabo en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, ubicada en el Municipio de Guacotecti, Departamento de Cabañas, con coordenadas geográficas $13^{\circ} 52' 00''$ LN, $-88^{\circ} 39' 00''$ LO, una elevación de 640 msnm, y una precipitación anual de 1800 y 2000 mm, con una temperatura mínima de 18°C y una máxima de 33°C , con un clima tropical fresco.

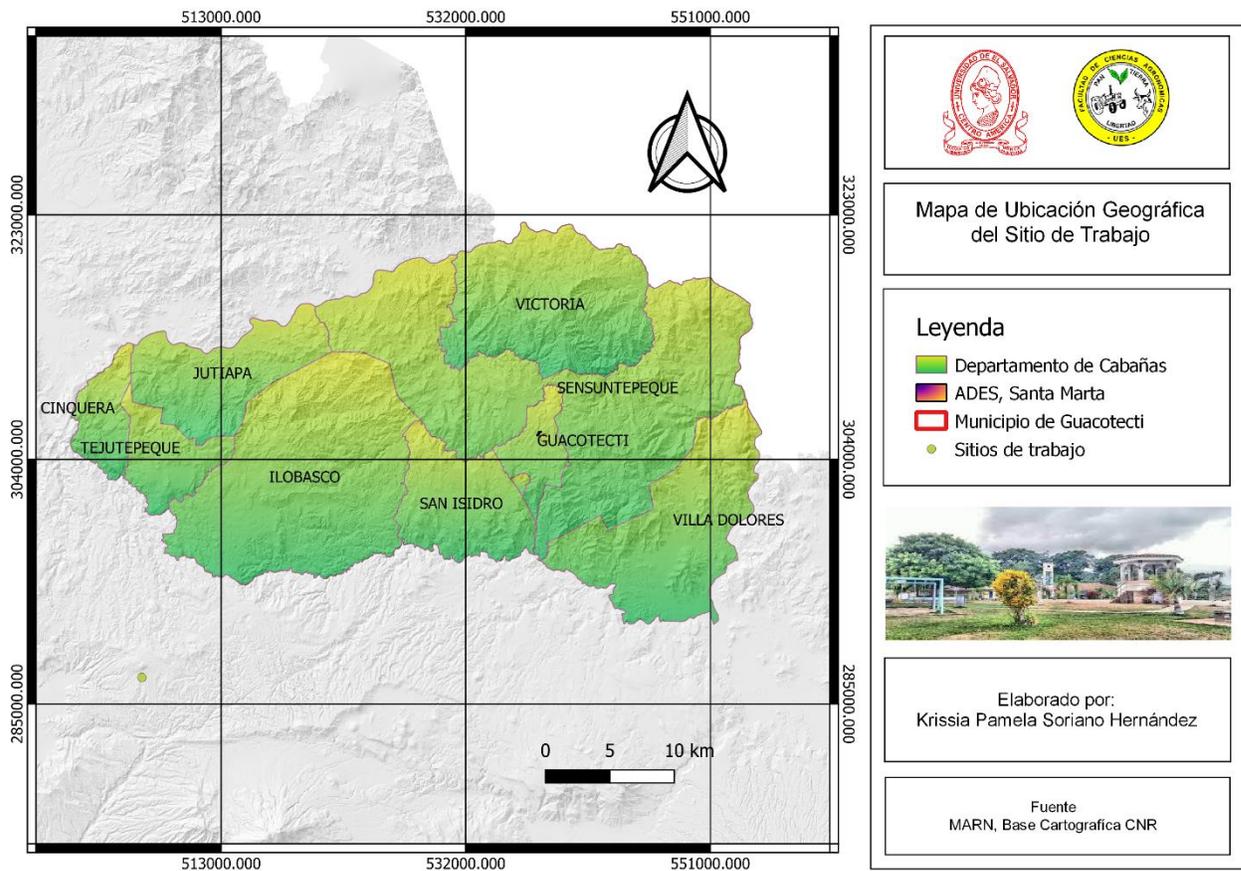


Figura 1: Mapa de ubicación Geográfica del Sitio de Trabajo

6.2 Materiales, instrumentos y equipo de investigación

6.2.1 Tipo de investigación:

Según su objeto de estudio la investigación es de campo ya que se apoyó de la recolección de datos en la Finca Escuela Dora Sorto, así como de las fuentes consultadas, para poder establecer una propuesta para el establecimiento de Sistemas Agrosilvopastoriles.

6.3 Metodología de gabinete:

6.3.1 Elaboración del proyecto de investigación:

El proyecto se realizó siguiendo el Método Científico:

- Se identificó el problema.
- Se identificaron las causas de la problemática.
- Se realizó la estructura del trabajo iniciando con:
 - La elaboración del título de investigación.
 - Planteando los objetivos del proyecto.
 - Realizando la búsqueda de información.
 - Plateando la metodología
 - Realizando la fase de campo para la recolección de datos
 - Fase de escritorio, donde se ordenó la información y se realizaron los mapas utilizando el algoritmo de Multilevel B- Spline Interpolation de SAGA GIS.

Para finalmente, establecer la propuesta del Establecimiento de Sistemas Agrosilvopastoriles, el cual servirá a la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto.

6.4 Metodología de Campo:

6.4.1 Muestreo de suelos

Este se realizó en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, se tomaron 9 puntos distribuidos en: 3 puntos en área plana y 6 puntos en el área semiplana. Las pruebas realizadas fueron: Textura, Densidad aparente, Infiltración, Pedregosidad y Afloramiento, pH, profundidad, y porcentaje de pendiente.

6.4.2 Área y perímetro:

- Se tomaron 15 puntos al azar del área donde se establecerá el sistema agrosilvopastoril.
- Con el equipo GPS se tomaron los datos de las coordenadas de latitud y longitud.
- Las coordenadas tomadas en el sitio de estudio se documentaron en una hoja de datos de Excel, representadas en grados, minutos y segundos.
- Se insertaron las coordenadas en el programa Google Earth, y realizo un polígono para exportarlo como archivo shipe de ESRI, para abrirlo en el programa Qgis.
- En el programa Qgis se definieron los puntos a muestrear y se calculó el área y perímetro en m^2 y Ha.

6.5 Recolección de datos agroecológicos de la finca:

6.5.1 Puntos de muestreo:

- Se utilizo la aplicación de MAPir para la ubicación de los 9 puntos que fueron definidos por medio del Qgis para la recolección de los datos agroecológicos de la zona.

6.5.2 Coordenadas:

- Se utilizo el equipo GPS para tomar las coordenadas de latitud y longitud de los 9 puntos muestreados.

6.5.3 Textura:

Método de determinación de textura al tacto:

- Se tomo una pequeña porción del suelo y se humedeció con agua.
- Manipulando el suelo con las manos, se formó una bola, para determinar el tipo de textura tomando en cuenta que:
 - Si al hacer un cilindro con la bola no se moldea la textura era arenosa, si al hacer un cilindro con la bola se moldea, pero al doblarlo se desmorona es franco, si al hacer un cilindro con la bola se moldea, pero doblarlo no se desmorona era arcillosa.

6.5.4 pH:

- Se tomo una pequeña muestra de suelo de los 9 puntos muestreados.
- Se colocó el suelo en un recipiente y se agregó agua destilada.
- Se mezcló la muestra durante 15 minutos, para conocer el resultado con el equipo pH.

6.5.5 Profundidad:

- Se utilizó una pala para excavar un hoyo.
- Se observaron los cambios de color y material del suelo.
- Se midió la profundidad utilizando una cinta métrica.

6.5.6 Pedregosidad y afloramiento:

- Para determinar la pedregosidad y afloramiento se realizó de manera visual.
- Se expresó en porcentaje.

6.5.7 Pendiente (%):

- Se realizó a través del mapa del sitio utilizando el programa de Qgis.
- Se determinó utilizando la guía de clasificación de suelos de la FAO.

6.5.8 Densidad:

Método del cilindro Uhland:

- Se introdujo el cilindro en el suelo hasta el borde superior.
- Se levantó y retiró el cilindro del suelo evitando tener pérdidas del suelo.
- Se removió el exceso del suelo de la muestra con una navaja siguiendo los bordes del anillo.
- Luego se colocó la muestra en una bolsa y se etiquetó.

6.5.9 Infiltración (Método rápido de cilindro):

- Con ayuda de los dedos se afirmó el cilindro o anillo, para evitar filtraciones adicionales.
- Se cubrió el anillo y la superficie del suelo con una envoltura de plástico.
- Se vertieron en el anillo recubierto de plástico 240 ml de agua.
- Posteriormente se retiró el plástico con cuidado hacia afuera, dejando el agua dentro del anillo.

- Se registro el tiempo en minutos que requiere el agua para penetrar el suelo.
- El tiempo detuvo justo cuando el agua penetro en el suelo el indicador es que la superficie se puso brillante.

6.5.10 Evaluación visual del suelo:

- Se selecciono el sitio donde se realizó la evaluación visual.
- Se excavo con una pala un cuadro de 20 cm * 20 cm * 20 cm aproximadamente.
- Se dejo caer la muestra extraída desde una altura de 1 metro.
- Se coloco el suelo en un plástico grande tendido en el suelo ubicando los terrenos grandes en un extremo y los terrones finos en otro extremo.
- Se asigno el valor o calificación visual para cada indicador.

6.6 Fase de laboratorio:

6.6.1 Análisis de densidad:

- Se ordenaron las 9 muestras obtenidas en campo.
- Se pesó la muestra de suelo húmeda total.
- Se tomó una muestra más pequeña de la muestra húmeda total y se colocaron en cajas metálicas.
- Se identificaron y se pesaron en una balanza analítica.
- Se colocaron en una estufa a 105°C y se dejaron secar por 24 horas.
- Luego se sacaron de la estufa y se pesaron para conocer la perdida de humedad que obtuvo.
- Finalmente se realizaron los cálculos para determinar la densidad aparente de cada uno de los puntos muestreados con la siguiente formula:

$$Dap \left(\frac{g}{m^3} \right) = \frac{\text{peso suelo seco (g)}}{\text{Volumen del cilindro cm}^3} \quad (2)$$

6.6.2 Textura por Bouyoucos

- Se colocaron las muestras en una caja de aluminio rotulada y pesada en una estufa de laboratorio a una temperatura de 105°C durante 24 horas.
- La muestra seca fue tamizada y pesada.
- Se tomo una muestra de 50 gramos de suelo.

- Se colocó en un beaker de 250 ml y se agregó 100 ml de hexametáfosfato al 5% y se agitó durante 5 minutos y se dejó reposar por 15 minutos.
- Luego se llevó a la batidora de suelo y se agitó por 3 minutos.
- La muestra se agregó a la probeta de 1000 ml y se aforó hasta 500 ml con agua destilada y se agitó.
- Después de agitada la muestra se aforó hasta 1000 ml y se toma la primera lectura del hidrómetro y el termómetro.
- Se dejó reposar durante 2 horas.
- A la hora con 59 segundos se coloca en la probeta el hidrómetro y el termómetro y se realiza la segunda lectura de ambos.
- Se determinó la textura de cada punto con la pirámide de textura del suelo (ver anexo 4).

6.6.3 Análisis cromatológico

Preparación del suelo:

- Se dejó secar las muestras del suelo al aire por 24 horas.
- Se homogenizaron los 3 puntos del área plana y los 6 puntos del área semi plana para obtener una sola muestra de cada área.
- Se trituraron la muestra de suelo seco con un rodillo.
- Se tamizó con un tamiz de 2 mm.
- Se pesaron 5 gramos del suelo en una balanza analítica, y se depositaron en un Erlenmeyer de 250 mm.
- Se adicionaron al Erlenmeyer con el suelo, 50 cc de soda caústica.
- Luego se agitó siete veces a la izquierda, y siete a la derecha, a los 0 minutos, 15 minutos, y 60 minutos.
- Se dejó en reposo durante 6 horas.
- Al pasar las 6 horas, se tomó con una jeringa procurando no provocar turbidez del sedimento de suelo y luego se colocó el líquido en la caja Petri preparada.

Preparación de papel filtro:

- Con un círculo de papel filtro de número 4 se elaboró un patrón con una aguja o alfiler.
- Con una regla, se marcó el centro del círculo, y se marcó con lápiz 4 cm y 6 cm desde el centro.
- En la marca central se abrió un agujero con un perforador.
- Se cortó papel filtro de un tamaño de 2 x 2 cm de lado y se enrolló.

Impregnado de papel filtro con nitrato de plata:

- Se preparó la caja Petri en el cual se colocó otro recipiente que contenía el nitrato de plata.
- Luego se colocó el papel filtro sobre la solución, procurando que la mecha quedara en contacto con la solución de nitrato de plata.
- Se dejó impregnar de solución hasta la marca de 4 cm.
- Luego se retiró el papel filtro, procurando no tocar el área mojada, y se quitó la mecha con cuidado.
- Posteriormente se colocó el papel impregnado entre dos pedazos de papel toalla y luego entre dos hojas de papel bond.
- Se dejó en una cámara oscura evitando el contacto con la luz y dejándolo secar por 8 horas.

Análisis de la muestra:

- Se colocó líquido sobrenadante del suelo que reposó por 6 horas en una caja Petri extraído con una jeringa, y al igual que el impregnado del papel filtro con nitrato de plata.
- Se impregnó el papel con la solución líquida del suelo, y se esperó que llegara hasta la marca de 6 cm.
- Posteriormente se retiró de la caja Petri, y se quitó la mecha, y se dejó secando.
- Se analizaron los resultados.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 1: Datos agroecológicos de la Finca Escuela Dora Sorto

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR								
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS								
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE								
Hoja de recolección de datos agroecológicos de FINCA ESCUELA DORA SORTO								
Datos generales del lugar: Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto								
Rango altitudinal:			640 msnm		Fecha:		25- junio- 2021	
Precipitación anual acumulada:			1800- 200 mm		Responsables:		Pamela Soriano	
Humedad relativa promedio anual:			82% aproximadamente					
Punto	Coordenadas	Textura	pH	Profundidad	Densidad	Pedregosidad Afloramiento	Pendiente	Infiltración
1 (163)	13°52'32.3'' N 88°39'12.0'' O	Arcilloso	4.9	20 cm=A	1.08	P= 0% A= 5%	Clase 9 30-60%	13 min. 55 s.
2 (165)	13°52'34.0'' N 88° 39'12.6'' O	Arcilloso	6.08	30-35 cm= A	0.91	P= 0% A= 1%	Clase 7 10-15%	8 min. 04 s.
3 (167)	13°52'35.1'' N 88° 39'11.3'' O	Arcilloso	5.6	3-5 cm= A	1.28	P= 40% A= 20%	Clase 6 5-10%	17 min. 45 s.
4 (190)	13°52'34.29'' N 88°39'07.69'' O	Arcilloso	4.8	23 cm	0.96	P= 40-60% A= 10%	Clase 7 10-15%	3 min. 27 s
5 (191)	13°52'37.7'' N 88°39'05.4'' O	Arcilloso	5.59	25 cm	1.62	P= 10-15% A= 1%	Clase 7 10-15%	1 min. 30 s.
6 (192)	13°52'38.3'' N 88°39'00.5'' O	Arcilloso	4.99	17 cm	0.95	P= 30-35% A= 20%	Clase 8 15-30%	10 min. 23 s.
7 (193)	13°52'38.8'' N 88°38'59.1'' O	Franco Arcilloso	4.82	31 cm	1	P= 20-25% A= 1%	Clase 7 10-15%	1 min. 13 s.
8 (194)	13°52'36.1'' N 88°39'03.1'' O	Franco Arcilloso	5.22	47 cm	0.84	P= 1-5% A= 1%	Clase 8 15-30%	1 min. 52 s.
9 (195)	13°52'31.4'' N 88°39'08.3'' O	Arcilloso	5.5	30 cm	0.84	P= 65-70% A= 30-35%	Clase 9 30-60%	2 min. 05 s.

Cuadro 2: Evaluación aplicando el método visual del suelo (Área plana)

AREA PLANA					
Uso del suelo:	Finca Escuela				
Departamento:	Cabañas	Municipio:	Guacotecti		
Finca/lote:	Dora Sorto	Fecha:	25/ 06/ 21		
Coordenadas:	13°52'00''	88°39' 00'' W			
Tipo de suelo:					
Textura:	Arenoso		Arcilloso	X	Franco
Humedad:	Seco		Lig. Húmedo	X	Húmedo
Clima:	Invierno	X	Verano		Canícula
Indicadores:	Calificación		Factor		Valor/ indicador
	0: Pobre				
	1: Moderado				
	2: Bueno				
Textura	0.5		X3		1.5
Estructura y consistencia	1.5		X3		4.5
Porosidad	2		X2		4
Color	1.5		X2		3
Moteado	2		X1		2
N° lombrices	0.5		X2		1
Compactación	2		X1		2
Cobertura	2		X3		6
Profundidad	0.5		X3		1.5
Total					25.5
Índice de calidad del suelo (Suma de valores)					
Interpretación calidad de suelos					Puntos
Suelo pobre					<10
Suelo moderado					10-25
Suelo bueno					>25

Análisis:

La evaluación visual realizada en el área plana en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto dio un total de 25.5 puntos y según el índice de calidad se clasifica en un suelo bueno y según la FAO es un suelo fértil ya que su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces, contienen los nutrientes que la vegetación necesita ya que es capaz de absorber y retener el agua conservándola disponible para que las planta la utilicen.

Cuadro 3: Evaluación aplicando el método visual del suelo (Área semiplana)

AREA SEMIPLANA					
Uso del suelo:	Finca Escuela				
Departamento:	Cabañas	Municipio:	Guacotecti		
Finca/lote:	Dora Sorto	Fecha:	16/07/21		
Coordenadas:	13°52'00''	88°39' 00'' W			
Tipo de suelo:					
Textura:	Arenoso		Arcilloso	x	Franco
Humedad:	Seco		Lig. Húmedo	x	Húmedo
Clima:	Invierno	x	Verano		Canícula
Indicadores:	Calificación		Factor		Valor/ indicador
	0: Pobre				
	1: Moderado				
	2: Bueno				
Textura	0.5		X3		1.5
Estructura y consistencia	1.5		X3		4.5
Porosidad	1.5		X2		3
Color	1.5		X2		3
Moteado	2		X1		2
N° lombrices	0.75		X2		1.5
Compactación	2		X1		2
Cobertura	2		X3		6
Profundidad	0.5		X3		1.5
Total					25
Índice de calidad del suelo (Suma de valores)					
Interpretación calidad de suelos					Puntos
Suelo pobre					<10
Suelo moderado					10-25
Suelo bueno					>25

Análisis:

La evaluación visual realizada en el área semi plana en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto dio un total de 25 puntos y según el índice de calidad es un suelo moderado ya que hay presencal de terrones pequeños y finos, hay algunos macroporos, la superficie del suelo difiere un poco con el suelo bajo, hay ausencia de moteado, hay poca presencia de lombrices, no hay compactación, y hay suficiente cobertura en el suelo.

Cuadro 4: Determinación de textura

Punto	Textura (%)			Textura final
	Arena	Limo	Arcilla	
PG-1	19	32	49	Arcillosa
PG-2	18	36	46	Arcillosa
PG-3	16	33	51	Arcillosa
PG-4	18	29	53	Arcillosa
PG-5	22	35	43	Arcillosa
PG-6	28	24	48	Arcillosa
PG-7	36	11	53	Arcillosa
PG-8	32	35	33	Franco arcilloso
PG-9	19	28	53	Arcilloso

Análisis:

Al realizar el análisis de textura por Bouyoucos de la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, los puntos PG-1, PG-2 y PG-3 que corresponden al área plana y los puntos PG-4, PG-5, PG-6, PG-7 y PG-9 que corresponden al área semi plana son suelos arcillosos, y el punto PG-8 es franco arcilloso, y según la FAO los suelos arcillosos son suelos fértiles y aptos para la agricultura ya que retienen la humedad del suelo, mantienen los nutrientes, pero su drenaje es más lento, esto puede ser corregido al realizar un buen manejo del suelo.

Cuadro 5: Datos para determinar la densidad del suelo

Código	Mx HT	Cj V	Cj + Mx H	Cj + MS	Vol. Cjd
PG-1	149.4 g	14.9 g	114.9 g	87.8 g	101 cm ³
PG-2	155.5 g	14.9 g	114.9 g	73.8 g	
PG-3	140.9 g	14.6 g	95.4 g	88.9 g	
PG-4	120.6 g	14.7 g	79.3 g	66.6 g	
PG-5	180.7 g	15.1 g	93.4 g	86.1 g	
PG-6	121.2 g	14.9 g	99.6 g	81.7 g	
PG-7	138.1 g	14.8 g	93.9 g	72.9 g	
PG-8	113.7 g	14.8 g	85.8 g	68.0 g	
PG-9	114.0 g	14.7 g	92.5 g	72.6 g	

Simbología:

Mx HT	Muestra húmeda total	PG- x	Código de la muestra
Cj V	Caja Vacía	H	Humedad total
Cj + Mx H	Caja más muestra humedad total	Mx ST	Muestra materia seca total
Cj + MS	Caja más muestra seca	pa	Densidad aparente
Vol. Cjd	Volumen de caja de drenaje		

Cuadro 6: Determinación de densidad del suelo

Código	% Hg	Mx ST	pa
PG-1	37.17%	108.92 g	1.08 kg/cm ³
PG-2	69.77%	92.01 g	0.91 kg/cm ³
PG-3	8.75%	129.56 g	1.28 kg/cm ³
PG-4	24.47%	96.89 g	0.96 kg/cm ³
PG-5	10.28%	155.40 g	1.62 kg/cm ³
PG-6	26.79%	95.59 g	0.95 kg/cm ³
PG-7	36.14%	101.44 g	1 kg/cm ³
PG-8	33.45%	85.20 g	0.84 kg/cm ³
PG-9	34.37%	84.84 g	0.84 kg/cm ³

Análisis:

Los puntos PG-1, PG-2 que corresponden al área plana de la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, se encuentran en el rango óptimo ya que según la FAO la densidad aparente según la textura del suelo arcilloso es de 0.90-1.10 kg/cm³ mientras que el PG-3 es de 1.28 kg/cm³ lo que puede afectar el crecimiento radicular ya que indica que hay compactación.

Los puntos que corresponden al área semi plana PG-4, PG-6, PG-7 se encuentran en el rango óptimo según la FAO, mientras que el PG-5 la densidad es de 1.62 kg/cm³ lo que indica que el suelo se encuentra compactado y esto disminuye la porosidad y aumenta la densidad, lo que restringe el crecimiento radicular. Los puntos PG-8 y PG-9 la densidad es de 0.84 kg/cm³ lo que indica la presencia de materia orgánica, lo que eleva la granulación de la estructura del suelo, aumentando la porosidad y disminuyendo la densidad.

7.1 Análisis cromatográfico del suelo

7.1.1 Área plana (Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto)

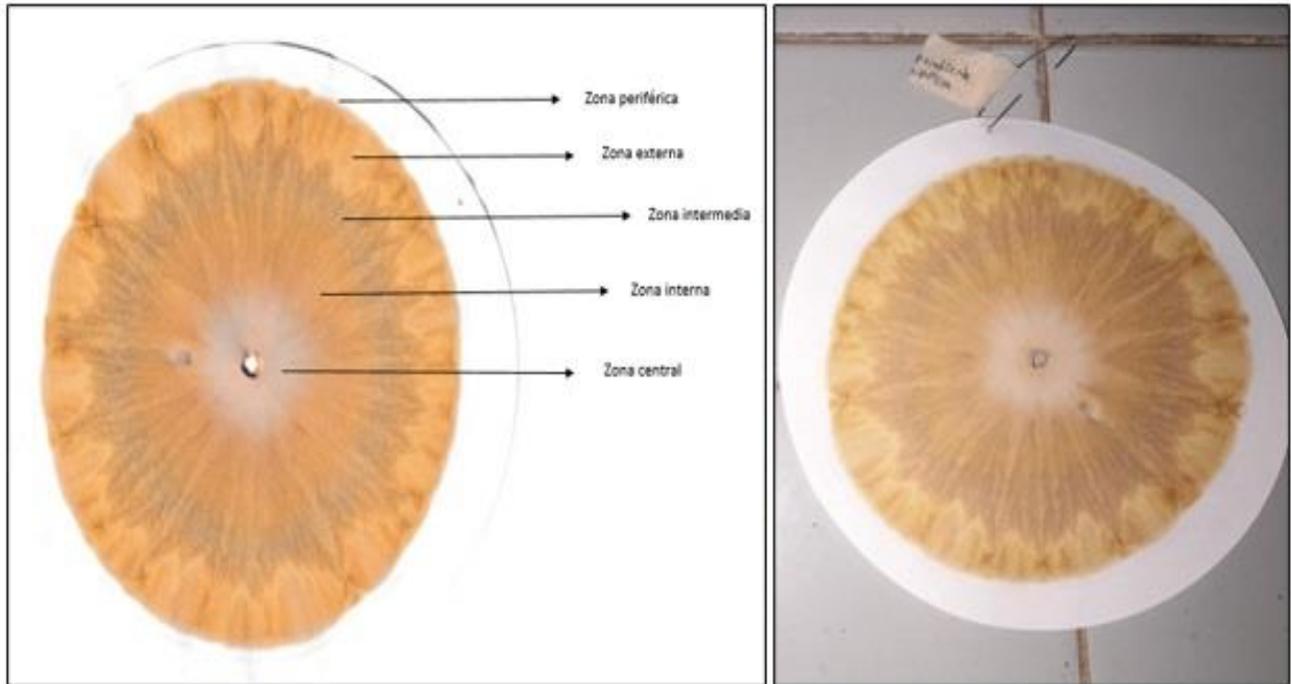


Figura 2: Análisis cromatográfico de área plana

Análisis:

Según Jairo Restrepo y Sebastiao Pinheiro el análisis cromatográfico del suelo, realizado en el área plana de la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto nos indica que la zona central tiene una coloración blanco cremoso y se desvanece suavemente integrándose a la zona mineral, orgánica y enzimática lo que nos indica que es un buen suelo, con buena estructura, buena aireación, con actividad microbológica y enzimática, con gran cantidad de materia orgánica presente por lo que es un suelo de buena calidad trabajado con principios de la agricultura orgánica.

7.1.2 Área semiplana (Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto)

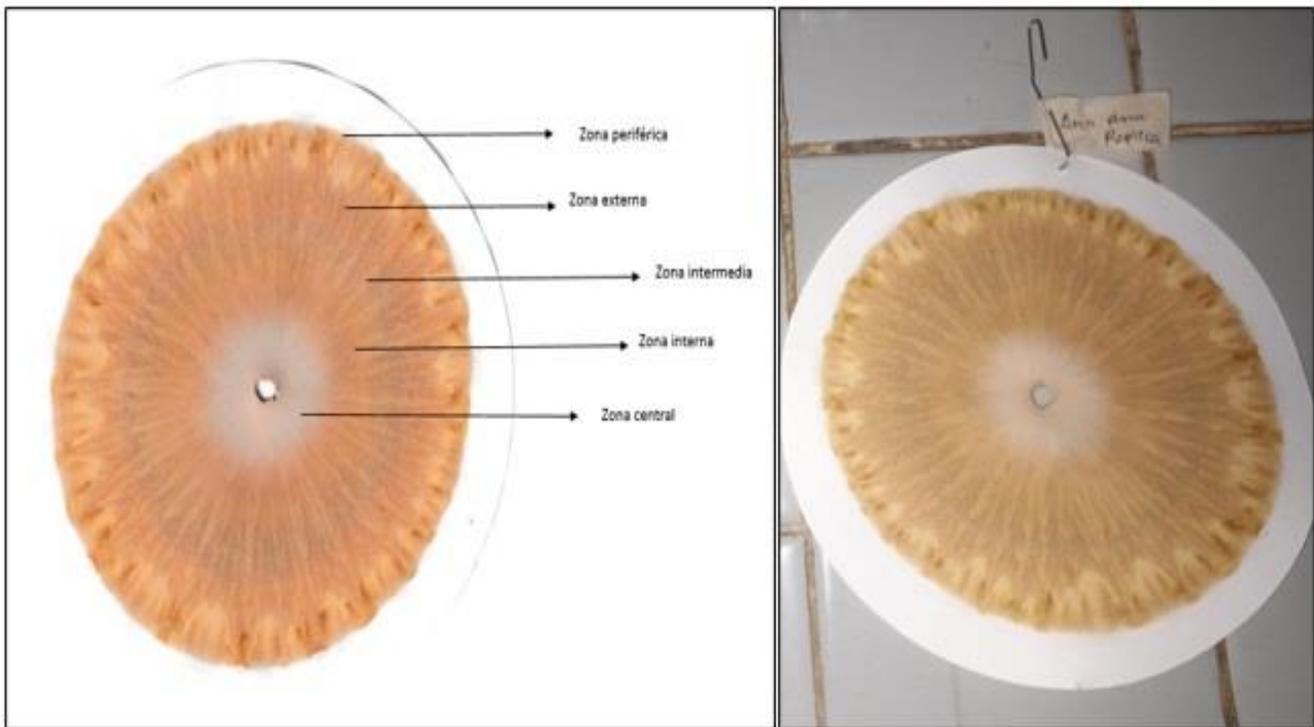


Figura 3: Análisis cromatográfico de área semiplana

Análisis:

Según Jairo Restrepo y Sebastiao Pinheiro el análisis cromatográfico del suelo realizado en el área semiplana de la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto, nos dice que la zona central tiene una coloración blanco cremoso y se desvanece suavemente integrándose a la zona mineral, orgánica y enzimática, lo que indica que es un excelente suelo, con buena reserva de materia orgánica, actividad microbológica integrada y diversa, buena estructura, por lo que es un suelo de buena calidad trabajado con principios de agricultura orgánica.

7.2 Interpretación de análisis de suelo, realizado en el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria “Enrique Álvarez Córdova”

Cuadro 7. Contenido de nutrientes en el horizonte superficial del suelo

% MO	Fosforo	Potasio ppm	Calcio	Magnesio ppm	Sodio ppm	Cobre ppm	Hierro ppm	Manganes o ppm	Zinc ppm
5.49	0.4	109	7.74	2.63	0.21	3.35	36.58	36.33	11.27
	0.4 ppm	0.29 Meq/100g de suelo	7.74 Meq/100g de suelo	2.63 Meq/100g de suelo	0.21 Meq/100 g de suelo	3.35 ppm	36.58 ppm	36.33	11.27 ppm
Alto	Muy bajo	Bajo	Alto	Alto	No sodio	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Cuadro 8. Comportamiento de las bases, acidez e intercambio catiónico

	Meq /100 g de suelo			%
pH	Acidez	Bases	CICE	Bases
4.60	1.63	10.86	12.49	0.11%

Cuadro 9. Relación entre las bases

Meq/100 cc				
CICE	Ca/Mg	Ca/K	Ca+Mg/K	Mg/K
12.49	2.95	27.63	37	9.37

Interpretación:

Los resultados indican que en cuanto a los macro nutrientes hay una deficiencia de fosforo y potasio por lo que se requiere buscar una fuente para reponer los nutrientes en el suelo y se tenga un nivel de disponibilidad para establecer los cultivos.

La materia orgánica se encuentra en un porcentaje alto lo que indica que el suelo es trabajado con principios de agroecología lo que ayuda a mejorar las características físicas, químicas, y biológicas del suelo ya que es un suelo arcilloso, y esto produce que el suelo no se compacte, tenga buen drenaje e infiltración. En cuanto a los micronutrientes el calcio se encuentra alto por lo que ayuda a que el suelo arcilloso en conjunto con la materia orgánica tenga una buena estructura y desplace los excesos de sodio del bulbo radicular, el cobre, hierro, manganeso, y zinc se encuentran en porcentajes altos aportando al crecimiento vegetal.

7.3 Diseño para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril

Al comparar los resultados obtenidos anteriormente, con la literatura previamente consultada, me permito proponer, un diseño de un sistema agrosilvopastoril que cumple los requisitos de sostenibilidad, además de ser un sistema viable en lo técnico, económico, ambiental y social.

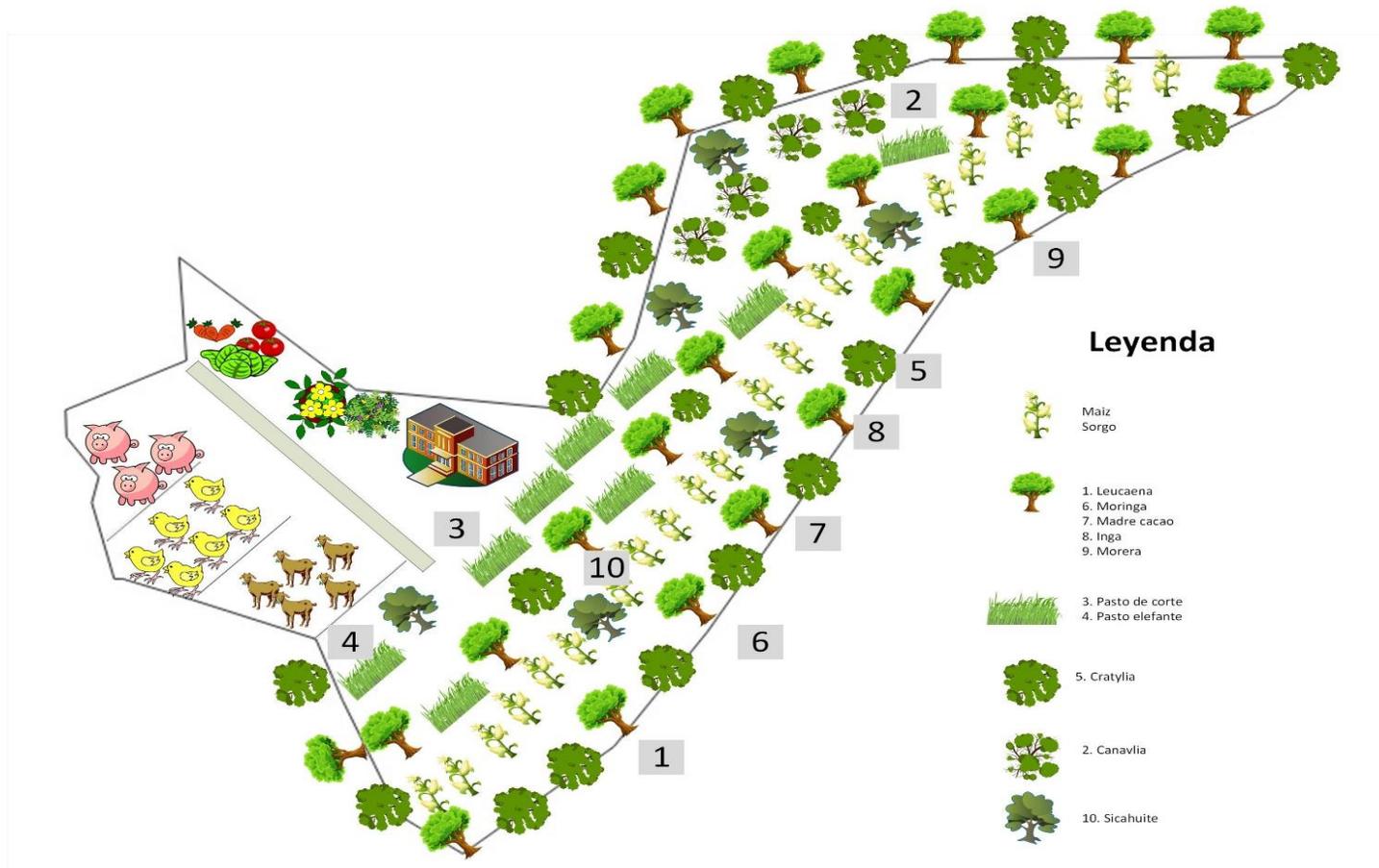


Figura 4: Diseño del Sistema Agrosilvopastoril

- ✓ El Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril en la Finca Escuela Agroecológica Dora Sorto será con arreglo en fajas de Maíz y Sorgo, alternando con fajas de Pasto de Corte, Pasto elefante, y Canavalia con barreras vivas de árboles y arbustos intercalados.
- ✓ Se Establecerá la siembra en hileras de árboles, arbusto y pasto siguiendo las curvas a nivel para disminuir la corriente de agua y el arrastre del suelo.
- ✓ Se establecerán arboles dispersos de Sicaquite nativos de la zona, para generar sombra, madera y forraje.

7.4 Lineamientos para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril

1. Caracterización agroecológicamente en la zona de estudio.

Determinación de: (Textura, pH, Profundidad, Densidad, Pedregosidad y afloramiento, Pendiente, Infiltración).

2. Cosecha de las semillas

- Seleccionar especie de interés
- Seleccionar técnica de recolección:
 - Desde el suelo
 - Desde los árboles en pie
 - Compradas.
- Selección de árboles semilleros para obtener semillas de calidad.
- Época de recolección: Se realiza en la época seca, después de la fructificación y antes de la dispersión natural, para obtener semillas sanas, buen porte y vigor.
- Cosecha de semillas
- Secado de semillas: al aire o bajo sombra.
- Al tener bajo contenido de humedad, se deben almacenar por un periodo máximo de 6 meses.
- Selección de la semilla:
 - Se eliminan las deformes, quebradas, o con otros defectos.

3. Establecimiento de vivero

- Selección del terreno: El terreno debe tener las siguientes características.
 - Condiciones climáticas similares a las del sitio de plantación

- Buen drenaje
- Fuente de agua cercana
- Vías de acceso cercanas que faciliten la salida de las plantas y el ingreso de insumos y materiales, cercanías al sitio de plantación.
- Sombra.
- Área del vivero:
 - Tamaño del vivero, orientación del vivero (Este a Oeste para que reciban la luz del sol la mayor parte del día)
- Construcción del vivero
 - Cercas perimetrales para impedir la entrada de animales y de personas ajenas que causen algún daño.
 - Semilleros: Es donde se produce el desarrollo inicial
 - Envases de crecimiento: Es donde se trasplantan y crecen las plántulas
 - Espacios destinados para los pasillos
 - Área para el almacenamiento de agua de riego: Puede ser por aspersión, goteo, o regaderas manuales.
- Preparación del sustrato: Pueden ser de
 - Turba
 - Aserrín
 - Fibra de coco
 - Cascarilla de arroz
 - Compost
 - Materia orgánica
 - Suelo

Nota: Para la desinfección del sustrato se puede utilizar agua hirviendo como método físico, cubriendo con plástico para mantener el calor y luego se siembra, también microorganismos de montaña, micorrizas, etc.

- Siembra
 - Semillas pequeñas: Al voleo.
 - Semillas medianas: Se realiza en surcos separados de 2 a 5 cm.
 - Semilla grande: En hoyos individuales.
- Manejo de plántulas en semillero:

- Riego: 1 o 2 veces al día, el volumen debe ser de 3 a 5 litros por cada metro cuadrado.
- Sombra miento: 30 días de desarrollo de las plántulas en semillero.
- Desmalezado: De forma manual una vez por semana.
- Control de plagas y enfermedades: Desinfección del sustrato
- Trasplante en los envases: Bolsas
 - Selección de la bolsa: Polietileno o plásticas de color negro
 - Llenado de la bolsa
 - Ordenamiento: Puede ser en líneas o cadena doble
 - Distanciamiento: 50 a 60 cm
- Manejo de plantas en envases
 - Riego: En la época seca debe ser riego diario
 - Control de malezas: Se debe realizar tanto en calles como en bolsas de forma manual.
 - Poda de la raíz para estimular el crecimiento
 - Movimiento de envases: Para evitar que las plantas echen raíces afuera de ellas.
- Plantación en el campo: Antes de llevar al campo debemos asegurar
 - Selección: Se descartan todas las plantas dañadas, enfermas, y que no tienen el tamaño adecuado.
 - Traslado a campo: Debe ser por las horas de la mañana, o las primeras horas de la tarde para evitar el exceso de sol.

4. Preparación de terreno

- Retirar la vegetación: Para que se incorporen al suelo y enriquecer el suelo, puede ser de manera manual o mecánica, dependiendo la extensión del terreno.
- Labranza mínima o Labranza animal
- Abonado del terreno: Se puede realizar con compost o Bocashi.

5. Curvas a nivel

- Determinación de la pendiente y su orientación
- Marcación de las curvas
- Corrección de los puntos marcados
- Construcción de la primera curva de nivel
- Construcción de las curvas a nivel
- Consolidación de las curvas a nivel

6. Siembra y Manejo Agronómico

6.1 Manejo de vivero y agronómico de las especies propuestas para el establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril

6.1.1 *Leucaena (Leucaena leucocephala)*

Manejo de vivero

- **Preparación del vivero**
- **Preparación del sustrato**
- **Desinfección del sustrato**
- **Llenado de bolsas:** Se realiza con bolsas de polietileno y con sustrato de compost.
- **Siembra de semilla en bolsas:** Se realiza previamente seleccionada y escarificada.
- **Riego:** Se realiza cada 2 o 3 días
- **Resiembra:** Se realiza en la 2ª semana para sembrar aquellas plantas que no germinaron.
- **Deshierbe:** Se realizarán 2 para controlar las plantas indeseadas.
- **Trasplante al terreno:** Se realizará entre la semana 6 y 8 después de la germinación o cuando alcancen una altura de 30 cm.

Manejo Agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente).
- **Época de siembra:** Si no posee riego sembrar al inicio de las lluvias.
- **Trasplante:** Debe realizarse cuando la planta alcance una altura de 30 cm.
- **Distanciamiento de siembra:**
 - Barreras vivas: Se utiliza un distanciamiento de 1.5 a 1.6 metros.
 - Producción de forraje: Se utiliza un distanciamiento de 60 a 75 cm.
- **Riego:** 2 veces por semana en verano

- **Pastoreo:** Debe realizarse cuando la planta alcance una altura de 1.5 a 2.5 metros.
- **Poda:** Se realiza después del primer pastoreo de uniformidad de 20 a 40 cm del suelo.
- **Cosecha:** La primera cosecha se realiza con pastoreo de animales y luego cada 40 a 42 días

6.1.2 Canavalia (*Canavalia ensiformis*)

Manejo Agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno por pendiente).
- **Época de siembra:** Si no cuenta con riego, realizarla al inicio de las lluvias.
- **Distanciamiento de siembra:**
 - 0.60 m entre surco y 0.25 entre planta
- **Fertilización:**
 - 1° 8 días después de la siembra (Nitrógeno y Fosforo)
 - 2° 30 días después de la siembra (Nitrógeno, Fosforo y Potasio).
- **Control de malezas:**
 - Antes de la siembra (10 a 15 días)
 - Antes de la germinación.
 - Después de la germinación.
- **Control de plagas:** (Gallina ciega, Gusanos cortadores, Babosas Crisomélidos, Chicharrita, Gusanos defoliadores, Mosca blanca.
- **Control de enfermedades:** (Mosaico común, Virus del mosaico dorado amarillo, Mustia hilachosa, Mancha angular, Antracnosis, Roya).
- **Riego:**
 - 1°: Periodo vegetativo
 - 2°: 2-3 Periodo de floración
 - 3° 7-10 después de la floración
- **Cosecha:**
 - Se realiza cuando alcanzan la madurez fisiológica
 - Se asolean
 - Se aporrean o trillan

6.1.3 Pasto de corte (*King grass*)

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente)

- **Siembra:** Los tallos deben estar maduros y provenir de plantaciones sanas.
- **Métodos de siembra:**
 - Siembra inclinada: Se entierran las estacas en forma inclinada, dejando una yema afuera y separadas 50 x 50 cm.
 - Siembra en surcos: Profundidad de 15 a 25 cm y separado a 80-100 cm.
- **Control de malezas:** Hacer 1 o 2 limpiezas de forma manual
- **Control de enfermedades:** Es afectada frecuentemente por *Helmithosporium sacchari*
- **Fertilización:**
 - Antes de la siembra
 - Después del 1° corte

6.1.4 *Cratylia (Cratylia argentea)*

Manejo en vivero

- **Preparación del vivero.**
- **Preparación del sustrato**
- **Desinfección del sustrato.**
- **Llenado de bolsas:**
 - Se realizará con bolsas de polietileno y con sustrato de compost.
- **Siembra de semillas en bolsa:**
 - 1 semilla por bolsa a 1 cm de profundidad.
- **Época de siembra:** Debe realizarse de 2 a 3 meses antes de iniciar las labores de preparación del terreno.
- **Germinación:**
 - Entre los 8 y 15 días después de la siembra
- **Control de malezas:** Cuando las plántulas tengan dos hojas se debe realizar limpiezas manuales de malezas que crecen dentro de las bolsas.
- **Fertilización:**
 - 1° Cuando las plántulas tengan 4 hojas.
 - Luego cada 15 días.
- **Trasplanté:**
 - Se realiza a los 45 días de germinada la planta.

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente).
- **Siembra:**
 - Siembra directa
 - Trasplanté
- **Época de siembra:** Después del periodo de lluvias, ya quieren sol.
- **Distanciamiento:** 2 metros entre plantas y entre surcos.
- **Trasplanté:** Se debe realizar cuando tengan una altura de 13-20 cm.
- **Poda:** Después de la floración y luego cada 45 a 60 días
- **Fertilización:** Debe realizarse mediante fertirrigación una vez por semana durante el periodo vegetativo.
- **Riego:** 2 veces por semana en el periodo de verano
- **Control de plagas:** (Araña roja, Cochinilla, Pulgón, Mosca blanca).
- **Control de enfermedades:** (Mildiu)

6.1.5 Moringa (*Moringa oleifera*)

Manejo en vivero

- **Germinación:** 3° día
- **Repique:** 20 días después de la emergencia (altura promedio de 5 a 10 cm)
- **Control de plagas**
- **Control de malezas:** Forma manual
- **Primera poda del tallo y movimiento de la planta:** A partir de la 4° semana después de la germinación.
- **Segunda poda del tallo y movimiento de la planta:** A partir 6° semana después de la germinación.
- **Trasplante de la planta al terreno:** 7° semana después de la germinación.

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente).
- **Época de siembra:** Si no cuenta con riego realizarla al inicio de las lluvias.
- **Trasplante:** Debe realizarse con una altura de 50 y 90 cm.
- **Distanciamiento de siembra:**
 - Barrera viva vivas: Se utilizan un distanciamiento de 1.20 a 1.5 metros.
 - Producción de follaje: El distanciamiento debe ser a 3 m.
- **Riego:** Riego diario durante los dos primeros meses, y luego solamente cuando este sufriendo estrés

hídrico.

- **Fertilización:**
 - Antes de la siembra: mezclar suelo con compost y luego aplicar 1 capa anualmente.
 - Fase de establecimiento: Agregar fosforo para fomentar el desarrollo de la raíz y fuentes nitrogenadas para fomentar el crecimiento del dosel de la hoja
- **Poda:**
 - Antes que aparezcan las flores (Entre 3 y 4 meses de edad).
 - Después de la cosecha: Podar las yemas apicales para garantizar el buen desarrollo de la planta.
 - Cuando son arboles mayores de 4 años pueden podarse a una altura de 1 a 1.5 m del suelo.
- **Control de malezas:** Se realiza desde el momento de la siembra
 - 1 o 2 veces por semana en la fase inicial del cultivo
 - 4 a 5 veces al año cuando el árbol ya es adulto (antes de la cosecha)
 - Se puede realizar de forma manual con machetes o mecánicos como rastra.
- **Cosecha:** Se puede realizar de manera manual durante todo el año si las condiciones son favorables.
- **Corte del follaje:** Cuando el árbol alcance de 1.5 a 2 m. en intervalos de 45 días en época de lluvia y 60 días en época seca

6.1.6 Madre cacao (*Gliricida sepium*)

Manejo de vivero

- **Preparación del vivero**
- **Preparación de sustrato**
- **Desinfección del sustrato**
- **Llenado de bolsas:** Se realizará con bolsas de polietileno 8* 12 pulg. de color negro y sustrato.
- **Manejo de la semilla:** Eliminación de mucilago
- **Siembra de la semilla:** El sustrato debe estar húmedo a la hora de la siembra y se coloca 1 semilla a 1 cm de profundidad.
- **Germinación:** 5 a 10 días
- **Riego:** Se recomienda todos los días, con aplicadores que permitan el tamaño de una gota.
- **Control de malezas:** Se debe realizar cada 8 días de forma manual.
- **Remoción de planta:** 1 vez cada 3 meses
- **Regulación de sombra:** Se debe reducir la sombra poco a poco y 1 mes antes del trasplante se quita toda la sombra.

- **Fertilización:** 1 vez por mes, con abonos orgánicos (500 g por planta)
- **Trasplante:** 3 o 4 meses después de la germinación

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** (Trazado, alineado).
- **Siembra:** En época de verano, con una altura aproximada de 10 cm.
- **Distanciamiento de siembra:** Sembrar en filas, espaciadas entre sí de 3 metros.
- **Control de malezas:** En el 1° año se debe realizar cada 4 meses, de manera manual.
- **Poda:** Iniciando al 1 año después de la siembra en campo
- **Fertilización:** De acuerdo a los requerimientos del suelo
- **Riego:** Las plantas adultas se deben regar cada 15 días, de manera abundante.
- **Rehabilitación de cacaotales:** Se debe realizar en plantas que sobrepasen los 15 años, o tengan baja productividad.
- **Control de plagas y enfermedades:** (Chinche, Moniliasis, Fitoptora, Escoba de brujas).
- **Cosecha:**
 - Cosechar frutos maduros
 - Cosechar con tijera y cortar lo más cercano al fruto
- **Quiebra:** Selección se mazorcas
- **Fermentación**
- **Limpieza, selección, envasado y almacenamiento**

6.1.7 Inga (*Inga edulis*)

Manejo de vivero

- **Preparación del vivero**
- **Preparación de sustrato**
- **Desinfección del sustrato**
- **Llenado de bolsas:** Se realizará con bolsas de polietileno de 15 cm de ancho y 20 cm de alto de color negro y sustrato.
- **Manejo de la semilla:** Eliminación de pulpa dulce.
- **Siembra de la semilla:** El sustrato debe estar húmedo a la hora de la siembra y se coloca 2 semillas en cada bolsa.
- **Germinación:** 1 a 2 semanas.

- **Riego:** Se recomienda todos los días, con aplicadores que permitan el tamaño de una gota.
- **Control de malezas:** Se debe realizar cada 8 días de forma manual.
- **Regulación de sombra:** Se debe reducir la sombra poco a poco y 1 mes antes del trasplante se quita toda la sombra.
- **Trasplante:** 3 o 4 meses después de la germinación.

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente).
- **Siembra:** Después de 3 meses de germinada la planta en vivero o cuando alcance una altura de 30 a 40 cm.
- **Distanciamiento de siembra:** Sembrar en filas, espaciadas entre sí de 4 metros y entre plantas de 50 a 100 cm.
- **Control de malezas:**
 - En el 1° año se debe realizar entre 2 o 4 veces, esto debe hacerse hasta que las copas de las Ingas se cierren por arriba y comiencen a asfixiar las malezas.
- **Poda:** Iniciando cuando las copas de las Ingas se cierren por arriba, a la altura del pecho.
- **Fertilización:** De acuerdo a los requerimientos del suelo
- **Riego:** Las plantas adultas se deben regar cada 15 días
- **Control de plagas y enfermedades:** (Chinche, Moniliasis, Fitoptora, Escoba de brujas).

6.1.8 Morera (*Morus alba*)

- **Preparación de sustrato**
- **Desinfección del sustrato**
- **Llenado de bolsas:** Se realizará con bolsas de polietileno 8* 12 pulg. de color negro y sustrato.
- **Siembra de la semilla:** El sustrato debe estar húmedo a la hora de la siembra y se coloca 1 semilla por bolsa.
- **Germinación:** 6 a 8 días
- **Riego:** Se recomienda todos los días hasta la germinación con aplicadores que permitan el tamaño de una gota y luego el riego será de 2 a 3 días.
- **Control de malezas:** Se debe realizar de forma manual
- **Trasplante:** 6 o 8 semanas después de la germinación

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente).
- **Siembra:** A las 6 o semanas después de la germinación, o cuando la planta alcance una altura de 20 a 40 cm.
- **Distanciamiento de siembra:** 1.5 a 3 metros entre hileras.
- **Control de malezas:** Realizar a un mes de la siembra, y luego después de cada corte
- **Poda:**
 - 1° Cuando el árbol alcanza 2 m de altura
 - 2° Después de la cosecha se pueden realizar cada 3 meses.
- **Fertilización:** De acuerdo a los requerimientos del suelo
- **Riego:** Las plantas adultas se deben regar cada 15 días, de manera abundante.
- **Control de plagas y enfermedades:** (Nematodos, hormigas cortadoras).
- **Cosecha:** Realizar cortes cada 90 días.

6.1.9 Maíz (*Zea mays*)

Manejo agronómico

- **Preparación del terreno:** Labranza mínima o Labranza animal (Por ser un terreno con pendiente)
- **Siembra:** En El Salvador se conocen 3 épocas:
 - Zona costera: 0 a 400 msnm (mayo)
 - Valles intermedios: 400 a 900 msnm (mayo- junio)
 - Postera para valles intermedios: Agosto
- **Distanciamiento de siembra:**
 - Manual: Entre surco 0.75 a 0.90 m y entre postura 0.40 a 0.50 m. depositando 2 semillas en cada uno.
 - Mecanizada: Entre surco 0.80 a 0.90 m y 0.40 a 0.50 m por postura, depositando 2 semillas en cada uno.
- **Fertilización:**
 - 1° 8 días después de la siembra
 - 2° 20 a 25 días después de la siembra
 - 3° 30 a 35 días después de la siembra
- **Control de malezas:** (Flor amarillas, Mozote, Tomatillo, Güisquelite, Hierba de sapo, Campanilla, Escobilla, coyolio). Y debe realizarse de manera manual.

- **Control de plagas:** (Gallina ciega, Gusano blanco, Gusano de alambre, Piojo de Zope, Cortadores, Gusano Cogollero, Tortuguillas, Gusano medidor, Barrenadores del tallo, Termitas)
- **Control de enfermedades:** (Roya común, Mancha foliar, Tizón foliar, Carbón común, Falso carbón de la espiga, Mancha café).

Cosecha: La dobla se puede realizar entre los 110 a 115 días del cultivo.

Cuadro 11: Propuesta de área total a utilizar por cultivo y por especies para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril

Arreglo	Cultivos	Distanciamiento de siembra	Área por cultivo	Área total a utilizar
Fajas	Maíz	0.9 entre surco 0.5 por postura	5000 m ²	20,000 m ²
	Sorgo	0.8 entre surco 0.4 por postura	5000 m ²	
	Canavalia	0.6 entre surco 0.25 por postura	5000 m ²	
	Pasto de corte	0.25 entre surco 0.9 por postura	5000 m ²	
Hileras dobles	Madre Cacao	3.0 m por árbol	600 m ²	4564 m ²
	Inga	3.0 m por árbol	600 m ²	
	Moringa	1.5 m por árbol	610 m ²	
	Leucaena	1.5 m por árbol	572 m ²	
	Morera	1.5 m por árbol	572 m ²	
	Cratylia	2 m por arbusto	800 m ²	
	Pasto	0.23 por planta	800 m ²	
Árboles dispersos	Sicahuite	1.5 m por árbol	500 m ²	500 m ²
Barrera muerta	Rocas		3000 m ²	3000 m ²
Barreras vivas	Leucaena	1.5 m por árbol	180.13 m ²	1080.768 m ²
	Morera	1.5 m por árbol	180.13 m ²	
	Madre Cacao	3.0 m por árbol	180.13 m ²	
	Inga	3.0 m por árbol	180.13 m ²	
	Moringa	1.5 m por árbol	180.13 m ²	
	Cratylia	2 m por arbusto	180.13 m ²	

Cuadro 12: Propuesta de cronograma de actividades para el Establecimiento del Sistema Agrosilvopastoril.

ACTIVIDADES	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ESTABLECIMIENTO (Año 1)												
Barreras vivas		x	x	x	x							
Árboles dispersos					x	x						
Curvas a nivel							x	x				
Hileras dobles							x	x	x			
Cultivo en fajas									x	x	x	x
MANEJO AÑO (1,2,3)												
Barreras vivas (Rondas)		x	x									
Árboles dispersos (Limpiar)				x	x			x			x	
Curvas a nivel (Rondas)						x	x					
Hileras dobles (Limpiar)		x	x			x			x	x		
Cultivo en fajas (Limpiar y corte)			x	x	x	x			x	x	x	x
MANEJO AÑO (2,3)												
Barreras vivas (Podas)				x		x	x					x
Árboles dispersos (Podas)	x	x			x	x				x	x	
Curvas a nivel (Rondas)			x	x				x	x			
Hileras dobles (Limpiar y corte)	x	x			x	x				x	x	
Cultivo en fajas (Limpiar y corte)		x	x				x	x			x	x

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las podas en cercas vivas, árboles en potreros y plantaciones para obtener forrajes se realizarán de 4 a 6 meses, según sea la especie y para obtener leña cada 2-3 años aproximadamente.

VIII. CONCLUSIONES

- Los Sistemas Agrosilvopastoriles son una alternativa sostenible ya que mejoran el rendimiento en la producción del ganado, la fertilidad y condiciones físicas de los suelos, la pérdida del ecosistema, y como fuente de recursos adicionales dependiendo de la especie Arborea o forrajera con que se cuente.
- En base a los resultados obtenidos en campo y en laboratorio se determinó que las especies propuestas cumplen con los requerimientos edafológicos, climáticos, y ecológicos, para adaptarse a la zona de estudio.
- El diseño propuesto permitirá aumentar el valor y productividad del terreno, diversificar, mejorar la producción y manejar el recurso suelo de forma sostenible, así como un equilibrio en el ecosistema, también se producirá alimentos energéticos y proteicos, que aportaran un alto contenido de nutrientes a los animales,

IX. BIBLIOGRAFÍA

Alianza México REDD. Sf. Sistemas silvopastoriles y buenas prácticas para la ganadería sostenible en Oaxaca. México (en línea). Consultado el 03 ago. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles

Barragán Hernández, W. 2016. Efecto de sistemas silvopastoriles en la producción y composición de la leche bajo condiciones del valle medio del río Sinú (en línea). Revista Colombiana de Ciencia Animal Colombia. 8 (2): Consultado el 15 jun. 2021. Disponible en <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/186>

CANAL DE PANAMÁ 2017. Proyecto Silvopastoril Cuenca de Río indio (en línea). Panamá. Consultado el 9 jun. 2021. Disponible en <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2019/10/Produccion35ha.pdf>

CORDES (Asociación Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador). 2018. Establecimiento de 50 hectáreas de Sistemas Silvopastoriles (en línea). El Salvador. Consultado el 2 jun. 2021. Disponible en <https://cordes.org.sv/establecimiento-de-50-hectareas-de-sistemas-silvopastoriles/>

CAP (Centro Agroforestal Patagónico). 2009. Manual de Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles en zonas Patagónicas de Chile (en línea). Consultado el 02 ago. 2021. Disponible en https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc20b0d207c6.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Agroecología y Agricultura familia (en línea). Consultado el 02 ago. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>

EUROCLIMA. 2019. Lanzamiento en El Salvador de proyecto de Agricultura Resiliente Baja en Carbono (en línea). El Salvador. Consultado el 3 jun. 2021. Disponible en <https://euroclimaplus.org/noticias-y-eventos6/noticias-9/625-lanzamiento-en-el-salvador-de->

proyecto-de-agricultura-resiliente-baja-en-carbono

FIAES. 2021. FIAES restauró Sistemas Productivos y Bosques con Proyectos de Compensación Ambiental. (en línea). El Salvador. Consultado el 7 jun. 2021. Disponible en <https://www.fiaes.org.sv/blog/noticias-4/post/fiaes-restauro-sistemas-productivos-y-bosques-con-proyectos-de-compensacion-ambiental-78>

LAS CAÑADAS (Centro de Agroecología y Permacultura). 2021. Definición, principios, y búsqueda dentro de la Agroecología (en línea). Consultado el 02 ago. 2021. Disponible en <https://bosquedeniebla.com.mx/que-hacemos/agroecologia/agroecologia-definiciones-principios/>

MAONIC (Movimiento de Productoras y Productores Agroecológico y Orgánicos de Nicaragua). Sf. Evaluación Visual del Suelo (en línea). Nicaragua. Consultado el 08 sep. 2021. Disponible en <http://maonic.org/files/publicaciones/Evaluacion%20visual%20ARIEL%202016.pdf>

Navas; A. 2016. Sistemas Silvopastoriles, Bogotá: Tronpenbos Internacional Colombia y Fondo Patrimonio Cultural (en línea). Consultado el 04 sept. 2021. Disponible en <file:///C:/Users/SORIANO%20HERN%C3%81NDEZ/Downloads/6-Sistemassilvopastoriles-low.pdf>

PASOLAC.1999. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua (en línea). Consultado el 04 sep. 2021. Disponible en <http://cidbimena.desastres.hn/RIDH/pdf/doch0100/pdf/doch0100.pdf>

PLAN TRIFINIO. 2014. Plan Trifinio Programa Bosques y Agua/GIZ (en línea). El Salvador, Guatemala, Honduras. Consultado el 1 jun. 2021. Disponible en <file:///C:/Users/SORIANO%20HERN%C3%81NDEZ/Downloads/Ganader%C3%ADa%20Amigable%20con%20el%20Ambiente%20en%20el%20Trifinio.pdf>

Restrepo J; Pinheiro S. 2011. Manual de Cromatografía (en línea). Consultado el 26 sep. 2021. Disponible en <https://morralcampesino.files.wordpress.com/2016/03/cromatografia-restrepo-pinheiro.pdf>

SAGARPA (secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación). Sf. El sistema agropastoril (en línea). México. Consultado el 02 ago. 2021. Disponible en [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag104576/8.%20EI%20sistema%20agrosilvopastoril%20\(SAGARPA\).pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag104576/8.%20EI%20sistema%20agrosilvopastoril%20(SAGARPA).pdf)

Solarte, A; Zapata, C; Rivera, M. 2018. Sistemas Agrosilvopastoriles, una alternativa para la intensificación ecológica y la sostenibilidad de la ganadería en Caquetá (en línea). Consultado el 29 ago. 2021. Disponible en <https://blog.ciat.cgiar.org/es/sistemas-agrosilvopastoriles-una-alternativa-para-la-intensificacion-ecologica-y-la-sostenibilidad-de-la-ganaderia-en-caqueta/>

The Nature Conservancy. 2021. Ganadería Colombiana Sostenible. Colombia (en línea). Consultado el 5 jun. 2021. Disponible en <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/colombia/ganaderia-colombiana-sostenible/>

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo (en línea). Consultado el 15 sep. 2021. Disponible en https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf

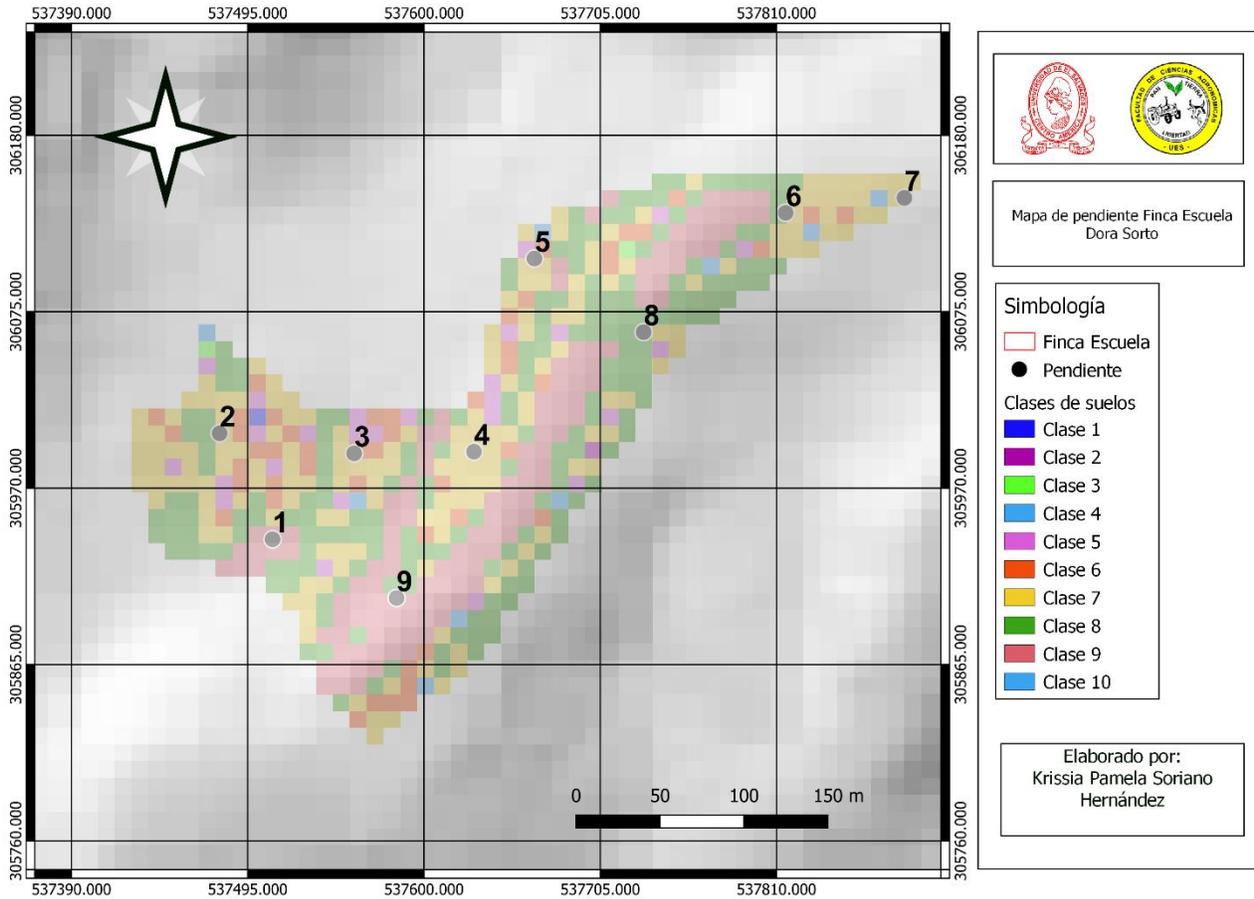
PROGRESA (Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Ambiente). 2015. Establecimiento de Manejo de Sistemas Silvopastoriles. Nicaragua (en línea). Consultado el 02 ago. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles

Viloria Martínez, F.2019. Ficha Técnica Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum schumach*) (en línea). Consultado el 01 oct. 2021. Disponible en https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-corte/pasto-elefante-schumach/#Calidad_nutricional_del_Pasto_Elefante_schumach

Viloria Martínez, F. 2020. Arbusto de Moringa (*Moringa oleífera*), Como Alimento Para Bovinos (en línea). Consultado el 01 oct. 2021. Disponible en <https://infopastosyforrajes.com/leguminosa-arbustiva/arbusto-de-moringa-moringa-oleifera-como-alimento-para-bovinos/>

Viloria Martínez, F. 2020. Veranera (*Cratylia argentea*) una Leguminosa Arbustiva Para El Trópico. (en línea). Consultado el 01 oct. 2021. Disponible en https://infopastosyforrajes.com/leguminosa-arbustiva/veranera-cratylia-argentea-una-leguminosa-arbustiva-para-el-tropico/#Potencial_De_Produccion_y_Valor_nutritivo_de_la_veranera

X. ANEXOS

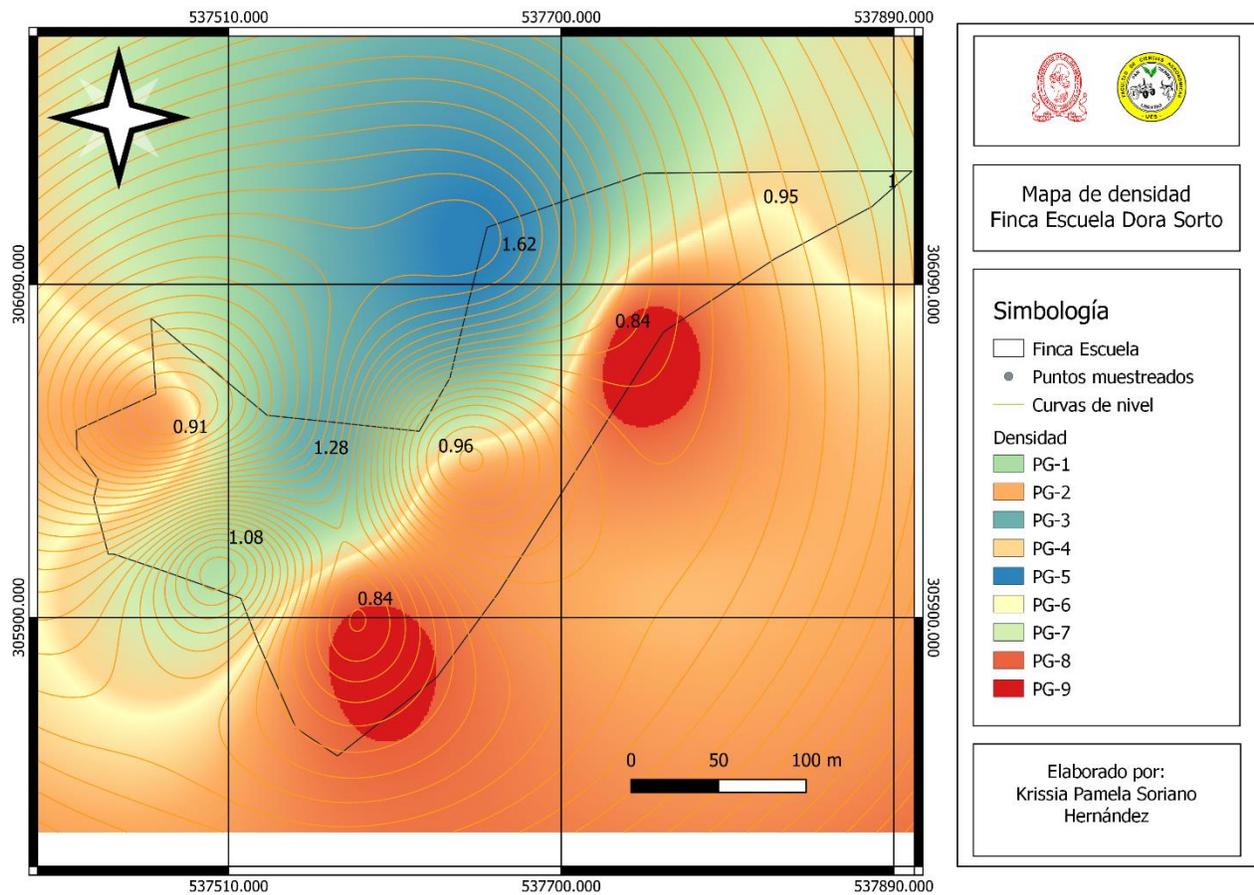


Anexo 1: Mapa de clases de gradiente de la pendiente, de los sitios muestreados

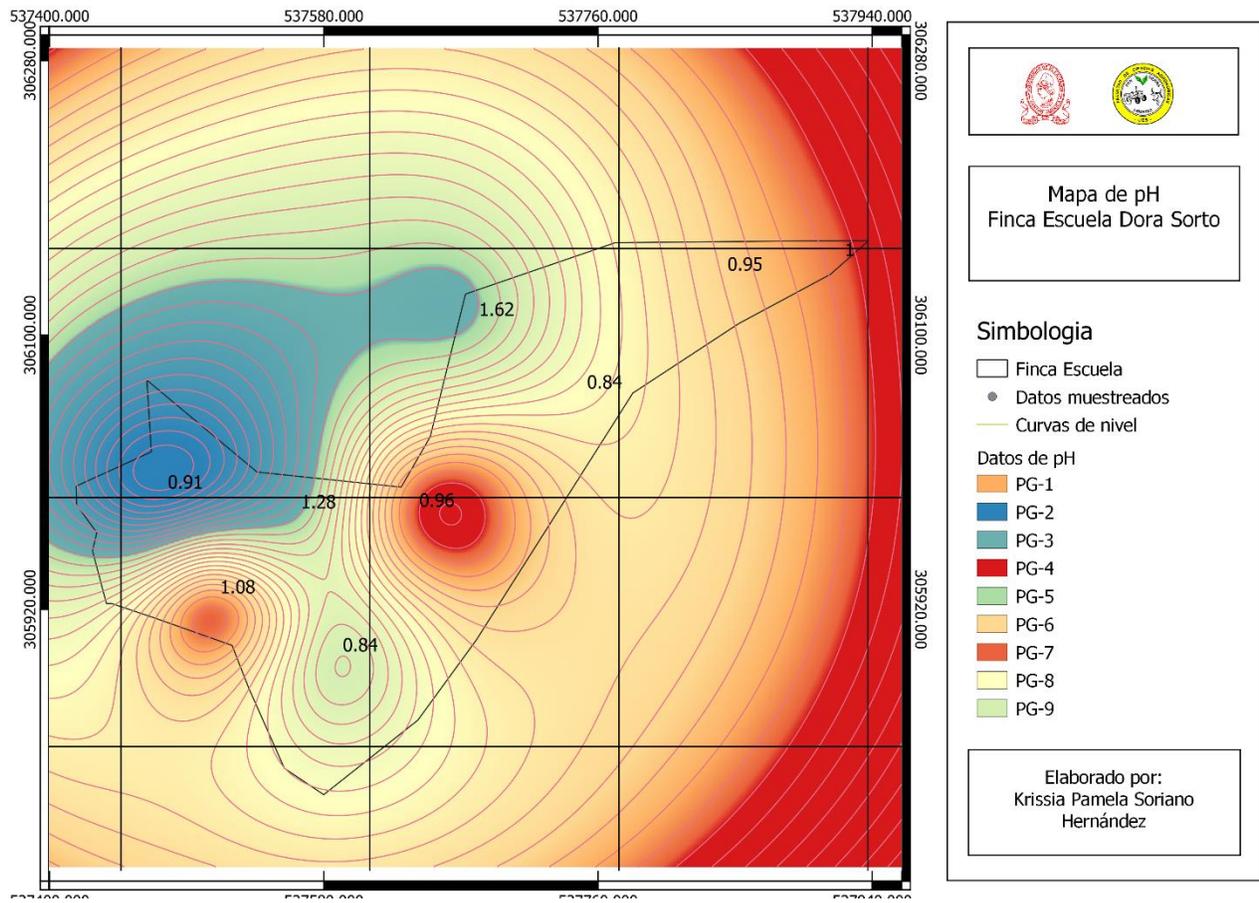
Clases de gradiente de la pendiente

Clase	Descripción	%
01	Plano	0-0,2
02	Nivel	0,2-0,5
03	Cercano al nivel	0,5-1,0
04	Muy ligeramente inclinado	1,0-2,0
05	Ligeramente inclinado	2-5
06	Inclinado	5-10
07	Fuertemente inclinado	10-15
08	Moderadamente escarpado	15-30
09	Escarpado	30-60
10	Muy escarpado	> 60

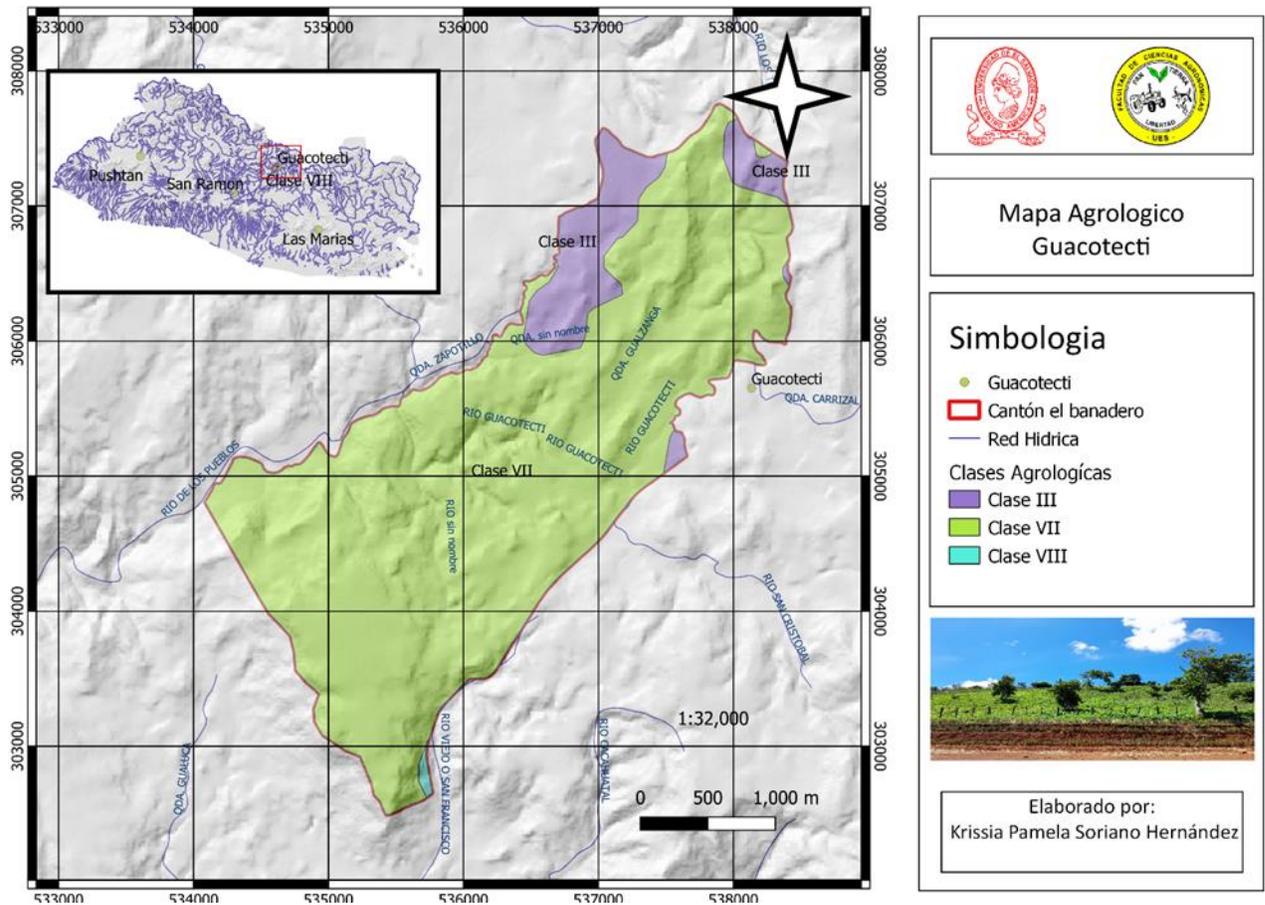
Tomado de FAO (2009)



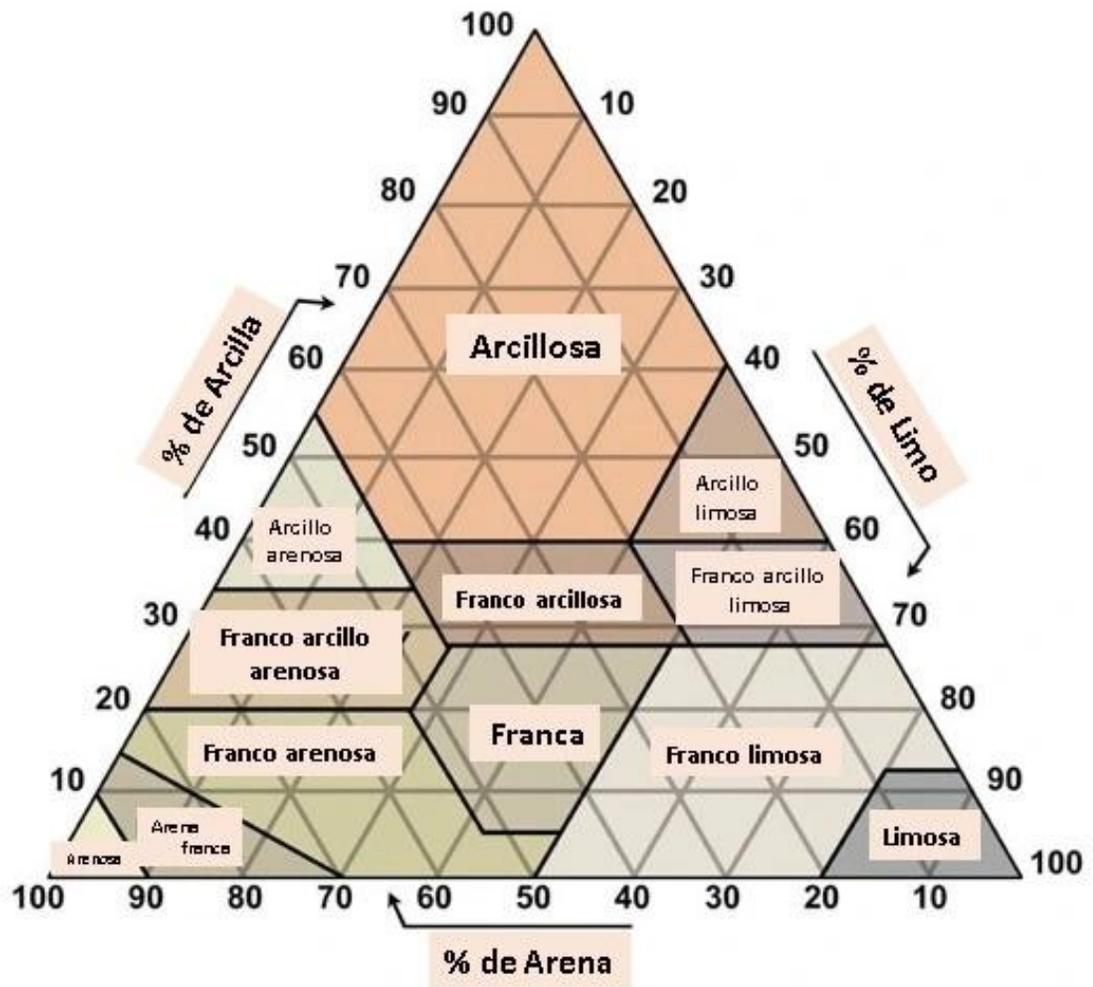
Anexo 2: Mapa de densidad, de los sitios muestreados



Anexo 3: Mapa de pH de los sitios muestreados



Anexo 4: Mapa Agrologico de la zona de estudio



Anexo 5: Pirámide de textura del suelo



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL
CENTA "ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA"

LA BORATORIO DE SUELOS
TEL. 2397-2248 Correo electrónico: labsuelos@centa.gob.sv

AÑO 2021

No. Carta	No. Muestra	Nombre del Productor	Nombre de la Finca	Cantón	Municipio	Departamento	Ident.	Profundidad cm	Utilizará riego sí o no	Cultivo a fertilizar	Nombre del responsable
C20474	M20683	KRISSIA PAMELA SORIANO HERNANDEZ	GRANJA ESCUELA DORA SOTO		GUACOTECTI	CABAÑAS		15-30cm	SI		KRISSIA SORIANO

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PAGADAS																																							
N° Muestra	Tiempo al tacto	pH en agua 1:2.5	Fósforo (mg kg ⁻¹)	Potasio (mg kg ⁻¹)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Mg (cmol kg ⁻¹)	Na (cmol kg ⁻¹)	K int (cmol kg ⁻¹)	Soma Bases (cmol kg ⁻¹)	Acidez int. (cmol kg ⁻¹)	CEC	% Sat. Bases	% Materia orgánica	Ca/Mg	Hgk	Ca/Mg/k	Ca/k	Cu (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)																		
M20683	FRANCO ARCILLOSO	4.60	MFA	0.4	MB	109	A	7.74	A	2.63	A	0.21	NS	0.28	10.86	M	1.63	A	12.49	M	86.9	5.49	A	2.95	M	9.37	M	37.00	M	27.63	A	3.35	MA	36.58	MA	36.33	MA	11.27	MA

Detalle: (mg kg⁻¹) = ppm

(cmol kg⁻¹) = meq/100 g de suelo

Rangos de Análisis

Análisis	Valores	Rangos	Significado
pH en Agua	4.1 a 4.4	EA	EXTREMADAMENTE ÁCIDO
	4.5 a 5.0	MFA	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.1 a 5.5	FA	FUERTEMENTE ÁCIDO
	5.6 a 6.0	MA	MODERADAMENTE ÁCIDO
	6.1 a 6.5	LA	LIGERAMENTE ÁCIDO
	6.6 a 7.3	N	NEUTRO
	7.4 a 8.0	MAL	MODERADAMENTE ALCALINO
	8.1 a 9.0	FAL	FUERTEMENTE ALCALINO
	> 9.0	EAL	EXTREMADAMENTE ALCALINO

Rangos	Significado
MB	MUY BAJO
B	BAJO
M	MEDIO
A	ALTO
MA	MUY ALTO
NS	NO SODICO
S	SODICO

Analistas: Inga. Claudia Lino
Licda. Liza de Menjivar
Licda. Sonia de Alegria
Licda. Yaneth Valencia



Anexo 7: Recolección de muestra



Anexo 8: Toma de pH



Anexo 9: Ordenamiento de muestras en laboratorio



Anexo 10: Muestras



Anexo 11: Análisis cromatológico



Anexo 12: Análisis de textura por Bouyoucos



Anexo 13: Toma de datos de infiltración en campo