

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACIÓN**



**LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PREVIO A LA CONVERSIÓN DE PASTU1RA
CONVENCIONAL A SISTEMA SILVOPASTORIL, EN EL GUANTILLO, EL
PORVENIR, FRANCISCO MORAZÁN.**

Por

Daniela Michell Hernández Ponce

TESIS

Catacamas, Olancho

Septiembre de 2025

**LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PREVIO A LA CONVERSIÓN DE PASTURA
CONVENCIONAL A SISTEMA SILVOPASTORIL, EN EL GUANTILLO, EL
PORVENIR, FRANCISCO MORAZÁN.**

Por

Daniela Michell Hernández Ponce

Jorge David Zuniga, M. Sc

Director de Tesis

**INFORME FINAL DE TESIS DE GRADO, PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA, COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

Catacamas, Olancho

Septiembre de 2025

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por brindarme salud, fortaleza y por guiar mis pasos por el camino correcto, permitiéndome acercarme a la realización de un sueño y el cumplimiento de una meta en mi vida.

A mis queridos padres, Erica Ponce e Ildebrando Hernández, mis mayores fuentes de inspiración. No tengo palabras suficientes para agradecerles por todo lo que han hecho por mí. Su apoyo incondicional, su amor inquebrantable y su fe en mí han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí, por ser los pilares que me han impulsado a seguir adelante, por confiar en mis sueños y en mis expectativas. Su amor, sus sabias enseñanzas y los valores que me han inculcado son la base que ha sostenido cada paso que he dado.

A mi querido tío, **Geraldo Mencía**, quien desde el principio creyó en mí y en mi proyecto, brindándome su apoyo incondicional. Gracias por ser mi mentor y guía en este camino. Desde los primeros pasos hasta la culminación de este sueño, siempre estuvo presente, ofreciendo su ayuda y compartiendo su experiencia. Su generosidad no solo se reflejó en su tiempo, sino también en las personas que me presentó, como **Don Javier Mencía, a mi tío Jenny Navarro y a mi tía Sagla Mencía** quienes jugaron un papel crucial en el desarrollo de mi tesis. Mi gratitud hacia ustedes es inmensa, porque su apoyo fue fundamental en cada fase de este proceso.

A mi hermano, **Erick Hernández**, por su inquebrantable fe en mí, por ser mi impulso constante, y por motivarme a seguir adelante, aun en los momentos más difíciles, hasta llegar a este importante logro.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por otorgarme la sabiduría, la fortaleza y el valor necesarios para culminar esta etapa académica tan significativa. Su guía ha sido mi faro en cada paso de este camino.

A mi asesor principal, M.Sc. Jorge David Zuniga, por su dedicación, paciencia y apoyo incondicional. Sin sus acertadas palabras y correcciones precisas, este logro habría sido imposible. Gracias por su guía constante y por compartir su sabiduría, que me ha permitido llegar a esta etapa tan ansiada.

A mis asesores auxiliares, M.Sc. Robert Danilo Rubí Torres y M.Sc. Carlos Roberto Irías Zelaya, por su exigencia y compromiso. Aprecio profundamente el apoyo brindado y los valiosos conocimientos que me impartieron a lo largo de este proceso.

A mis queridos amigos de la universidad, que, a pesar de la distancia y el poco tiempo de contacto, siempre estuvieron pendientes de mí. Agradezco profundamente su apoyo, en especial a **Greisy Morazán, Daniela Juárez, José Chirinos, Nathalie Pineda, Daydi Vargas, Andrea Pinto y mi amada hermana Diana Hernández**, quien ha sido una pieza fundamental en este proceso.

ÍNDICE

	Pag
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
LISTADO DE FIGURAS	vii
LISTADO DE ANEXOS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general:.....	2
2.2 Objetivos específicos:	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Problemática ambiental.....	3
3.1.1 Ganadería extensiva y su impacto.....	3
3.1.2 Cambio climático y sus efectos en la producción pecuaria	3
3.1.3 Pérdida de servicios ecosistémicos en el uso del suelo.....	4
3.1.4 Impacto de la ganadería convencional en la destrucción de ecosistemas	4
3.2 Sistemas silvopastoriles	5
3.2.1 Concepto e importancia	5
3.2.2 Beneficios ambientales	5
3.2.3 Productividad de los sistemas silvopastoriles	6
3.2.4 Conversión de pasturas a sistemas silvopastoriles.....	6
3.2.5 Rol de las especies maderables de alto valor comercial	6
3.2.6 Captura de carbono de los SSP	7
3.2.7 Impacto de los SSP en la calidad del suelo y la biodiversidad	7
3.2.8 Impacto de los SSP en la adaptación al cambio climático	8
3.2.9 Generación de ingresos para productores	8
3.3 Aspectos generales de las plantas	9
3.3.1 Cedro (<i>Cedrela odorata</i>).....	9
3.3.2 Parámetros ambientales	9

3.3.3	Funciones	9
3.3.4	Manejo de plagas	10
3.3.5	Caoba (<i>Swietenia humilis</i>)	10
3.3.6	Parámetros ambientales	10
3.3.7	Funciones	11
3.3.8	Manejo de plaga	11
IV.	METODOLOGÍA	12
4.1	Descripción del área de estudio	12
4.2	Materiales y equipo	13
4.3	Método de la investigación	13
4.3.1	Fase 1: Caracterización de las condiciones iniciales del suelo	13
4.3.2	Fase 2: Monitoreos de la productividad inicial de los pastos	16
4.3.3	Fase 3: Monitoreos de las plántulas de especies maderables introducidas ...	18
4.3.4	Fase 4: Establecimiento de charlas de educación ambiental	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
VI.	CONCLUSIONES	47
VII.	RECOMENDACIONES	48
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	50
	ANEXOS	54

LISTADO DE FIGURAS

	Pag
Figura 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio	12
Figura 2. Establecimiento del sistema silvopastoril.....	20
Figura 3 Ubicación de la parcela demostrativa con un diseño silvopastoril.....	25
Gráfico 4 Resultados del análisis de pH en las muestras de suelo.....	27
Gráfico 5 Resultados del análisis de materia orgánica en las muestras de suelo	28
Gráfica 6 Resultados del análisis de textura en las muestras de suelo	29
Gráfica 7 Resultados del análisis de densidad aparente en las muestras de suelo	29
Gráfica 8 Resultado del análisis de infiltración del agua.....	30
Gráfica 9 Resultados del análisis de la altura del pasto en las áreas evaluadas.....	32
Gráfica 10 Resultados del análisis de la cobertura del pasto en las áreas evaluadas.....	32
Gráfica 11 Análisis de la materia seca del pasto obtenida a partir del peso fresco y seco.....	33
Gráfica 12 Resultados del análisis de la altura del pasto en las áreas evaluadas.....	34
Gráfica 13 Diámetro de las plantas de <i>Cedrela odorata</i> y <i>Switenia humilis</i> en el sistema silvopastoril.....	35
Gráfica 14 Altura de las plantas de <i>Switenia humilis</i> y <i>Cedrela odorata</i> en el sistema silvopastoril.....	36
Gráfica 15 Diámetro promedio de las especies introducidas en el sistema silvopastoril	36
Gráfica 16 Altura promedio del sistema silvopastoril	37
Gráfica 17 Tiempo de experiencia en producción	39
Gráfica 18 Conocimiento previo sobre la arborización en zonas de recarga hídrica.....	40
Gráfica 19 Interés en implementar técnicas de arborización	41
Gráfica 20 Tiempo dispuesto a invertir de técnicas de arborización	42
Gráfica 21 Opinión sobre la importancia del agua en la producción agrícola.....	43
Gráfica 22 Disposición a asistir a talleres y capacitaciones sobre arborización.....	44
Gráfica 23 Opinión sobre la importancia de establecer una jornada de educación ambiental	45

LISTADO DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1 Matriz para la recopilación de datos de la PMP establecida	54
Anexo 2 Matriz para las condiciones del suelo	54
Anexo 3 Matriz para la productividad del pasto.....	55
Anexo 4 Formulario para las charlas de educación ambiental a los productores	55
Anexo 5 Recolección de muestras y análisis de laboratorio para la caracterización del suelo .	57
Anexo 6 Registro de cobertura y composición del pastizal en la parcela de estudios	58
Anexo 7 Traslado de especies forestales, medición y enumeración de plantas y elaboración de banderines de identificación	59
Anexo 8 Establecimiento del Sistema Silvopastoril en la parcela de estudio	60
Anexo 9 Proceso de recolección de información participativa y charlas técnicas	61
Anexo 10 Proceso de preparación del abono Bocashi en campo	62

I. INTRODUCCIÓN

En Honduras, la cobertura forestal ha experimentado una preocupante reducción en la última década, pasando del 56% a solo el 51%, según el Instituto de Conservación Forestal (ICF). Esto se traduce en una pérdida anual promedio de más de 50,000 hectáreas de bosque entre 2013 y 2021, exacerbando la crisis ambiental al superar las áreas forestales recuperadas (Madrigal 2024). Además, un 11.42% del territorio nacional ha sido convertido para usos que han provocado deforestación, mientras que el 26.78% se destina a la agricultura y ganadería, según el Instituto Nacional de Estadística (INE 2016).

La deforestación impacta la biodiversidad, los suelos, el clima y la disponibilidad de agua, resaltando la necesidad de sistemas agroforestales y silvopastoriles como alternativas sostenibles (Quispe et al. 2023 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (s. f.)). Los sistemas silvopastoriles, que combinan árboles, arbustos y pastos con la ganadería, contribuyen a la recuperación del suelo, la mejora de los recursos hídricos y la captura de carbono, evitando prácticas como la quema de pastizales (Alonso 2011 Ibrahim et al. s. f.). Asimismo, el cedro (*Cedrela odorata*) y la caoba (*Swietenia humilis*) son especies de alto valor comercial por su madera de calidad, ampliamente utilizada en la industria maderera (Miranda et al. 2016).

Esta investigación tiene como objetivo establecer una línea base que permitió evaluar las condiciones actuales de las pasturas convencionales en la aldea El Guantillo, municipio de El Porvenir, departamento de Francisco Morazán, antes de su conversión a un sistema silvopastoril con especies maderables de alto valor comercial. La información recopilada sirvió como punto de referencia para futuros estudios, diseñando estrategias de manejo sostenible facilitando el monitoreo de cambios en la productividad, calidad del suelo y eficiencia del sistema silvopastoril, aportando insumos fundamentales para la toma de decisiones en la implementación de prácticas más sostenibles que benefician tanto como a los productores como al ecosistema.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Realizar el levantamiento de una línea base para caracterizar las condiciones biofísicas y productivas de las pasturas convencionales en El Guantillo, El Porvenir, Francisco Morazán, previo a su conversión a un sistema silvopastoril con especies maderables de alto valor comercial

2.2 Objetivos específicos:

Evaluar la fertilidad y compactación del suelo a través del análisis de nutrientes y propiedades físicas para establecer una línea base en la conversión a un sistema silvopastoril.

Determinar la cantidad de biomasa y materia seca de los pastos, antes y durante la intervención con especies maderables.

Determinar altura, diámetro basal y estado de salud de las plántulas maderables para establecer una línea base de su desarrollo en el sistema silvopastoril.

Implementar una jornada de educación ambiental para fomentar la adopción de sistemas silvopastoriles y la arborización entre los productores locales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Problemática ambiental

La percepción de la actividad ganadera suscita opiniones divergentes entre diversos sectores sociales. Mientras que para los medianos y grandes ganaderos representa un símbolo de estatus y una fuente de ingresos significativa, para los ambientalistas constituye una preocupación por la pérdida de biodiversidad, la degradación de servicios ecosistémicos clave de los bosques, la interrupción de flujos energéticos necesarios para la regeneración forestal y la emisión de metano, un gas con impactos negativos en el cambio climático (Garland EB et al. 2023).

3.1.1 Ganadería extensiva y su impacto

En las últimas décadas, la ganadería ha experimentado transformaciones significativas a nivel global. Este proceso de cambio inició a mediados del siglo XX con la denominada “Revolución Verde” y ha mantenido su evolución hasta la actualidad, adaptándose a nuevas condiciones productivas, ambientales y socioeconómicas (Herrera P y Majadas J 2018). Por esto, la ganadería extensiva genera impactos negativos en los ecosistemas, especialmente en la degradación del suelo. Factores como la deforestación para la expansión de pastizales y el pisoteo constante del ganado provocan alteraciones en la estructura del suelo, lo que puede derivar en procesos erosivos, disminución de nutrientes y pérdida de biodiversidad (Mora et al. 2017).

3.1.2 Cambio climático y sus efectos en la producción pecuaria

El cambio climático afecta los sistemas extensivos al reducir la disponibilidad de alimentos y las condiciones para la ganadería, que depende de grandes pastizales. Esto impacta la dieta de las poblaciones vulnerables y agrava la situación de los productores, cuya dependencia de los ciclos

naturales y la ubicación de sus tierras los hace más vulnerables (Mendoza et al. 2020). Igualmente, el cambio climático afecta la producción ganadera directa e indirectamente, impactando la salud, bienestar y productividad animal, así como la calidad y disponibilidad de pastos. El aumento de temperaturas genera estrés térmico, reduciendo el crecimiento, la reproducción y la resistencia a enfermedades. La variabilidad de lluvias provoca escasez de agua, mayor incidencia de plagas y cambios en la calidad del forraje (Alibes Joan et al. 2020).

3.1.3 Pérdida de servicios ecosistémicos en el uso del suelo

Los suelos son esenciales en los ecosistemas y agroecosistemas, ya que cumplen funciones vitales como sustentar la vegetación, almacenar agua y proporcionar nutrientes. Además, ayudan a regular el clima mediante el secuestro de carbono y respaldan actividades sociales y económicas, especialmente en la agricultura y la seguridad alimentaria (Burbano 2016). Por otro lado, los cambios en el uso de suelo y la cubierta vegetal, producto de actividades humanas, impactan negativamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Además, contribuyen al cambio climático a nivel regional, acelerando la pérdida de recursos naturales y afectando a las comunidades dependientes de estos servicios (Sahagun y Reyes 2017).

3.1.4 Impacto de la ganadería convencional en la destrucción de ecosistemas

Los impactos de la ganadería son más severos en ecosistemas forestales, donde la conversión a pastizales con especies introducidas provoca una degradación biológica y ecológica significativa, reduciendo la biodiversidad y alterando el equilibrio del ecosistema (Yepes s. f.). Asimismo, esta degradación de los ecosistemas reduce la disponibilidad de tierras para otros usos, como la agricultura de subsistencia o la conservación. Además, persiste la idea errónea de que más tierra permite mayor número de cabezas de ganado, cuando en realidad se ha demostrado que un manejo eficiente puede optimizar la producción en menor espacio (Gaviria 2024).

3.2 Sistemas silvopastoriles

Con relación a un sistema integrado que une la producción de madera y forraje en la misma área, combinando bosque, pasturas y ganado como componentes principales para optimizar el uso del suelo y fomentar la sostenibilidad (Valle 2023). La silvicultura, en el marco del manejo sostenible del bosque natural, buscó asegurar servicios ambientales clave, como la prevención de deslizamientos e inundaciones, la regulación del ciclo hidrológico, la conservación de hábitats para la vida silvestre y el fomento de actividades como el ecoturismo y la caza de subsistencia, entre otros (Montes 2014).

3.2.1 Concepto e importancia

La silvicultura es el arte de gestionar y cultivar los bosques para mantenerlos en un estado que permita alcanzar objetivos específicos, como la producción de madera y otros recursos, de manera económicamente rentable, asegurando al mismo tiempo la sostenibilidad del ecosistema (Ordoñez s. f.). Así pues, la silvicultura se centra en desarrollar prácticas que reduzcan costos y aumenten los beneficios sociales, con el objetivo de promover la regeneración del bosque, mejorar su productividad y optimizar la calidad de la madera obtenida (Montes 2014) .

3.2.2 Beneficios ambientales

Los servicios ambientales son beneficios proporcionados por los bosques y las plantaciones forestales, los cuales contribuyen directamente a la protección y mejora del entorno, siendo resultado de los procesos naturales (Franquis 2003). Asimismo, el silvicultor busca implementar prácticas que reduzcan costos y aumenten los beneficios sociales, promoviendo la regeneración del bosque y mejorando la producción y calidad de la madera. Además, la silvicultura sostenible garantiza servicios ambientales como la prevención de deslizamientos, la regulación del ciclo hídrico, la conservación de hábitats y el fomento de actividades como el ecoturismo y la caza de subsistencia (Montes 2014).

3.2.3 Productividad de los sistemas silvopastoriles

Estos sistemas mejoran la productividad de la tierra y la producción de carne y leche, además de fortalecer la rentabilidad de la finca. La integración efectiva de árboles, pastos y ganado optimiza tanto la producción agrícola como ganadera, favoreciendo la autosuficiencia y sostenibilidad del sistema (Chara J et al. 2020). Así pues, la productividad de los sistemas silvopastoriles se relaciona con la eficiencia y el rendimiento de estas prácticas que combinan cultivos agroecológicos de arbustos forrajeros con pastos para el pastoreo directo del ganado. Estudios han examinado la productividad y rentabilidad de estos sistemas intensivos en América Latina, como en Michoacán, México, donde se ha notado un aumento en la producción de leche y en el peso de los animales al emplear una combinación de gramíneas y leguminosas (Estrada et al. 2018).

3.2.4 Conversión de pasturas a sistemas silvopastoriles

Las pasturas promueven acciones enfocadas en la recuperación de tierras degradadas y la implementación de prácticas climáticamente inteligentes, con un énfasis en el manejo de pasturas. Estas incluyen la optimización del uso de fertilizantes, la siembra de especies de pasturas mejoradas y adaptadas al clima, y la gestión eficiente de la oferta forrajera, lo que contribuye a un manejo más sostenible y productivo de los suelos agrícolas y los recursos ganaderos (Suber et al. 2019). Por otro lado, las pasturas sobreexplotadas experimentan una disminución progresiva en su productividad y mayor vulnerabilidad frente a factores climáticos, posicionándose como uno de los sistemas productivos más débiles y con un impacto ambiental negativo significativo (Romero et al. 2024).

3.2.5 Rol de las especies maderables de alto valor comercial

La madera de caoba es considerada la más valiosa a nivel mundial, seguida por el cedro, lo que ha provocado una explotación intensiva de los bosques naturales donde estas especies crecen. En el caso de la caoba, esta explotación data de más de 500 años, llevando a estas especies al riesgo de extinción en gran parte de los países donde se encuentran de forma natural (Martínez 2015). Por

otra parte, la silvicultura en Honduras abarca actividades relacionadas con el cultivo, manejo y uso de los bosques. En la etapa inicial de la cadena de valor están los silvicultores y quienes extraen madera, actuando como productores y comercializadores primarios. Estos no solo generan productos como troncos, trozas o tucas, y subproductos como resina y astillas de ocote, sino que también ofrecen diversos servicios ambientales (Valderrama et al. 2019)

3.2.6 Captura de carbono de los SSP

La captura de carbono es un proceso clave para mitigar el cambio climático, ya que consiste en almacenar dióxido de carbono (CO_2) en reservorios como la biomasa, los suelos o estructuras artificiales. Diversos estudios señalan que al reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente el CO_2 , y en menor medida el metano (CH_4) y el óxido de nitrógeno (NO), los cuales han aumentado debido a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Valderrama et al. 2019).

La capacidad de la caoba para capturar carbono resalta su gran potencial como almacén en la biomasa, representando una herramienta eficaz para mitigar el cambio climático. Este potencial puede ser maximizado mediante prácticas ambientales responsables, como la reforestación, la forestación y la ampliación de la cobertura forestal, entre otras estrategias (Giler 2022). El cedro muestra un aumento significativo en su capacidad de absorción y captura de CO_2 a medida que crece, especialmente cuando incrementa el diámetro de su copa y el desarrollo de la bóveda forestal. Este proceso está directamente relacionado con un incremento en la capacidad fotosintética de la planta, lo que resulta en una mayor captación de CO_2 (Díaz et al. 2016).

3.2.7 Impacto de los SSP en la calidad del suelo y la biodiversidad

La calidad del suelo es un proceso complejo influenciado por las actividades humanas y factores ambientales. Como un sistema vivo, el suelo genera propiedades como fertilidad, productividad y resiliencia, que dependen de su capacidad para resistir y recuperarse de impactos. Su calidad se

evalúa según su habilidad para mantener estas funciones y su capacidad de recuperación ante cambios. (Giraldo s. f.). Con respecto a conversión de bosques en pastizales amenaza la biodiversidad, pero este impacto podría mitigarse si los productores conservaran algunos árboles en las pasturas. Estos árboles actuarían como fuentes de semillas, promoviendo la regeneración natural, y como hábitats fuentes de alimento para la fauna local (Alonso 2011).

3.2.8 Impacto de los SSP en la adaptación al cambio climático

La ganadería, crucial para millones de productores, enfrenta riesgos por el cambio climático, aunque este tema no ha recibido suficiente atención en los países en desarrollo. El cambio climático afecta la ganadería de varias formas: reduce la cantidad y calidad de pastos, genera estrés térmico en los animales, altera el acceso al agua y favorece la propagación de enfermedades. También impacta la biodiversidad de las plantas, modifica los sistemas de vida de las comunidades y tiene efectos indirectos sobre la actividad ganadera (Leguía 2015).

3.2.9 Generación de ingresos para productores

El manejo, comercialización e industrialización de productos forestales maderables es una fuente clave de empleo para pequeños productores que residen en áreas boscosas. Esta actividad constituye una de las principales vías de sustento económico para sus familias, al depender de la extracción y venta de madera como ingreso principal (Merizalde et al. 2023). La silvicultura para el desarrollo de las comunidades locales surgió como una nueva modalidad en todo el mundo para la consolidación de la actividad forestal, recibiendo apoyo de organizaciones internacionales y siendo parte de paquetes de programas y proyectos (Hobley 2005).

3.3 Aspectos generales de las plantas

3.3.1 Cedro (*Cedrela odorata*)

El cedro, también conocido como cedro rojo, es un árbol caducifolio de mediano a grande que alcanza alturas de 10 a 20 metros y un diámetro a la altura del pecho de 60 cm a 100 cm. Su corteza externa es amarga y de color rojizo, mientras que la interior es rosada. La copa es redonda y presenta ramificaciones gruesas con lenticelas redondas en ramas jóvenes. El fuste es recto, bien formado y cilíndrico, con contrafuertes en la base. El cedro se distribuye en América Central y del Sur, desde el Norte de México hasta el Norte de Argentina, incluyendo las islas del Caribe (González et al. 2021).

3.3.2 Parámetros ambientales

El cedro es un árbol de tamaño variable que se encuentra en climas tropicales con alta exposición solar y temperaturas promedio anuales de 22 a 27 grados Celsius. Prefiere suelos ácidos, arcillosos y bien drenados, así como áreas recientemente inundadas. También puede crecer en suelos con textura arcillo-limosa y pH moderadamente ácido a ligeramente alcalino (Fernández 2005)

3.3.3 Funciones

La madera del cedro es densa y de alta calidad, utilizada en una variedad de aplicaciones como construcción ligera, decoración de interiores, construcción naval, muebles finos, instrumentos musicales, entre otros. Su agradable aroma la hace ideal para joyeros, cajas de cigarros y muebles que requieren protección contra polillas. Las ramas se emplean en cercas vivas, postes y como leña. Durante la floración, atrae a las abejas y produce néctar en abundancia si las condiciones climáticas son favorables (Ávila et al. s. f).

3.3.4 Manejo de plagas

El barrenador del tallo (*Hypsipyla grandella*) es la principal plaga del cedro, causando deformaciones en el fuste al perforar brotes jóvenes, lo que reduce su valor comercial. Su ciclo de vida corto le permite estar activo todo el año, afectando más a árboles en áreas soleadas. Para su control, se recomienda el uso de plantaciones mixtas o la combinación con *Datura spp.*, cuyo aroma dificulta que la plaga localice sus hospedantes (Ávila et al. s. f.)

3.3.5 Caoba (*Swietenia humilis*)

La caoba es un árbol grande que puede llegar a medir entre 20 y 35 metros de altura, con hojas grandes y brillantes en la parte superior y verde oscuro en la parte inferior. Produce flores blancas cremosas en panículas y frutos en forma de pera con semillas cubiertas por un ala café. Para germinar las semillas, se recomienda enterrarlas ligeramente en una mezcla de tierra y arena, preferiblemente colocadas en posición vertical. La raíz suele emerger entre 40 y 78 días, con una tasa de germinación que varía del 60% al 84%, dependiendo de la calidad de la semilla (Rojas Rodríguez y Torres Córdoba 2008)

3.3.6 Parámetros ambientales

Según Synnott, (2009) el desarrollo óptimo de la caoba depende en gran medida de las condiciones ambientales. Este árbol prefiere suelos profundos y ricos en materia orgánica. Aunque las plántulas jóvenes pueden crecer en sombra parcial o total, necesitan niveles más altos de luz para crecer bien. Se recomienda que al menos la mitad de la luz solar llegue a las plantas para un crecimiento adecuado, aunque algo de sombra lateral puede ser beneficiosa durante los primeros años.

3.3.7 Funciones

La caoba es valorada por su belleza, durabilidad y facilidad de trabajo. Estados Unidos es el mayor consumidor mundial de esta madera y tiene normas estrictas para su importación. La caoba puede germinar en diversos niveles de sombra y mantener un balance de carbono positivo incluso en condiciones de poca luz. Su uso comercial y manejo sostenible son importantes para su conservación y aprovechamiento en diferentes partes del mundo (Synnott 2009).

3.3.8 Manejo de plaga

El barrenador del tallo (*Hypsipyla grandella*) es una plaga clave en plantaciones jóvenes, especialmente en áreas expuestas al sol, donde ataca los brotes terminales y deforma el fuste se realizó como podas para eliminar brotes infestados y larvas, cortando 20 cm por debajo del daño visible. Estas podas deben realizarse a inicios y mediados de la temporada de lluvias, complementadas con podas de conformación para restaurar la estructura del árbol (La Comisión Nacional Forestal CONAFOR s. f).

IV. METODOLOGÍA

4.1 Descripción del área de estudio

Esta investigación se desarrolló en la aldea El Guantillo (**Figura 1**) se localiza en el municipio de El Porvenir, en el departamento de Francisco Morazán, Honduras. Situada en una zona montañosa, la aldea se encuentra a una altitud aproximada de 900 metros sobre el nivel del mar (MSNM). Debido a su elevación, el clima es fresco, con temperaturas que varían entre los 18°C y 24°C durante el día, y descensos nocturnos, especialmente en las temporadas más frías. Esta región presenta una vegetación exuberante y una notable variabilidad climática debido a su ubicación geográfica. El área total donde se elaboró el establecimiento del sistema silvopastoril abarca aproximadamente 1.5 hectáreas para la implementación del sistema.

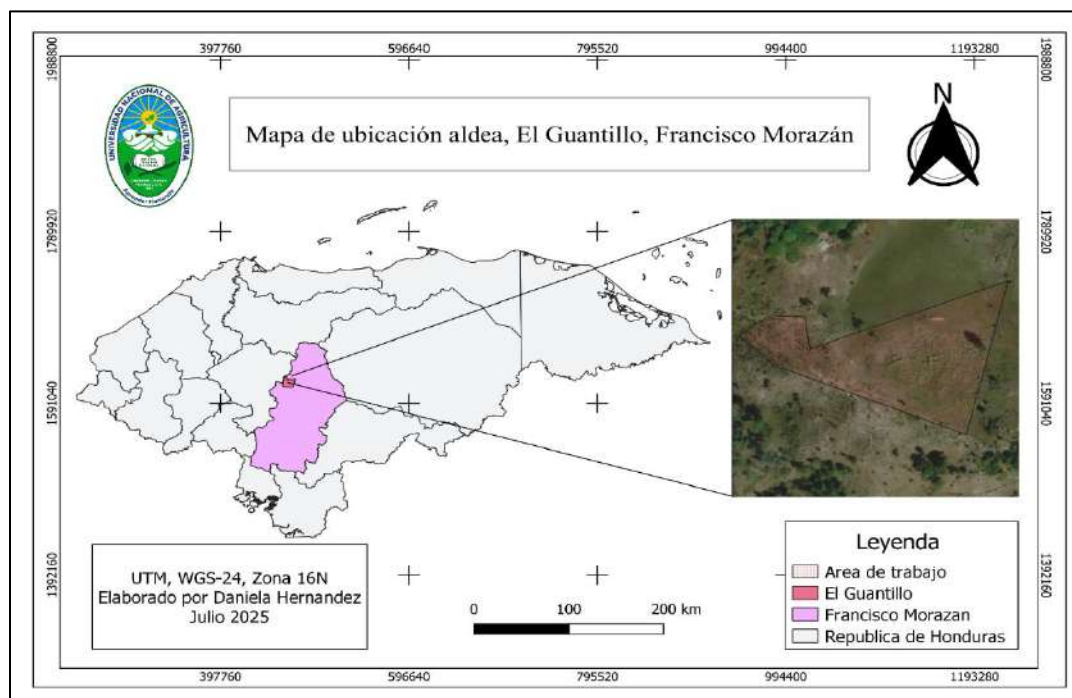


Figura 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

4.2 Materiales y equipo

Se utilizaron diversos materiales y métodos para caracterizar las condiciones iniciales del suelo, como medidores de pH y observó visualmente la textura y presencia de maleza. Para el monitoreo de la productividad de los pastos, se emplearon cintas métricas para medir la altura del pasto, tijeras para cortar muestras, balanzas para pesarlas. Las plántulas de especies maderables se midieron con cintas métricas y un pie de rey para la altura y diámetro, mientras que el estado de salud se evaluó visualmente y se llevó un registro del número de plántulas observadas. Finalmente, las charlas de educación ambiental, con material didáctico como presentaciones y se aplicaron encuestas para evaluar el conocimiento de los participantes de la capacitación. Todos estos datos se registraron en cuadernos de campo y mediante encuestas de evaluación, asegurando un seguimiento.

4.3 Método de la investigación

Para el logro de los objetivos propuestos en la presente investigación se planteó la realización de una serie de fases con sus respectivas actividades.

4.3.1 Fase 1: Caracterización de las condiciones iniciales del suelo

Se realizaron mediciones iniciales de las condiciones del suelo (**Figura 1**) antes de la conversión a sistemas silvopastoriles, con el propósito de un levantamiento de una línea base para su comparación posterior.

Las mediciones realizadas fueron:

4.3.1.1 pH del suelo

Se realizó un análisis del pH utilizando un método 1:2.5, en veinte puntos representativos de la parcela, evaluando una profundidad de 0-20 cm, con el fin de identificar posibles variaciones en

la acidez o alcalinidad del suelo. Para este procedimiento se utilizó un medidor de pH calibrado, siguiendo las actividades que fueron:

- Extraer submuestras de suelo en los veinte puntos designados y a las profundidades específicas.
- Mezclar las submuestras para luego mezclar la muestra compuesta con agua destilada en una proporción estándar (pH4 a pH7).
- Introducir el medidor de pH en la solución, registrar los valores y repetir el proceso para obtener datos consistentes.

4.3.1.2 Materia orgánica

El contenido de materia orgánica del suelo se evaluó recolectando submuestras en los puntos seleccionados al azar dentro de la parcela. Este análisis permitió estimar la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo, con un indicador clave de la calidad y fertilidad de este. Los pasos fueron:

- Tomar las submuestras de suelo a la profundidad superficial (0-20 cm) donde la materia orgánica es más abundante.
- Se realizó el envío de las muestras al laboratorio UNAG para su análisis mediante el método de Walkey Black- Modificado (FAO 2019).

4.3.1.3 Infiltración del agua

Este indicador se evaluó con el objetivo de determinar la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y suministrar a las plantas. Para ello, se seleccionó dos puntos representativos dentro de la parcela y se aplicó el método de doble anillo, siguiendo estos pasos:

- Saturar el suelo con agua hasta que se alcance la capacidad máxima.
- Permitir el drenaje del exceso de agua, midiendo la cantidad filtrada en el suelo.

4.3.1.4 Compactación del suelo

La compactación se analizó utilizando el método del cilindro de volumen para determinar la densidad aparente del suelo, un factor que afecta el crecimiento de raíces y la infiltración de agua.

El procedimiento fue:

- Insertar un cilindro en el suelo para poder registrar las diferentes compactaciones del suelo tanto como en la parte baja como en la parte alta del área del trabajo (**Figura 1**).
- Posteriormente, extraer muestras intactas de suelo con un cilindro, secarlas y pesar el contenido para calcular la densidad aparente.

4.3.1.5 Textura

La textura del suelo se determinó para conocer la proporción relativa de partículas minerales (arena, limo y arcilla), ya que esta característica influye directamente en la retención de agua, infiltración y disponibilidad de nutrientes. El análisis textural se llevó a cabo mediante el método del Bouyoucus (Beretta et al., 2014), en laboratorio, utilizando las siguientes etapas:

- Recolectar las submuestras a una profundidad de 0-20 cm en diferentes puntos de la parcela.
- Secar y tamizar las muestras para eliminar residuos orgánicos y fragmentos mayores de 2 mm.
- Después realizar la dispersión de las partículas del suelo en una solución con dispersante químico (Hexametáfosfato de Sodio).
- Medir del sedimento suspendido con un hidrómetro con tiempos establecidos, lo que permitió determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla en cada muestra.

Clasificación del tipo de textura del suelo mediante el triángulo textural del USDA.

Esta fase permitió obtener una descripción detallada de las condiciones iniciales del suelo, proporcionando una referencia clave para evaluar los efectos de la conversión a sistemas silvopastoriles. Los resultados fueron presentados en un cuadro ubicado en los anexos del estudio.

Análisis de datos

Los datos del suelo se analizaron mediante gráficos para visualizar las condiciones iniciales del pH, textura, materia orgánica, capacidad de retención de agua y compactación. El procesamiento de datos se realizó con Excel, asegurando un análisis preciso de la línea base del suelo para su comparación futura.

4.3.2 Fase 2: Monitoreos de la productividad inicial de los pastos

Se realizaron evaluaciones para establecer una línea base de las condiciones actuales de los pastos en el área de estudio (**Figura 1**) seleccionada antes de la incorporación de especies maderables. Estos datos fueron clave para evaluar el impacto de la conversión a sistemas silvopastoriles en la productividad de los pastos. A continuación, se describen las actividades realizadas:

4.3.2.1 Altura promedio del pasto

La altura promedio del pasto, se determinaron diez puntos representativos en el área de estudio, que serán medidos en cada mes del tiempo en campo, lo cual proporcionó información sobre el estado actual de la altura de las especies forrajeras. El procedimiento incluye:

- Identificar y marcar diez puntos representativos en la parcela medidos en centímetros.
- Medir la altura desde la base del suelo hasta el ápice de las hojas más altas utilizando un metro
- Registrar las mediciones y calcular un promedio para la parcela.

4.3.2.2 Biomasa de pastos

Se midió la biomasa aérea total del pasto en términos de kilogramo por hectárea para evaluar la capacidad productiva del área. El procedimiento fue:

- Delimitar 10 puntos representativas dentro del área de trabajo.

- Realizar un corte manual del pasto dentro de un cuadrante (50x50cm), asegurándose de cortar a una altura uniforme.
- Pesar inmediatamente las 10 muestras para obtener el peso fresco.
- Secar las muestras en el horno a 65 °C con un tiempo aproximado de 48 a 72 horas o también utilizar el sol dejándolo de 5 a 7 días hábiles para obtener el peso seco.
- Se convirtieron los datos de gramos (g) a kilogramos (kg) para multiplicarlo por el área del trabajo 1 hectárea (10,000 m²) para realizar el cálculo de Kilogramos sobre hectáreas (kg/h).

4.3.2.3 Cobertura de pasto

La cobertura porcentual del pasto se evaluó utilizando el método de cuadrantes, una técnica de estimación visual que permitió cuantificar el porcentaje el suelo cubierto por pasto. Los pasos fueron:

- Colocar un cuadrante de tamaño estándar (50x50 cm) en los puntos seleccionados de forma aleatoria dentro de la parcela.
- Evaluar visualmente el porcentaje de suelo cubierto por pasto dentro de cada cuadrante, estimando una proporción de cobertura vegetal respecto al área total del mismo.
- Promediar los valores obtenidos en los diferentes puntos para determinar la cobertura general de la parcela.

4.3.2.4 Días de recuperación

Se registró el tiempo necesario para que el pasto alcance una altura y biomasa adecuadas para su siguiente aprovechamiento. El procedimiento incluyó:

- Marcar los puntos de muestreo.
- Monitorear el crecimiento en cada mes de trabajo de campo hasta que el pasto alcance una altura óptima de aprovechamiento según su especie.
- Registrar el número de días transcurridos desde el corte hasta el punto de recuperación adecuado.

La fase inicial permitió realizar un diagnóstico detallado de la productividad inicial de los pastos, evaluando parámetros como el crecimiento, biomasa, cobertura vegetal, días de recuperación y contenido de materia seca. Estos datos sirvieron como línea base para comparar los cambios observados tras la introducción de especies maderables en el sistema silvopastoril. Los resultados obtenidos se presentaron en un cuadro detallado ubicado en los anexos del estudio (Anexo 3).

Análisis de datos

En esta fase, se analizaron las variables de productividad inicial de los pastos del área de trabajo seleccionado antes de la incorporación de especies maderables. La altura, la cobertura vegetal, biomasa del pasto y los días de recuperación. El procesamiento de datos se realizó con Excel, asegurando un análisis preciso de la línea base del pasto para su comparación futura.

4.3.3 Fase 3: Monitoreos de las plántulas de especies maderables introducidas

Se realizó el establecimiento y diagnóstico inicial de las plantas de especies forestales al momento de su plantación en el sistema silvopastoril.

4.3.3.1 Mediciones en vivero y en campo

4.3.3.1.1 Altura de la plántula

La altura inicial de cada plántula se midió desde la base del tallo hasta el ápice más alto. Este dato fue fundamental para determinar la tasa de crecimiento en el futuro. Los pasos fueron:

- Ubicar cada plántula marcada para el monitoreo.
- Utilizar una cinta métrica o regla para medir desde el nivel del suelo hasta la punta más alta de la plántula.
- Registrar las alturas en centímetros (cm) individualmente, asegurando precisión en las mediciones.

4.3.3.1.2 Diámetro basal

El diámetro basal se midió a nivel de la base del tallo utilizando un pie de rey para obtener datos precisos, especialmente para plántulas jóvenes con tallos delgados. Este parámetro es importante para evaluar la robustez inicial de las plantas. El procedimiento incluye:

- Colocar el pie de rey alrededor del tallo en su base, justo por encima del nivel del suelo.
- Tomar las lecturas en milímetros y registrar los valores de cada plántula.

4.3.3.2 Estado de salud de las plántulas

Se observó el estado general de las plántulas para identificar problemas relacionados con plagas, enfermedades o deficiencias nutricionales. Este análisis incluyó:

- Inspeccionar visualmente cada plántula en busca de hojas amarillentas, deformaciones, manchas, agujeros o tejidos dañados.
- Identificar posibles signos de estrés hídrico o nutricional, como marchitez o crecimiento limitado.
- Registrar cualquier hallazgo inusual, como presencia de plagas o síntomas específicos de enfermedades.

4.3.3.3 Registro de plántulas evaluadas

Se realizó un conteo detallado del número total de plántulas presentes al inicio del monitoreo para establecer una base de comparación futura. Este registro incluye:

- Verificar cuántas plántulas están en buen estado, basándose en las evaluaciones de altura, diámetro y salud.
- Identificar y registrar cualquier plántula ausente, dañada o en estado crítico para dar seguimiento a posibles causas de mortalidad.

Las mediciones se realizaron en vivero, para asegurar condiciones controladas que permitieron evaluar con precisión el desarrollo de las plántulas. Esto ayudó a comparar su crecimiento y adaptación en el campo, identificando factores que puedan afectar su desarrollo en condiciones menos controladas. Los resultados de estas mediciones fueron presentados en los anexos (Anexo 1).

4.3.3.4 Establecimiento y manejo inicial del Sistema Silvopastoril

Se estableció un sistema silvopastoril con un diseño de 3 metro entre planta y 8 metros entre surcos, organizando las especies en filas lineales para optimizar la distribución del espacio y la captación de luz solar.

4.3.3.5 Diseño y distribución de especies maderables

Se estableció dos especies arbóreas, cedro y caoba, con un espaciamiento de 3 m entre árboles en la misma fila y 8 m entre filas (**Figura 2**), asegurando una distribución homogénea dentro del área de pastoreo. Las filas de árboles se orientaron de acuerdo con la trayectoria del sol, que en este caso sale por el oeste y se oculta en el este, permitiendo una mejor captación de luz solar para las plántulas y el pasto, optimizando la distribución de sombra y regulando la temperatura del suelo para el bienestar del ganado. Además, las líneas o surcos de plantación se dispusieron lateralmente a la dirección del sol, favoreciendo una mayor penetración de la luz en el sistema y promoviendo un crecimiento equilibrado tanto de los árboles como de las gramíneas.

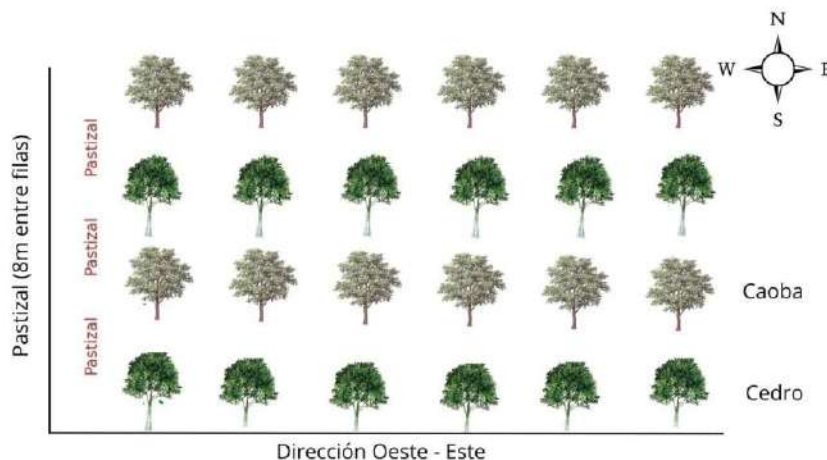


Figura 2. Diseño para el establecimiento del sistema silvopastoril

4.3.3.6 Plantación de árboles

La siembra de plántulas de cedro y caoba siguió el esquema definido (**Figura 2**), asegurando una correcta ubicación según las distancias establecidas (3x8 m) para optimizar la disponibilidad de luz, agua y nutrientes (Figura 2).

4.3.3.7 Manejo del pasto y mantenimiento

Se colocó una rueda de materia orgánica alrededor de cada plántula, la cual actúa como cobertura protectora que ayuda a retener la humedad del suelo reduciendo la evaporación del suelo, controlar el crecimiento de maleza y aportar nutrientes esenciales para favorecer el establecimiento de las especies maderables.

4.3.3.8 Preparación del terreno

Se realizó un acondicionamiento del suelo, incluyendo desbroce selectivo, nivelación y enmiendas orgánicas si son necesarias, para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento de las plántulas. El hoyado de las plantas se llevó a cabo unos días antes de la plantación, lo que permitió que el terreno se airee y se estabilice, asegurando una mejor adaptación de las raíces al suelo. Este tiempo previo también facilitó la integración de las enmiendas orgánicas y previene la compactación del suelo, mejorando la absorción de agua y nutrientes por las plántulas.

4.3.3.9 Elaboración de abono orgánico

El bocashi se elaboró siguiendo un proceso estructurado que incluye varias etapas:

- Preparación de los ingredientes: Se reúnen materiales como estiércol de gallinaza, bovinos y vacaza, maleza en base a levadura y rapadura de dulce, hojarasca, casulla, tierra y agua, los cuales aportan nutrientes y microorganismos esenciales para la fermentación.
- Mezclado inicial: Los ingredientes se combinan en capas y se humedecen de manera uniforme para activar la actividad microbiana.
- Fermentación aeróbica: La mezcla se voltea periódicamente para mantener una adecuada oxigenación, controlar la temperatura y evitar la compactación, lo que favorece una descomposición eficiente.
- Monitoreo del proceso: Durante aproximadamente 15 días, se observa la temperatura y

humedad del bocashi, asegurando que no supere los 60 °C para evitar la pérdida de microorganismos benéficos.

- Maduración y aplicación: Una vez estabilizado y con una textura homogénea, el bocashi está listo para ser aplicado en el suelo como un fertilizante orgánico de alta calidad.

Resultado esperado:

Esta fase permitió obtener un diagnóstico inicial sobre el desarrollo y la salud de las plántulas de especies maderables. Los datos recopilados sirvieron como referencia para evaluar su crecimiento y adaptación al sistema silvopastoril a lo largo del tiempo. Los resultados fueron presentados en un cuadro ubicado en los anexos del estudio.

Análisis de datos:

En esta fase, se analizó las características de las plántulas de especies maderables en sistemas silvopastoriles. Se utilizó gráficos de barras para representar la altura inicial de las plántulas y análisis de regresión para evaluar la relación entre el diámetro basal y la altura. El procesamiento de datos se realizó con software Excel.

4.3.4 Fase 4: Establecimiento de charlas de educación ambiental

Se buscó sensibilizar a los productores locales sobre los beneficios de la arborización y la implementación de sistemas silvopastoriles, fomentando su participación en prácticas sostenibles. A continuación, se describen las acciones específicas:

1. Charlas

Se organizó actividades educativas dirigidas a la comunidad local, con el apoyo en agroforestería y manejo sostenible de recursos. Estas sesiones incluirán:

- Temas tratados: Importancia de la arborización, beneficios ecológicos y económicos de los sistemas silvopastoriles, técnicas de implementación y mantenimiento.
- Formato: Charlas interactivas, demostraciones prácticas y dinámicas grupales que faciliten el aprendizaje.
- Propósito: Motivar a los productores a adoptar estos sistemas y resolver dudas sobre su implementación.

2. Monitoreo de la participación

Para medir el alcance y efectividad de las charlas, se llevó un registro detallado de los participantes y se evaluó su nivel de conocimiento. Esto se logró mediante:

- Registro de participantes: Nombre, ubicación.
- Encuestas de evaluación: Aplicación de cuestionarios después de la charla para medir el incremento en el conocimiento sobre sistemas silvopastoriles (Anexo 4).
- Seguimiento: Identificación de productores interesados en adoptar estas prácticas para ofrecerles apoyo técnico adicional.

Resultado esperado:

La intervención y el establecimiento fortaleció la sensibilización y el conocimiento de los productores locales, promoviendo la adopción de sistemas silvopastoriles. Este esfuerzo contribuyó a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo socioeconómico de la comunidad.

Análisis de datos

Los datos de las charlas de educación ambiental fueron analizados para evaluar su alcance y efectividad en la sensibilización de los productores sobre los sistemas silvopastoriles. Se utilizó registros de participación para caracterizar a los asistentes y determinar su grado de interés en la adopción de prácticas sostenibles. Las encuestas de evaluación, aplicadas después de la charla

fueron analizadas para medir el nivel de conocimiento adquirido. El procesamiento de datos se realizó con software Excel.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Establecimiento de la parcela silvopastoril

La parcela silvopastoril se estableció en un terreno de aproximadamente 1.5 hectáreas, con orientación de este a oeste. Se plantaron 463 plántulas con un espaciamiento de 3 metros entre plantas y 8 metros entre hileras, lo que facilita tanto su desarrollo como el monitoreo. El diseño buscó integrar de forma eficiente los árboles con el pasto, promoviendo un crecimiento armonioso entre ambos componentes del sistema.

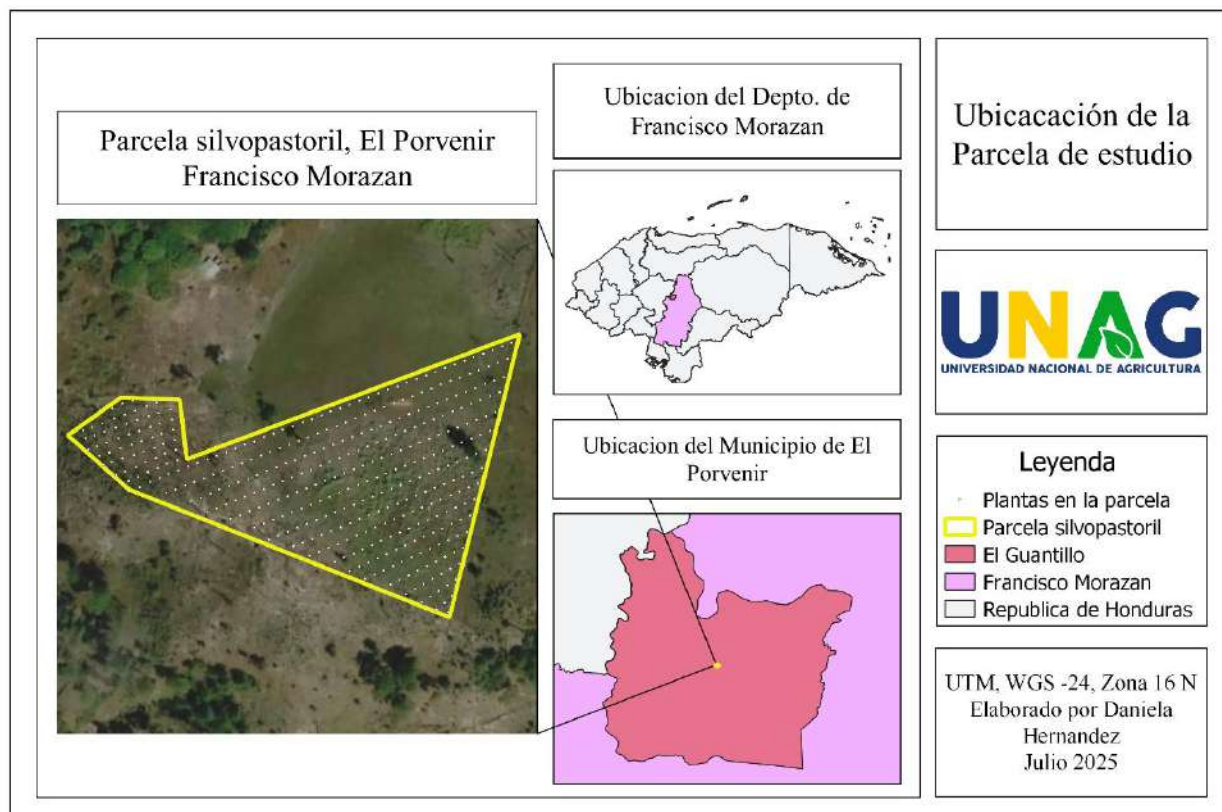


Figura 3 Ubicación de la parcela demostrativa con un diseño silvopastoril

La imagen (**Figura 3**) presenta la ubicación y el diseño de una parcela silvopastoril localizada en el municipio de El Porvenir, Francisco Morazán. En el diseño se identifican los individuos arbóreos vivos representados por puntos, distribuidos de manera uniforme según el patrón de siembra establecido (3 x 8 m). La orientación de la parcela es de este a oeste, lo que favorece la captación de luz solar y el crecimiento equilibrado de las especies plantadas. La identificación de individuos como árboles vivos (representados como puntos blancos) y plantas muertas (representados por los puntos rojos). Esta representación visual también permitió observar la integración de los árboles con la cobertura de pasto existente, así como las zonas de acceso utilizadas para el monitoreo y mantenimiento del sistema.

5.2 Primera fase: Análisis de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el área de estudio.

5.2.1 Análisis de pH del suelo

El análisis del pH del suelo basado en dos muestras en el (**gráfico 4**), como en el caso de la parcela 576 y suelo orgánico de referencia MRI, permitió determinar una línea inferior de acidez en el área de estudio. En este sentido, los datos obtenidos mostraron que el pH promedio del suelo en la parcela fue de 5,84 mientras que el suelo orgánico tenía un pH promedio 6,97 cercano a la neutralidad. Estos valores revelan diferencias significativas entre ambos suelos. El bajo pH moderadamente ácido de la parcela es probablemente el resultado de las prácticas intensivas de uso de suelos agrícolas. En cambio, el suelo orgánico de un bosque menos perturbado tenía un pH casi neutro, lo que es favorable para la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales y la vida microbiana.

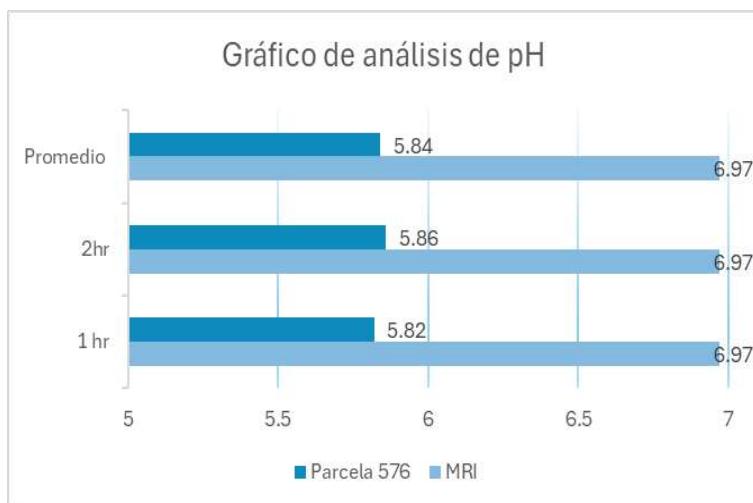


Gráfico 4 Resultados del análisis de pH en las muestras de suelo

5.2.2 Análisis de materia orgánica

El análisis de la materia orgánica del suelo basado en dos muestras en el (*gráfica 5*), la prueba en el suelo de la parcela 576 mostró algunas diferencias bastante obvias en comparación con el suelo orgánico estándar que usaron para comparar el contenido de materia orgánica en la parcela fue de 2.29%, mientras en el MRI fue más alta en 2.72%. El carbono orgánico en el MRI como el 1,58%, que, en la parcela, que era 1.33%. Realmente se podía ver un pequeño cambio en los niveles de nitrógeno, como en el MRI con un 0.14% y en la parcela solo un pequeño 0.11%. El contenido de MO en la parcela (2.29%) se encuentra en el rango más bajo del recomendado para suelos productivos, que generalmente es entre 3% y 5% según las condiciones climáticas y de gestión.

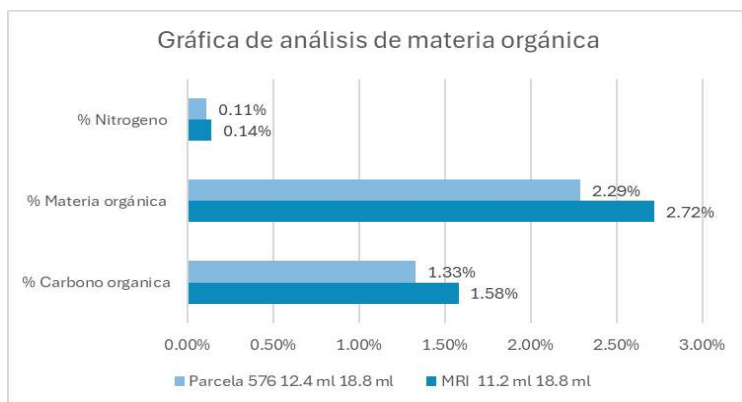
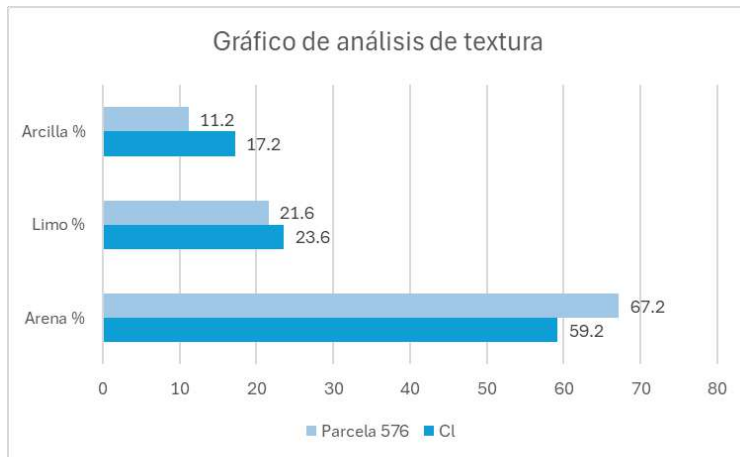


Gráfico 5 Resultados del análisis de materia orgánica en las muestras de suelo

5.2.3 Análisis de textura

El análisis de textura del suelo basado en dos muestras en la (**gráfica 6**), al examinar la composición del suelo en las dos áreas (la parcela 576 y el suelo de referencia, MRI), se reveló que ambas comparten una textura franco-arenosa. Esto quiere decir que la arena es el componente principal, acompañada por limo y, en menor medida, arcilla. No obstante, se notó que la parcela tenía un porcentaje más elevado de arena (67.2%) y menos arcilla (11.2%) al lado del suelo MRI, el cual contenía 59.2% de arena y 17.2% de arcilla.

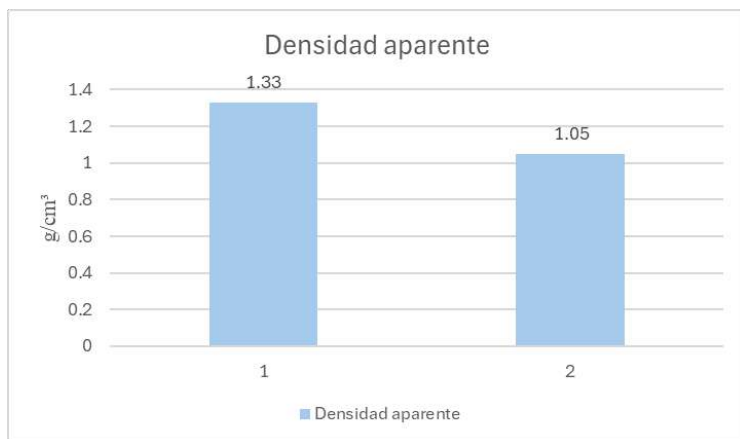
Estas variaciones sugieren que el suelo MRI, al tener más limo y arcilla, es mejor reteniendo agua y nutrientes. Por otro lado, la mayor cantidad de arena en la parcela facilita un drenaje más eficiente, aunque esto reduce la capacidad de retener agua y nutrientes, disminuyendo su fertilidad. La textura franco-arenosa es bastante usual en terrenos agrícolas de climas tropicales, proporcionando un buen drenaje y facilitando su manejo. Sin embargo, exige métodos de conservación y el uso de materia orgánica para equilibrar su limitada capacidad de retención de nutrientes.



Gráfica 6 Resultados del análisis de textura en las muestras de suelo

5.2.4 Análisis de compactación del suelo

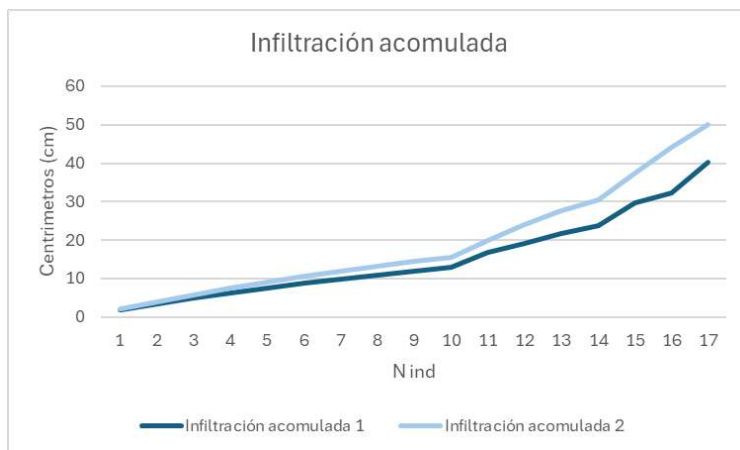
El análisis de compactación del suelo basado en la (**gráfica 7**), el análisis de la compactación del suelo, estimada mediante la densidad aparente, vimos que las dos muestras sacadas de la parcela 576 daban 1.33 g/cm^3 y 1.05 g/cm^3 . Esta diferencia nos dice que la compactación varía según la zona dentro del mismo lote. En términos generales, los valores andan en un punto medio, lo cual está bien para que las raíces crezcan y el agua se filtre, pero el valor más alto (1.33 g/cm^3) señala áreas más compactadas.



Gráfica 7 Resultados del análisis de densidad aparente en las muestras de suelo

5.2.5 Análisis de infiltración de suelo

El análisis de la infiltración acumulada del agua en el suelo en la (**gráfica 8**), muestra diferencias marcadas entre los dos puntos la infiltración acumulada dos presenta valores altos a lo largo del análisis comparando los de la infiltración acumulada uno en donde la pendiente de la curva se eleva de forma notoria. Estos resultados muestran que el segundo análisis favorece la capacidad de infiltración del suelo, lo cual se podría referir a la mejor estructura del suelo como mayor porosidad, menor compactación y mejor contenido de la materia orgánica.



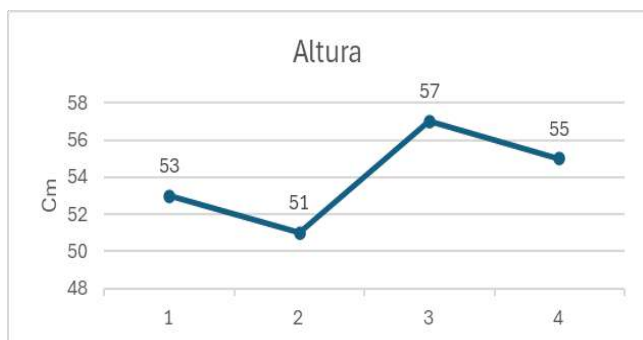
Gráfica 8 Resultado del análisis de infiltración del agua

5.3 Segunda fase: Evaluación del estado, crecimiento y cobertura del pasto en la parcela de estudio, para ver la productividad del sistema.

Para analizar el pasto, se tomaron en cuenta cinco aspectos clave: qué tan altura, cobertura cuánto cubría el suelo, su peso recién cortado, su peso después de secarlo y cuántos días tardaba en crecer de nuevo. La altura nos dio una idea de cuánto había crecido el pasto hacia arriba, notándose diferencias según la zona. La cobertura nos mostró qué tan lleno estaba el suelo de pasto, indicando qué tan denso era. El peso fresco midió la cantidad total de pasto justo después de cortarlo, y el peso seco nos dijo cuánta materia útil quedaba después de quitarle el agua. Por último, se contó cuántos días pasaron desde la última vez que se cortó o se usó para pastar, ayudando a ver cómo el tiempo de descanso afectaba cuánto y qué tan bueno era el pasto.

5.3.1 Análisis de altura del pasto

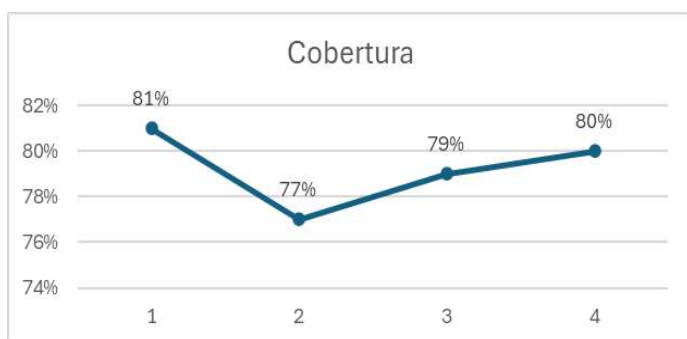
El análisis de los resultados del análisis de la altura (*gráfica 9*) reveló un patrón fluctuante a lo largo del tiempo examinado. Al principio, notamos que el tamaño bajó un poco, tal vez por culpa de la falta de agua o de abono. Luego, vimos que creció bastante, lo que apunta a que se repuso gracias a un clima más favorable o a mejores cuidados. Para terminar, volvió a bajar un poco, lo que da a entender que el crecimiento no se mantuvo del todo. Estas idas y venidas dejan ver lo mucho que le afectan al pasto las cosas de fuera y demuestran que es clave vigilarlo siempre para sacarle el máximo partido.



Gráfica 9 Resultados del análisis de la altura del pasto en las áreas evaluadas

5.3.2 Análisis de cobertura del pasto

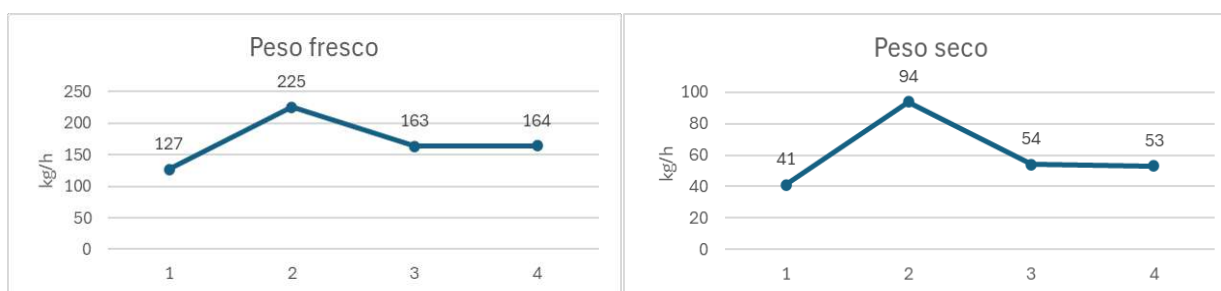
El estudio de la cobertura vegetal (*gráfica 10*), reveló que hubo pequeños cambios en la cantidad de pasto durante el tiempo examinado. Al principio, había bastante cobertura vegetal, pero luego bajó un poco, probablemente por cosas como que la gente o el ganado pisaran la zona, que se cortara la vegetación o por el mal tiempo. Después, vimos que la vegetación se recuperó poco a poco, casi volviendo a los niveles iniciales. Esta recuperación nos dice que la hierba tiene una buena capacidad para crecer de nuevo en estas condiciones, lo cual es una buena señal de que el manejo que se está haciendo es sostenible.



Gráfica 10 Resultados del análisis de la cobertura del pasto en las áreas evaluadas

5.3.3 Análisis de materia seca

Los datos sobre el análisis de materia secan (*gráfica 11*), reveló un aumento primario, tanto en la materia húmeda como en la seca, llegando a un punto alto antes de declinar poco a poco. Esta tendencia indicó una fase de acumulación de biomasa seguida por una posible pérdida de materia o reducción en el contenido de humedad. El peso entre la masa húmeda y la masa seca es claro, dado que ambas presentan un patrón parecido, lo cual da a entender que las alteraciones en la cantidad de agua están afectando sin rodeos a la variación del peso total del elemento analizado.

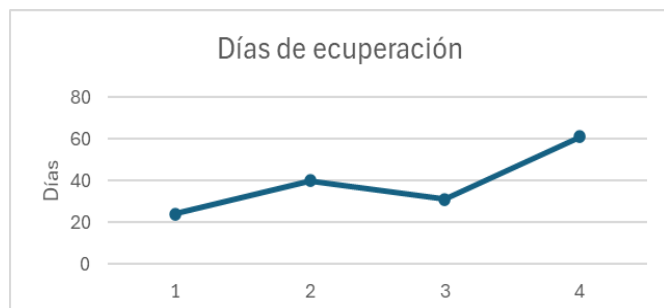


Gráfica 11 Análisis de la materia seca del pasto obtenida a partir del peso fresco y seco

5.3.4 Análisis de días de recuperación

Los análisis de días de recuperación (*gráfica 12*), representa el tiempo necesario para la recuperación del pasto bajo cuatro condiciones diferentes. En la primera condición, el césped presentó un tiempo de recuperación aproximado de 25 días, mientras que en la segunda condición este tiempo aumentó a alrededor de 40 días. En la tercera condición se observó una leve disminución, registrándose un periodo de recuperación de aproximadamente 30 días. Finalmente, en la cuarta condición se evidenció un incremento considerable, alcanzando los 60 días. Estos resultados sugieren que existen factores específicos en cada condición que influyen de manera significativa en la velocidad de recuperación del pasto, lo cual resalta la importancia de un manejo

adecuado y de la consideración de variables ambientales o de intervención en la regeneración del césped.

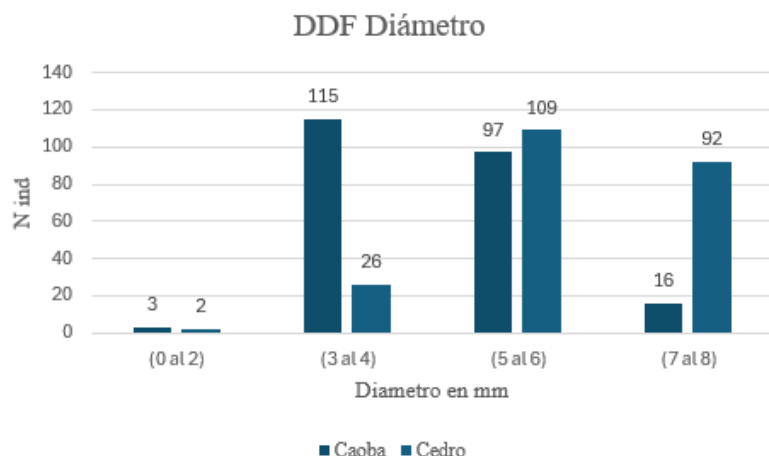


Gráfica 12 Resultados del análisis de los días de recuperación del pasto en las áreas evaluadas

5.4 Tercera fase: Monitoreos de las plántulas de especies maderables introducidas

4.3.5 Diámetro

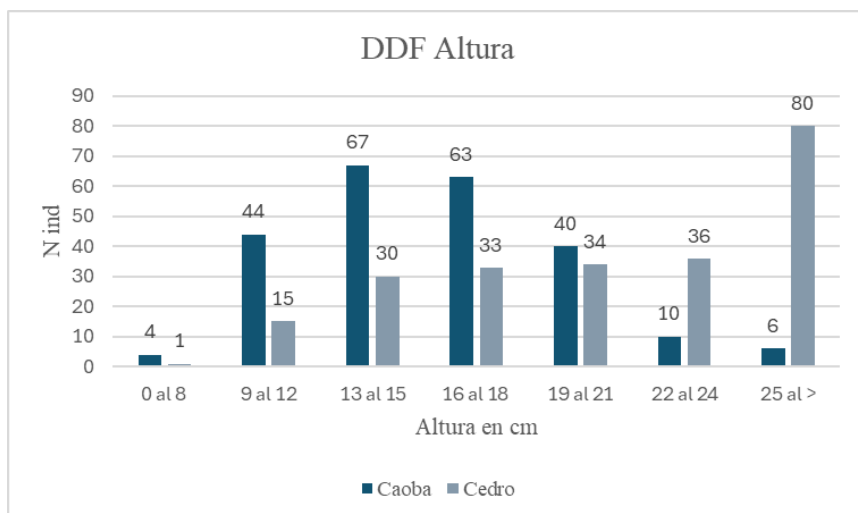
En este análisis (**gráfica 13**), se observa la densidad de individuos por hectárea de *Cedrela odorata* y *Switenia humilis* dividió en diferentes clases, evidenciando su regeneración y desarrollo, el *Cedrela odorata* tiene una mayor densidad en las clases de menor altura, mostrando una rápida disminución en las clases superiores, lo que indicó altas tasas de mortalidad o limitaciones en su crecimiento, a diferencia de la *Switenia humilis* presenta una distribución más equilibrada, con mayor estabilidad en las clases intermedias y menor representación en los extremos, lo que sugiere un mejor desempeño en etapas juveniles.



Gráfica 13 Diámetro de las plantas de *Cedrela odorata* y *Switenia humilis* en el sistema silvopastoril

4.3.6 Altura

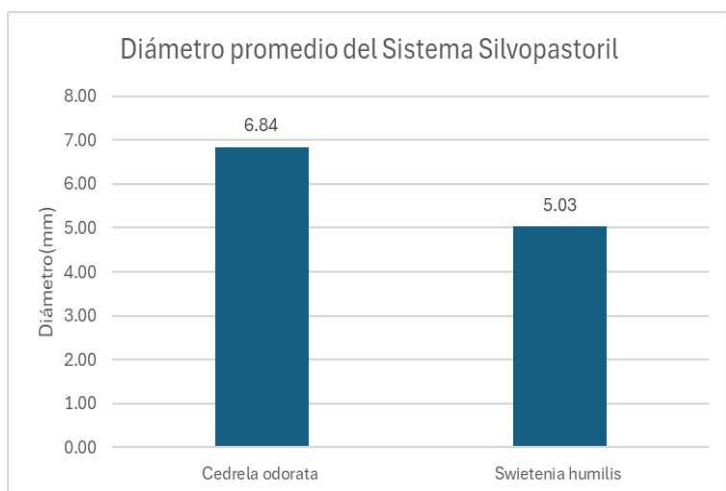
En este análisis (**gráfica 14**), se observan los individuos de *Cedrela odorata* y *Switenia humilis* distribuidos en diferentes alturas, reflejado diferencias en sus patrones de crecimiento y desarrollo, la *Cedrela odorata* alcanza su mayor densidad, lo que sugiere un buen establecimiento en etapas juveniles, aunque si presencia disminuye progresivamente, por otro lado el *Switenia humilis* presenta densidades mayores en las clases iniciales pero disminuye significativamente en las clases superiores, lo que indicó un desempeño parejo en las etapa más avanzada de crecimiento.



Gráfica 14 Altura de las plantas de *Switenia humilis* y *Cedrela odorata* en el sistema silvopastoril

4.3.7 Promedios de diámetro

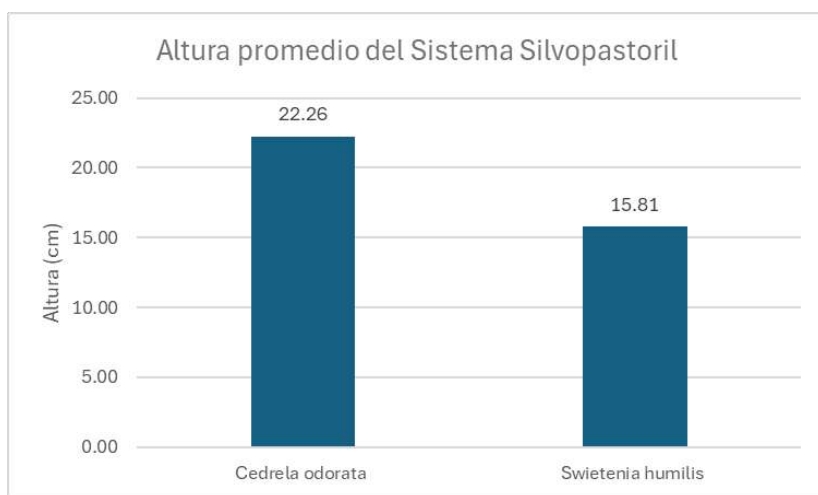
En la siguiente (**gráfica 15**) compara el crecimiento de dos especies arbóreas de cedro y caoba en el sistema silvopastoril. El *Cedrela odorata* presenta un diámetro promedio de 6.84 milímetros, mientras que la caoba alcanza un 5.03 milímetros, esto indicó que el cedro tiene un crecimiento más acelerado en este entorno, posiblemente debido a diferentes en adaptabilidad, condiciones del suelo, competencia por recursos o manejo del sistema



Gráfica 15 Diámetro promedio de las especies introducidas en el sistema silvopastoril

5.4.4. Promedios de altura

La (**gráfica 16**), muestra la altura promedio de las dos especies arbóreas en un sistema silvopastoril, donde el *Cedrela odorata* alcanza una altura promedio de 22.26 centímetros, superando a la *Swietenia humilis* que tiene un promedio de 15.81 centímetros y estos factores podrían deberse a factores como la genética de las especies.



Gráfica 16 Altura promedio del sistema silvopastoril

5.4.5. Elaboración de bocashi

La elaboración del abono orgánico bocashi permitió obtener un producto fermentado, con características físicas y microbiológicas adecuadas para la aplicación al suelo, la mezcla de todos los componentes promovió un favorable desarrollo de microorganismo, esenciales para la variación de nutrientes. El bocashi presento una textura homogénea, con un olor agradable indicando una buena estabilización del material, al aplicarlo en el fondo del hoyo combinado con la tierra se generó una zona rica en nutrientes y microorganismo esto ofreció una fertilidad inicial del suelo, una actividad microbiana estable, un aumento de retención de humedad y una reducción de estrés al trasplante, el bocashi no solo demuestra que aporta nutrientes orgánicos, sino que también actúa

como un mejorador biológico del suelo contribuyendo al desarrollo sostenible del cultivo.

5.5 Cuarta fase: Jornada de educación ambiental

La cuarta fase de este trabajo está orientada al desarrollo de un jornada de educación ambiental, enfocado en promover mejores prácticas en sistemas agroforestales. Se centró especialmente en la importancia de la arborización dentro de sistemas de producción ubicados en la zona reconociendo el papel fundamental que juegan los árboles en la conservación del agua y del entorno natural. Esta jornada buscó fortalecer la conciencia ambiental y fomentar una producción más sostenible entre los productores locales, integrando el conocimiento tradicional con enfoques de manejo responsable de los recursos naturales.

5.5.1 Jornada de educación para mejoras prácticas en sistemas agroforestales

4.3.7.1 Tiempo de experiencia en producción

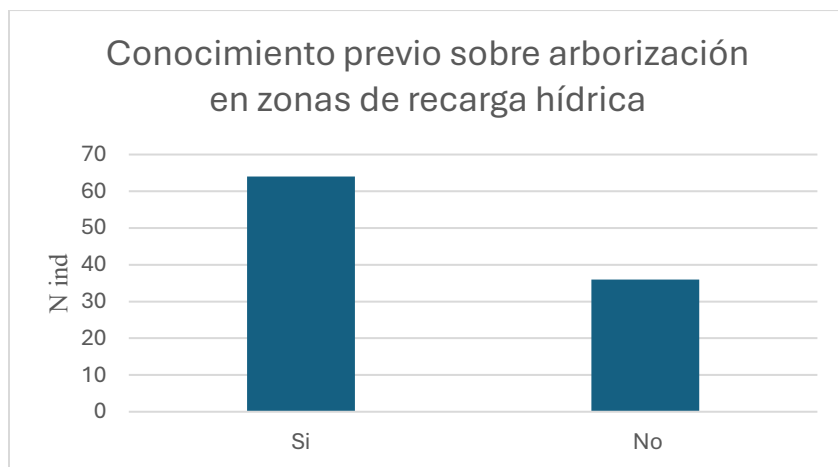
En la gráfica (*gráfica 17*) de la distribución de los productores según los años de experiencia en actividades productivas agropecuarias, la mayoría de los encuestados tienen más de 10 años de experiencia en la producción agrícola, lo que indicó una base sólida de conocimiento empírico en el área. Esta variable es clave para el diseño de estrategias de manejo sostenible, ya que los productores con mayor trayectoria pueden ser líderes en la adopción de nuevas prácticas. Sin embargo, la presencia de productores con menos de 5 años también sugiere oportunidades para intervenciones formativas que refuercen principios agroecológicos desde etapas tempranas. Esta diversidad en la experiencia debe ser considerada al implementar diferentes de capacitación y asistencia técnica.



Gráfica 17 Tiempo de experiencia en producción

4.3.7.2 Conocimiento previo sobre arborización en zonas de recarga hídrica

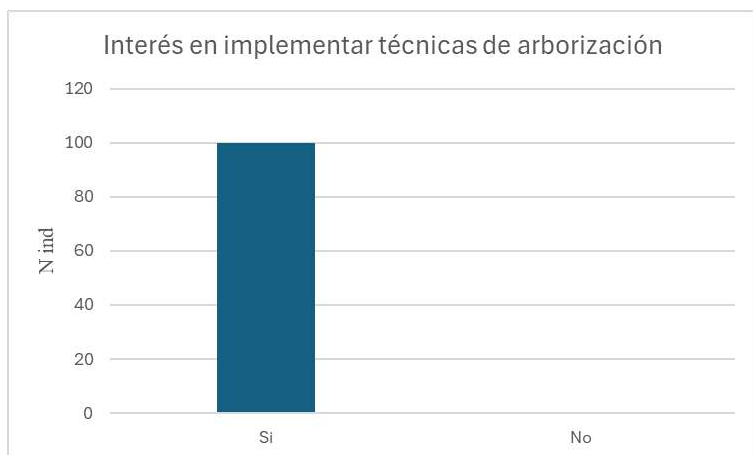
En la gráfica (**gráfica 18**) muestra si los productores conocen la importancia de incorporar árboles en potreros, la mayoría de los encuestados manifestó tener conocimientos previos sobre la importancia de la arborización, lo cual es un indicador favorable para la adopción de sistemas silvopastoriles. Este conocimiento previo puede relacionarse con experiencias pasadas, observaciones empíricas o encuestas anteriores en la comunidad. Reconocer este nivel de conciencia permitió enfocar las intervenciones en aspectos técnicos y funcionales más avanzados, como la selección de especies maderables o forrajeras, el diseño del sistema y el manejo integrado del forraje.



Gráfica 18 Conocimiento previo sobre la arborización en zonas de recarga hídrica

4.3.7.3 Interés en implementar técnicas de arborización

En la gráfica (*gráfica 19*) sobre muestra el interés de los productores por incorporar árboles en sus sistemas de producción ganadera. el 100% de los productores manifestó interés en implementar prácticas de arborización en sus potreros, lo cual representa una excelente oportunidad para promover sistemas silvopastoriles. Este alto nivel de interés puede derivar de beneficios reconocidos como sombra para el ganado, producción de madera, mejora del pasto y bienestar animal. Aprovechar este entusiasmo es clave para introducir esquemas piloto, parcelas demostrativas y asistencia técnica que consoliden estos sistemas de manera progresiva y adaptada a cada finca.



Gráfica 19 Interés en implementar técnicas de arborización

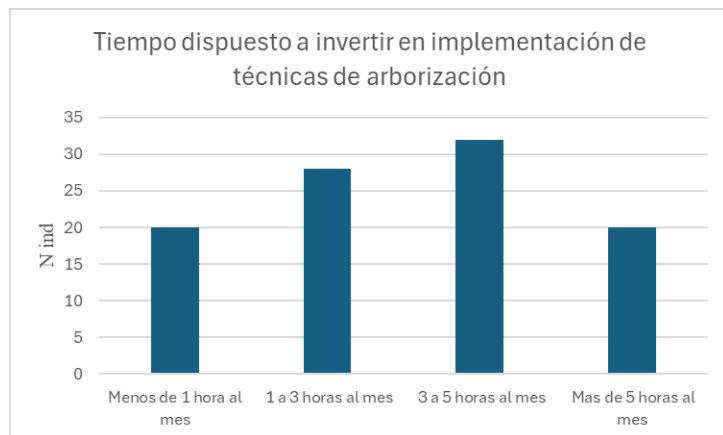
4.3.8 Técnicas de arborización en sistemas de producción silvopastoril

4.3.8.1 Barreras percibidas para la implementación de técnicas de arborización en sistemas de producción ganadera

En esta pregunta reveló que los productores enfrentan una combinación de barreras estructurales, técnicas, ambientales y sociales que dificultan la implementación de técnicas de arborización en potreros. Esta situación reflejó la necesidad de un enfoque integral que no solo proporcione plantas o herramientas, sino que también incluya capacitación técnica, fortalecimiento organizativo, incentivos económicos y soluciones de protección para los árboles en sistemas silvopastoriles. Comprender estas barreras es clave para diseñar políticas y proyectos efectivos y sostenibles en el ámbito ganadero de base agroecológica.

4.3.8.2 Tiempo dispuesto a invertir en la implementación

En esta grafica (*gráfica 20*) muestra el tiempo dispuesto a invertir en la implementación, la mayoría de los productores está dispuesta a dedicar entre 3 y 5 horas al mes para implementar técnicas de arborización en potreros. Este dato es fundamental para planificar el ritmo de ejecución de proyectos, ya que indicó una disponibilidad real de tiempo que puede destinarse a actividades como siembra, podas, monitoreo y mantenimiento de árboles. Esta disposición también reflejó una actitud favorable hacia la participación en la transformación de sus sistemas productivos.

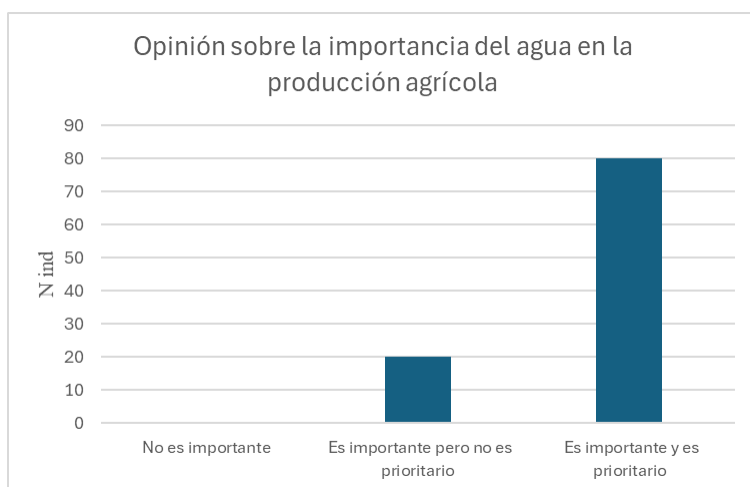


Gráfica 20 Tiempo dispuesto a invertir de técnicas de arborización

4.3.9 Capacitación sobre arborización en sistemas de producción silvopastoril

4.3.9.1 Opinión sobre la importancia de establecer un plan comunitario de manejo del agua

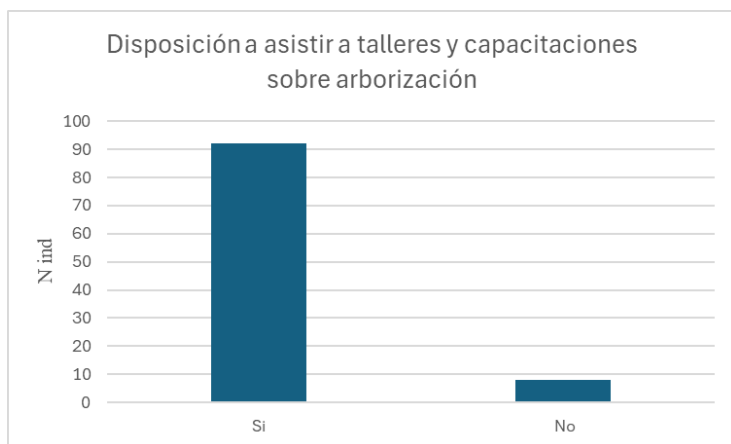
En la gráfica (*gráfica 21*) muestra qué tan importante consideran los productores el desarrollo de estrategias colectivas para el manejo del recurso hídrico, la mayoría de los productores considera prioritario contar con un plan comunitario de manejo del agua. Este aspecto es fundamental para la implementación de sistemas silvopastoriles, ya que la gestión del agua es uno de sus beneficios indirectos más relevantes. Promover estos sistemas desde una visión comunitaria no solo mejora la eficiencia hídrica en cada finca, sino que fortalece la resiliencia del territorio ante sequías o escasez estacional. Además, abre la posibilidad de trabajar con enfoques integrales de cuenca o microcuenca.



Gráfica 21 Opinión sobre la importancia del agua en la producción agrícola

4.3.9.2 Disposición a asistir a talleres y capacitaciones

En la gráfica (*gráfica 22*) muestra nivel de interés en recibir formación sobre técnicas de arborización y manejo silvopastoril, Casi todos los productores encuestados están dispuestos a participar en talleres o procesos formativos sobre sistemas silvopastoriles. Esta alta disposición evidenció que existe un terreno fértil para fortalecer capacidades técnicas, y que la transferencia de conocimientos puede ser una herramienta clave para la adopción exitosa de estos sistemas. Además, la capacitación permitió que los productores comprendan mejor los beneficios a largo plazo y adopten prácticas de manejo más eficientes.

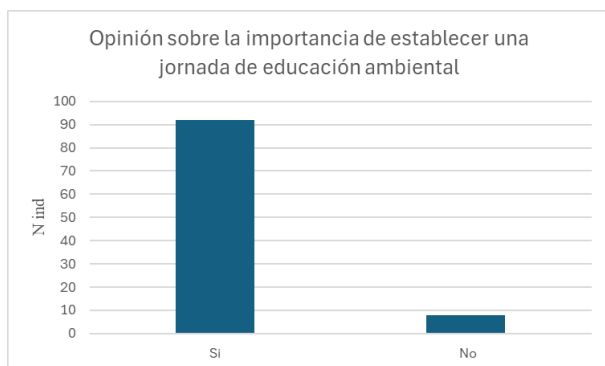


Gráfica 22 Disposición a asistir a talleres y capacitaciones sobre arborización

4.3.10 Educación ambiental para la promoción de la arborización

4.3.10.1 Opinión sobre la importancia de establecer un plan comunitario de manejo del agua

En esta grafica (**gráfica 23**) muestra qué tan importante consideran los productores el desarrollo de estrategias colectivas para el manejo del recurso hídrico, la mayoría de los productores considera prioritario contar con un plan comunitario de manejo del agua. Este aspecto es fundamental para la implementación de sistemas silvopastoriles, ya que la gestión del agua es uno de sus beneficios indirectos más relevantes. Promover estos sistemas desde una visión comunitaria no solo mejora la eficiencia hídrica en cada finca, sino que fortalece la resiliencia del territorio ante sequías o escasez estacional. Además, abre la posibilidad de trabajar con enfoques integrales de cuenca o microcuenca.



Gráfica 23 Opinión sobre la importancia de establecer una jornada de educación ambiental

4.3.10.2 Sugerencias para mejorar la educación ambiental en contextos silvopastoriles

Las respuestas a la pregunta abierta muestran que los productores demandan una educación ambiental más práctica, contextualizada y accesible. Solicitan talleres desde lo básico, sistemas de riego, control de plagas, y entrega de insumos como plantas, cercas y herramientas. También proponen involucrar a niños, jóvenes y vecinos, y que la jornada no termine con la siembra, sino que haya seguimiento y apoyo continuo. Estas sugerencias evidencian la necesidad de fortalecer la capacitación técnica y comunitaria como parte esencial en la implementación exitosa de sistemas silvopastoriles en potreros.

4.3.10.3 Preferencias de especies forestales para la arborización en potreros

Las respuestas indicaron que las especies forestales de mayor interés para los productores son roble, caoba, cebro, laurel, pino, guama, aguacate y mango, elegidas principalmente por su valor maderable, capacidad de generar sombra y producción de frutos. Se apreció una preferencia por árboles resistentes a la sequía, de fácil manejo y con utilidad múltiple, lo que reflejó una lógica de selección basada en criterios económicos, ecológicos y prácticos. Esta diversidad de intereses sugiere que los sistemas silvopastoriles en la zona deben ser flexibles y adaptables a las prioridades locales, combinando especies nativas y frutales que generen beneficios tanto inmediatos (alimento

y sombra) como a mediano plazo (madera o leña). También resalta la importancia de incluir en las charlas técnicas con información sobre compatibilidad de especies, manejo por tipo de suelo y clima, y valor comercial.

4.3.10.4 Estrategias comunitarias y técnicas para el monitoreo de la arborización en sistemas silvopastoriles

Las respuestas reflejan un claro interés por establecer mecanismos sostenibles de seguimiento, combinando el liderazgo comunitario con el acompañamiento técnico periódico. Entre las propuestas destacan: comités locales, visitas anuales o semestrales, medición del crecimiento de árboles, talleres de evaluación y reportes con evidencia visual. Esta participación demuestra que los productores reconocen la importancia del monitoreo continuo no solo para evaluar la supervivencia y desarrollo de las especies, sino también para mantener el compromiso y cuidado a largo plazo. Además, se señala la necesidad de involucrar instituciones como la alcaldía y reforzar las capacidades locales mediante talleres de seguimiento. Esto evidenció que para garantizar el éxito de los sistemas silvopastoriles es crucial implementar planes de monitoreo participativos, prácticos y técnicamente acompañados.

Los resultados muestran que, a pesar de limitaciones como la falta de agua, conocimientos, recursos y apoyo institucional, los productores tienen un claro interés en implementar técnicas de arborización en sus potreros. Prefieren especies que brindan sombra, madera o frutos, y valoran los talleres prácticos, el trabajo comunitario y el acompañamiento técnico como elementos clave. Esto indicó que el éxito de los sistemas silvopastoriles depende de estrategias participativas, adaptadas al contexto local y sostenidas a largo plazo con seguimiento y apoyo continuo.

VI. CONCLUSIONES

El análisis del suelo indicó un pH ácido (5.84) y bajos niveles de materia orgánica, reflejando agotamiento de nutrientes por manejo intensivo; su textura franco-arenosa favorece la infiltración, pero limita la retención de agua y nutrientes, mientras que algunas zonas presentan compactación media (densidad aparente 1.24 g/cm³). Estos hallazgos establecen una línea base que respalda la implementación de estrategias de mejoramiento en el sistema silvopastoril.

La evaluación del pasto evidenció un sistema pastoreo vulnerable y de productividad variable, con altura promedio de 54 cm, cobertura de 79% y acumulación de biomasa de 169,75 kg/ha por corte, así como periodos de recuperación de hasta 60 días, lo que indicó baja resiliencia ante factores climáticos y de manejo; estos resultados constituyen una línea base para monitorear la respuesta del pasto a la implementación del sistema silvopastoril, que se espera mejore la cobertura y el rendimiento forrajero mediante la integración de árboles.

Del total de plantas introducidas, *Cedrela odorata* presentó 229 individuos con solo una planta sin vida, mientras que *Swietenia humilis* tuvo 234 individuos con tres plantas fallecidas; el cedro mostró mayor crecimiento inicial en altura (22,25 cm) y diámetro (6,84 mm) que la caoba, indicando mejor adaptación al sitio, aunque ambas especies requieren seguimiento para garantizar su establecimiento y éxito en el sistema.

La implementación de una charla de educación ambiental los 25 productores mostraron un alto interés para adoptar un sistema silvopastoril como una alternativa sostenible; sin embargo, también se identificaron barreras estructurales, como la falta de procesos educativos continuos, adaptados al contexto local, que integren el acompañamiento técnico participativo para lograr una transformación en el sistema productivo.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en futuras evaluaciones de línea base, especialmente en procesos de conversión de pasturas convencionales a sistemas silvopastoriles, se incluya un análisis específico sobre la erosión del suelo. Este componente es clave para identificar zonas con mayor vulnerabilidad a la pérdida de capa fértil, especialmente en áreas con pendientes o baja cobertura vegetal.

Se recomienda incorporar la etapa de vivero como una fase previa esencial en los procesos de conversión de pasturas a sistemas silvopastoriles. Establecer un vivero permitió asegurar la disponibilidad de plántulas adaptadas a las condiciones locales, mejorar el control de calidad del material vegetal y reducir los costos de adquisición de especies maderables o forrajeras.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alibes, J; García J; Herrera, P; Llorente, M; Majadas, J; Manzano, P; Moreno, G; Navarro A; Orodea M; Oteros E; Ottolini I; Rivera M; Rodríguez V; Roig S; Salguero C; Sánchez P; Santos S; Turiño M. 2020. No es lo mismo. ganadería extensiva y cambio climático ganadería extensiva y cambio climático (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.ganaderiaextensiva.org].

Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. 45. s.l., s.e.

Ávila, R; Cruz, S; Domingo, H; Marmillod, D; Sagüi, H; Favio, A; Castro, R; Ramírez González, R. (s. f.). Coordinador del Proyecto OIMT-INAB «Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala» (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.inab.gob.gtwww.inab.gob.gt.

Burbano, HO. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas 33(2):117-124. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Chara J; Reyes E; Peri P; Otte J; Arce E; Scheneider f. 2020. Sistemas silvopastoriles y su contribución al uso eficiente de los recursos y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencia desde América Latina (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.fao.org/publications/es>.

La Comisión Nacional Forestal CONAFOR. s. f. 1004Swietenia humilis.

Díaz, BD; Velásquez, C; LF. 2016. Análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas (3 esciofias-3 heliofias) plantadas con fines de restauración en el Parque Ecológico La Poma (PEP) - sabana de Bogotá – Colombia. Revista Mutis 5(2):46-54. DOI: <https://doi.org/10.21789/22561498.1072>.

Estrada, I; Esparza, S; Albarrán, B; Yong, G; Rayas, AA; García, A. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. CIENCIA ergo sum 25(3):1-13. DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>.

Fernández, M. (2005). El cedro, establecimiento y manejo en la huasteca potosina. s.l., s.e.

Franquis, FR. (s. f.). Los bosques y su importancia para el suministro de servicios ambientales. s.l., s.e.

Garland, EB; Gomez, ST; Anda SB. 2023. Ganaderos, colonos y la deforestación de bosques primarios en Morona, Ecuador. Anthropologica 41(51):175-212. DOI:

<https://doi.org/10.18800/anthropologica.202302.007>.

Gaviria, A. 2024. The environmental effects of traditional livestock (en línea). Multidisciplinar (Montevideo) 1:18. DOI: <https://doi.org/10.62486/agmu202318>.

Giler, J. (2022). Captura de carbono como criterio para la conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el campus politécnico de la espam-mfl. s.l., s.e.

Giraldo, N. (s. f.). Indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de la sostenibilidad de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) en la Ecorregión Cafetera, Colombia. s.l., s.e.

González, L; Heyddy, M; Cruz, C; Jael, B. 2021. Anatomía y propiedades físicas de dos especies forestales comerciales Cedro (*Cedrela odorata* L.) y Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) en Nicaragua. La Calera 21(37). DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12532>.

Herrera P; Majadas J. 2018. La ganadería extensiva, una actividad clave para nuestra alimentación.

Hobley, M. 2005. ¿Inclusión de lo “social” en la silvicultura?

INE. (2016). Cobertura-Forestal-2016-2020. s.l., s.e.

Leguia, E. 2015. Impacto del cambio climático en sistemas silvopastoriles.

Madrigal, JD. (s. f.). Entre llamas: El grito silencioso de nuestros bosques. Tegucigalpa, M.D.C, s.e.

Martinez, H. (2015). Especies para sistemas agroforestales: condiciones para su cultivo “Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono”. s.l., s.e.

Mendoza, BS; Villalva, SF; Hernández, ER; Escalera, AMA; Contreras, EAC. 2020. Causes and consequences of climate change in livestock production and animal health. Review. s.l., INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria, vol.11. p. 126-145 DOI: <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11S2.4742>.

Merizalde, D; Cobo, E; Vera, N; Maldonado, A. 2023. La silvicultura y su aporte al crecimiento económico del Ecuador en el periodo.

Miranda, M; Mora, A; González, GA. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa>

Montes, CR. (2014). La silvicultura como elemento crítico para la sostenibilidad y el manejo del bosque The silviculture as a critical element for sustainability and management of the forest. s.l., s.e.

Mora, M; Ríos, L; Ríos, L; Almario JC. 2017. Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en

Colombia Livestock impact on the ground in Colombia (en línea). DOI: <https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325>.

Ordoñez, Y. (s. f.). Silvicultura: Principios básicos de los sistemas silvícolas. s.l., s.e.

Quispe, JC; Lizarraga, MF; Madueño, R; Tairo, RN; Alegre, MI; Suca, EM. 2023. Efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, 2003-2019. Revista Alfa 7(19):88-102. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.200>.

Rojas, F; Torres, G. (2008). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción. 5. s.l., s.e.

Romero, A; Tzec, M; Álvarez, OO; Ramírez y Avilés, L; Solorio, FJ. 2024. Los sistemas silvopastoriles y las barreras socio-ecológicas que limitan su adopción. Bioagrociencias 17(1). DOI: <https://doi.org/10.56369/bac.5402>.

Sahagun, J; Reyes, H. (2017). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. s.l., s.e.

Suber, M; Gutierrez, N; Felipe, C; Turriago, J; Arango, J; Banegas, N; Berndt, A; Margarel, D; Burghi, V; Cardenas, D; Cañada, P; Antonio Canu, F; Rita Chacón, A; Chacón Navarro, M; Chará, J; Díaz, L; Huamán, E; Galbusera, S; Gutierrez, J; Espinoza, J; Girón, P; Guerrero, Y; Pezo, D; Palacios, G; Roman, R; Rosales, K; Rueda, C; Sepúlveda, C; Serrano Basto, G; Solarte, A; Woo Poquioma, N. (2019). Mitigación con Sistemas Silvopastoriles en Latinoamérica: Aportes para la incorporación en los sistemas de Medición Reporte y Verificación bajo la CMNUCC Working Paper No. 254 CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.cgiar.org.

Synnott, TJ. (2009). La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.cbmm.gob.mx.

Valderrama, CF; Castillo, JA; Torres, JC; Guzmán, AR; Forero, VF; Duque, CM; Sepúlveda C, YA; Montenegro Gómez, SP. 2019. Secuestro y almacenamiento de carbono. s.l., Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. p. 106-117 DOI: <https://doi.org/10.22490/9789586516358.06>.

Valle, G. 2023. Introducción a la Silvicultura para el manejo del bosque nativo en Santiago del Estero. s.l., s.e.

Yepes, F. (s. f.). Ganadería y transformación de ecosistemas: un análisis ambiental de la política de apropiación territorial. s.l., s.e.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz para la recopilación de datos de la PMP establecida

Segunda evaluación				
N	Especie	Altura (cm)	Diametro (mm)	Vitalidad
1	Caoba	24	6.93	Planta sana
2	Caoba	10	4.87	Planta sana
3	Caoba	21	4.34	Planta sana
4	Caoba	13	4.61	Planta sana
5	Caoba	15	4.87	Planta sana
6	Caoba	12	4.85	Planta sana
7	Caoba	17	4.91	Planta sana
8	Caoba	20	5.66	Planta sana

Anexo 2 Matriz para las condiciones del suelo

Matriz de comparación de condiciones iniciales del suelo antes y después de la implementación del sistema silvopastoril

Mediciones	Primera Evaluación		Segunda Evaluación	
pH				
Materia organica				
Retencion de agua				
Compactacion del suelo				

Anexo 3 Matriz para la productividad del pasto

Promedio totales	
Altura	54 cm
Cobertura	79%
Peso fresco	169,75 kg/h
Peso seco	61
Días de recuperacion	39

Anexo 4 Formulario para las charlas de educación ambiental a los productores

FORMULARIO DE LA JORNADA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL A LOS PRODUCTORES

1. Información general

Comunidad: _____ Municipio: _____

Departamento: _____

Nombre completo del productor: _____

2. Experiencia y conocimientos previo

- ¿Cuánto tiempo ha estado involucrado en la producción en la zona de El Guantillo?
 - Menos de 1 año
 - 1-5 años
 - 5-10 años
 - Más de 10 años
- ¿Tiene algún conocimiento previo sobre la importancia de la arborización en sistemas de producción en zonas de recarga hídrica?
 - Sí
 - No

3. Percepción sobre el agua y la arborización

3. ¿Qué obstáculos o barreras considera que enfrenta para implementar técnicas de arborización en su sistema de producción?

4. ¿Cuál es su opinión sobre la importancia del agua en la producción agrícola?

- a) No es importante
- b) b. Es importante pero no es prioritario
- c) c. Es importante y es prioritario

4. Plan de acción

5. ¿Está interesado en implementar técnicas de arborización en su sistema de producción?

- a) Sí
- b) No

6. ¿Cuánto tiempo está dispuesto a invertir en la implementación de técnicas de arborización en su sistema de producción?

- a) Menos de 1 hora al mes
- b) 1-3 horas al mes
- c) 3-5 horas al mes
- d) Más de 5 horas al mes

7. ¿Estaría dispuesto a asistir a talleres y capacitaciones sobre arborización en sistemas de producción en zonas de recarga hídrica?

- a) Sí
- b) No

8. ¿Considera que es importante establecer una jornada de educación ambiental dirigido a productores de la zona de El Guantillo para promover la arborización en sistemas de producción en zonas de recarga hídrica?

- a) Sí
- b) No

9. ¿Tiene alguna sugerencia adicional para mejorar la jornada de educación ambiental?

10. ¿Cuáles especies forestales son de su interés para arborizar y por qué?

11. ¿Cuál será el plan de seguimiento y monitoreo de la arborización después de la finalización del programa de investigación, a fin de evaluar el éxito de la plantación y el crecimiento de las especies arbóreas, así como su impacto en el medio ambiente y la comunidad a largo plazo?

Gracias por su tiempo y sus respuestas. Los resultados de este formulario se utilizarán para desarrollar una jornada de educación ambiental que satisfaga sus necesidades y promueva la arborización en sistemas de producción en zonas de recarga hídrica en la zona de El Guantillo.

Anexo 5 Recolección de muestras y análisis de laboratorio para caracterización del suelo

Recolección de muestras y análisis de laboratorio para la caracterización del suelo



Registro de cobertura y composición del pastizal en la parcela de estudio



Anexo 7 Traslado de especies forestales, medición y enumeración de plantas y elaboración de banderines de identificación

Traslado de especies forestales, medición y enumeración de plantas, y elaboración de banderines de identificación



Establecimiento del Sistema Silvopastoril en la parcela de estudio



Proceso de recolección de información participativa y charlas técnicas



Anexo 10 Proceso de preparación del abono Bocashi en campo

Proceso de Preparación del Abono Bocashi en Campo

