

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, EN LA COMUNIDAD
QUICHUA CARANQUI DE EL MANZANAL, IMBABURA”**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

AUTOR(A):

Yomaira Cristina Mugmal Farinango

DIRECTOR(A):

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

Ibarra, 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004666218		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MUGMAL FARINANGO YOMAIRA CRISTINA		
DIRECCIÓN:	Sánchez y Cifuentes y José Miguel Leoro		
EMAIL:	ycmugmalf@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0985716802

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, EN LA COMUNIDAD QUICHUA CARANQUI DE EL MANZANAL, IMBABURA"
AUTOR (ES):	MUGMAL FARINANGO YOMAIRA CRISTINA
FECHA: DD/MM/AAAA	28/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA FORESTAL
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Andrés Manolo Carrión Burgos, MSc / Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de noviembre de 2023

LA AUTORA:


.....
Yomaira Cristina Mugmal Farinango

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

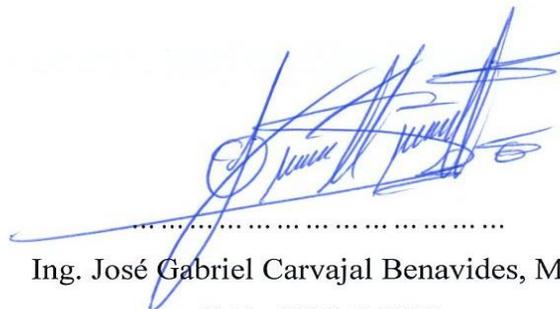
Ibarra, 28 de noviembre de 2023.

Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

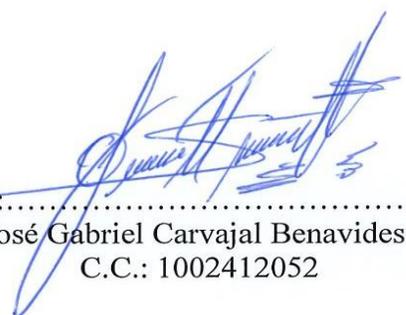


Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, MSc.

C.C.: 1002412052

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, EN LA COMUNIDAD QUICHUA CARANQUI DE EL MANZANAL, IMBABURA” elaborado por Yomaira Cristina Mugmal Farinango, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:


(f):.....
Ing. José Gabriel Carvajal Benavides MSc
C.C.: 1002412052


(f):.....
Ing. Andrés Manolo Carrión Burgos MSc.
C.C.: 1001695129

DEDICATORIA

Mi investigación se la dedicó principalmente a Dios, el cual me ha brindado la sabiduría y la fortaleza necesaria para culminar con satisfacción mi carrera universitaria y me ha brindado la inteligencia de poder levantarme en los momentos que decaía, y es por él en donde me encuentro actualmente.

A mi madre por brindarme todo su amor sincero y apoyo incondicional, por haberme consolado en los momentos en que flaqueaba, además de brindarme sus consejos e inculcarme desde pequeña la disciplina de estudiar y luchar por mi sueños finalmente por encaminarme por el camino correcto para culminar este gran desafío.

A mi familia, quienes día tras día me impulsaron a terminar mi carrera universitaria y por ayudarme a desafiar los momentos adversos y lograr así alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a mi familia por permanecer a mi lado en todos los momentos, por apoyarme cada día a culminar esta etapa tan especial de mi vida como es el de terminar mi carrera universitaria y obtener mi respectivo título.

Agradezco a mi director de titulación el Ing José Gabriel Carvajal Benavides MSc, por apoyarme desde el primer día que empecé con este reto, y por brindarme sus conocimientos que me ayudaron en mi trabajo de titulación.

Agradezco a mi asesor de titulación el Ing Andrés Manolo Carrión Burgos MSc, por brindarme todo su apoyo y consejos necesarios que fueron de gran utilidad para mi persona.

Agradezco a todos mis docentes por impartirme todos sus conocimientos adquiridos durante su vida profesional y sus experiencias, los cuales me permitieron fortalecer las enseñanzas y ponerlos en práctica, además de haberme alentando durante todo mi proceso estudiantil como universitaria. De igual manera agradezco a mis amigos que supieron ayudarme y brindarme sonrisas en los momentos que más necesitaba de ellos.

Agradezco a la Sra. Zoila Tuquerres, propietaria del predio y a su familia, donde se desarrolló mi trabajo de integración curricular, por brindarme las condiciones necesarias que me permitieron culminar exitosamente mi respectiva investigación.

RESUMEN EJECUTIVO

En esta investigación se abordó el tema del diseño de un sistema agroforestal en la comunidad quichua Caranqui, ya que en la actualidad las nuevas tecnologías de producción por el alto costo que implica aplicarlos son poco viables. El predio en donde se desarrolló la investigación no cuenta con un diseño agroforestal adecuado, se observó que ha perdido su capacidad natural productiva y se encuentra acompañado de malas prácticas agrícolas, lo cual provoca que el predio tenga una baja capacidad productiva. El objetivo general de la investigación fue diseñar un sistema agroforestal. Se planteó una metodología con enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y de diseño no experimental. Para el desarrollo de la metodología se tomó la teoría planteada por Somarriba (2009) Diagnóstico y Diseño agroforestal, adoptada al contexto local, en el cual se tomó en cuenta tres dimensiones: diagnóstico biofísico, socioeconómico para finalmente diseñar la estructura del diseño agroforestal. Como resultados del diagnóstico biofísico se obtuvo que el predio posee parcelas con diferentes tipos de cultivo, árboles frutales, especies forestales y animales. En la parte socioeconómica, la familia tiene un amplio conocimiento tradicional y se encuentra en condiciones de invertir económicamente para mejorar el predio, por lo que se propuso dos sistemas agroforestales para el diseño: el sistema agrosilvícola, aplicando la práctica de cercas vivas mixtas con una distancia entre plantas de 1,5 metros con las especies de *Alnus acuminata*, *Buddleja incana*, y *Erythrina edulis*, el segundo sistema es el silvícola donde se aplicó la práctica de árboles en pasturas con un distanciamiento de 8 metros entre hileras y un espacio de 10 metros entre cada planta con la especie forestal *Erythrina edulis*. Además se realizó un análisis de costos que evidenció la viabilidad económica del diseño propuesto, en donde los indicadores financieros mostraron un VAN de \$ 24.337,88, un TIR de 43,1%, y un B/C de \$ 2,83. Se concluyó que las prácticas diseñadas beneficiaran a los cultivos, mejorará las condiciones del suelo e influirá a reducir el estrés calórico de los animales. Como recomendación, es necesario realizar análisis socioeconómicos en las parroquias rurales de la ciudad de Ibarra, que permitan examinar la rentabilidad económica de los sistemas agroforestales.

Palabras clave: Diagnóstico; Biofísico; Social, Diseño, Agroforestal; Rentabilidad.

ABSTRACT

This research addressed the issue of the design of an agroforestry system in the Quichua Caranqui community, since at present the new production technologies are not very viable due to the high cost involved in applying them. The farm where the research was carried out does not have an adequate agroforestry design, it was observed that it has lost its natural productive capacity and is accompanied by bad agricultural practices, which causes the farm to have a low productive capacity. The general objective of the research was to design an agroforestry system. A methodology with a qualitative approach, descriptive scope and non-experimental design was proposed. For the development of the methodology, the theory proposed by Somarriba (2009) Diagnosis and Agroforestry Design, adopted to the local context, was used, in which three dimensions were taken into account: biophysical and socioeconomic diagnosis to finally design the structure of the agroforestry design. The results of the biophysical diagnosis showed that the property has plots with different types of crops, fruit trees, forest species and animals. On the socioeconomic side, the family has extensive traditional knowledge and is in a position to invest economically to improve the property, so two agroforestry systems were proposed for the design: the agrosilvicultural system, applying the practice of live fences with a distance between plants of 1.5 meters with the species of *Alnus acuminata*, *Buddleja incana*, and *Erythrina edulis*, the second system is the silvicultural system where the practice of trees in pastures was applied with a distance of 8 meters between plants by 10 meters between rows with the forest species *Erythrina edulis*. In addition, a cost analysis was carried out to demonstrate the economic viability of the proposed design, where the financial indicators showed an VAN of \$24,337.88, an TIR of 43.1%, and a B/C of \$2.83. It was concluded that the designed practices will benefit the crops, improve soil conditions and influence the reduction of animal heat stress. As a recommendation, it is necessary to carry out socioeconomic analyses in the rural parishes of the city of Ibarra to examine the economic profitability of agroforestry systems.

Key words: Diagnosis; Biophysical; Social; Design; Agroforestry; Profitability.

LISTA DE SIGLAS

COA. Código Orgánico Ambiental.

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.

D&D. Diagnóstico y Diseño Agroforestal.

SAF. Sistemas Agroforestales.

AFN. Árboles Fijadores de Nitrógeno.

ONF: Oficina Nacional Forestal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Problema de investigación	XV
Justificación	XVI
Objetivos	XVII
Objetivo General.....	XVII
Objetivos Específicos.....	XVII
Preguntas de investigación.....	XVII
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Historia.....	1
1.1.1 Agroforestería	2
1.2. Sistemas Agroforestales.....	2
1.2.1. Beneficios de los Sistemas Agroforestales	3
1.2.2. Desventajas de los Sistemas Agroforestales	5
1.3. Clasificación de los Sistemas agroforestales	7
1.3.1. Sistemas agrosilvícolas	7
1.3.2. Sistema Silvopastoril	11
1.3.3. Sistema agrosilvopastoril.....	13
1.3.4. Especies andinas forestales del Ecuador.....	16
1.3.5. Cultivos andinos tradicionales del Ecuador	16
1.3.6. Prácticas tradicionales sobre la labranza de la tierra en la cultura kichwa Caranqui	17
1.4. Factores ambientales.....	18
1.4.1. Topografía.....	18
1.4.2. Suelo	18

1.4.5. Agua.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1. Ubicación del lugar.....	20
2.1.1. Política: parroquia, cantón, provincia.....	20
2.1.2. Geografía del sitio investigación.....	21
2.1.2.1 Coordenadas.....	21
2.1.2.2 Mapa.....	21
2.1.3. Límites.....	21
2.1.4. Superficie del predio.....	22
2.2. Caracterización edafoclimáticas del lugar.....	22
2.2.1. Suelo.....	22
2.2.2. Clima.....	22
2.3 Materiales, equipos y software.....	24
2.4. Metodología.....	24
2.4.1. Variables.....	24
2.4.1.1. Objetivo específico 1.....	25
2.4.1.2. Objetivo específico 2.....	28
CAPÍTULO III.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1. Diagnóstico biofísico 1.....	32
3.1.1. Diagnóstico de cultivos.....	32
3.1.1.1. Distancias entre cultivos.....	33
3.1.2. Diagnóstico de frutales.....	34
3.1.2.1. Distancias entre frutales.....	35

3.1.3. Diagnóstico de arbustos y arboles.....	36
3.1.4. Diagnóstico de animales	37
3.2. Diagnóstico biofísico 2	38
3.2.1. Factores biofísicos del predio	38
3.3. Diagnóstico biofísico 3	40
3.3.1. Croquis.....	40
3.4. Diagnóstico Social	40
3.5. Diagnóstico económico.....	48
3.6. Proponer un diseño de sistema agroforestal.....	52
3.6.1. Establecer los propósitos.....	52
3.6.2. Establecer los sistemas y/o prácticas agroforestales.....	52
3.6.2.1. El sistema agrosilvícola	52
3.6.2.2. El sistema silvopastoril	53
3.6.3. Diseño	54
3.7. Costos.....	62
CAPÍTULO IV.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1. Conclusiones.....	72
4.2. Recomendaciones	73
CAPÍTULO V.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.....	24
Tabla 2 Diagnóstico Biofísico de cultivos.....	32
Tabla 3 Diagnóstico Biofísico superficies de cultivos.....	33
Tabla 4 Diagnóstico Biofísico de frutales.....	35
Tabla 5 Distancias entre frutales.....	36
Tabla 6 Diagnóstico de árboles y arbustos existentes.....	36
Tabla 7 Diagnóstico de animales.....	37
Tabla 8 Condiciones del sitio a nivel parroquial.....	39
Tabla 9 Usos de los cultivos.....	48
Tabla 10 Gastos de animales en el predio.....	50
Tabla 11 Usos de las especies forestales.....	51
Tabla 12 Ingresos de cultivos de ciclo cortó.....	62
Tabla 13 Ingresos de frutales.....	63
Tabla 14 Ingreso de animales.....	63
Tabla 15 Ingresos de árboles.....	64
Tabla 16 Egresos de cultivos de ciclo cortó.....	65
Tabla 17 Egresos de frutales.....	65
Tabla 18 Egresos del cuidado de los animales.....	65
Tabla 19 Egresos de los árboles.....	66
Tabla 20 Transformación de la madera (tablas).....	66
Tabla 21 Transformación de la madera (tablones).....	66
Tabla 22 Egresos en la preparación del terreno.....	67
Tabla 23 Flujo de caja por años.....	68
Tabla 24 Flujo de caja promedio por hectárea.....	68
Tabla 25 Flujo de caja promedio por mes/ha.....	69
Tabla 26 Reinversión.....	69
Tabla 27 Índices de rentabilidad.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del predio en el Ecuador	20
Figura 2 Croquis del predio de El Manzanal	21
Figura 3 Mapa del tipo de suelos de la comunidad de El Manzanal	22
Figura 4 Mapa del tipo de clima en la comunidad de El Manzanal.....	23
Figura 5 Ejemplo del croquis de un diagnóstico biofísico.....	26
Figura 6 Croquis actual del diagnóstico biofísico	40
Figura 7 Miembros comprometidos con el cuidado del predio	41
Figura 8 Visión de la finca en un futuro	42
Figura 9 Conocimientos tradicionales de la familia	43
Figura 10 Realidad económica de la familia	44
Figura 11 Disposición a invertir	44
Figura 12 Inversión económica.....	45
Figura 13 Objetivos para el predio	46
Figura 14 Diseño agroforestal del predio	56

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

A nivel mundial, los sistemas tradicionales de producción agroforestal son reconocidos como parte de un enfoque integrado del uso sostenible de la tierra (Noponen et al., 2013). En Ecuador constituyen una alternativa viable de producción. A fin de revertir el impacto de la erosión del suelo debido a su ubicación geográfica, permitiendo la restauración y recuperación de suelos así como mejorar la infiltración del agua (Pinta, 2015).

El objetivo de los sistemas agroforestales es aumentar el rendimiento de los cultivos a corto y mediano plazo, mediante las diversas técnicas que están orientadas a la protección del suelo y cubrir su demanda de alimento (Ramírez, 2012; Nair et al., 2008). Ya que según investigaciones realizadas estiman que el crecimiento demográfico en los próximos 25 años, será el doble de lo que existe actualmente (Arévalo L. , s.f.). Por lo que la demanda de alimentos crecerá, causando una opción atractiva para los agricultores de los sectores rurales, por lo que es necesario tomar medidas preventivas, para evitar el deterioro de los suelos.

En la actualidad, las nuevas tecnologías de producción por el alto costo que implica aplicarlos son poco viables, principalmente para las comunidades rurales en donde se está migrando a la utilización de sistemas de monocultivos, basados en el uso de agroquímicos y semillas mejoradas, que por consecuencia estas son más propensas a plagas y enfermedades.

El predio que está ubicado en la comunidad de El Manzanal, ha perdido su capacidad natural productiva por efectos de la erosión tanto hídrica como eólica. Además es desprovisto de una vegetación que la proteja contra heladas y vientos, lo cual ocasiona un nivel de temperatura bajo dentro del predio y escasa retención de agua, conjuntamente con el uso de las malas prácticas agrícolas como son el arado y el uso masivo de agroquímicos.

El predio seleccionado que se encuentra ubicado en la parroquia de Caranqui, en la comunidad de El Manzanal, no cuenta con un sistema agroforestal, por lo cual es necesario implementar un diseño, lo cual le permitirá tener una agricultura sostenible en el tiempo.

Justificación

La presente investigación acerca de los sistemas agroforestales contribuirá a tener un conocimiento más amplio del sector en donde se realizará el estudio, de igual manera permitirá un mayor acercamiento con los miembros de la familia, en donde por medio de ellos se podrá tener una idea clara de cómo está estructurado el predio y sus distintas funciones ya sea en lo económico social y ambiental.

Los sistemas agroforestales, últimamente han tomado gran relevancia debido al cambio climático, al aumento de la población y el deterioro de los suelos, por lo que la población tiene la necesidad de pensar en alternativas naturales que puedan implementar en sus predios y reducir el riesgo de la erosión. En relación al ámbito de un desarrollo sostenible, los sistemas agroforestales aumentan la fertilidad y la capacidad del almacenamiento hídrico del suelo, reduce la producción de los gases efecto invernadero, etc. Con respecto al ámbito social, mejoran las condiciones de vida especialmente de las comunidades rurales.

Por medio de esta investigación, los principales beneficiarios serán la dueña del predio y la familia, donde podrán emplear el diseño agroforestal, de modo de que un tiempo, dejen de perjudicar al suelo haciendo uso de químicos y más bien lo mejoren, pero de una manera inducida a través de los sistemas agroforestales y sus respectivos beneficios. Por lo que la propuesta del diseño, permitirá a las personas que conforman la familia y si es posible a la comunidad en general, replicar estos sistemas. La proyección que se tiene en un futuro, es que las personas de los sectores rurales sigan practicando su agricultura, pero desde un enfoque agro ecosistémico en beneficio del medio ambiente lo cual se logra a través de los sistemas agroforestales.

La presente investigación buscará obtener un diseño agroforestal adecuado con respecto al predio seleccionado, adaptando la metodología de Somarriba (2009) el cual menciona que se debe realizar un diagnóstico del sitio enfocado en tres dimensiones biofísicas, social y económico, para que finalmente se pueda elaborar el diseño agroforestal.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema agroforestal, en la comunidad Quichua de El Manzanal, perteneciente a la parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia Imbabura.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico a nivel del predio.
- Proponer un diseño de sistema agroforestal.

Preguntas de investigación.

- ¿Cuál es el estado actual del predio, con base a los criterios establecidos en la metodología del D&D (Diagnostico y Diseño agroforestal)?
- ¿Cuál es el diseño agroforestal más adecuado para el predio en estudio?

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Historia

La Agroforestería tiene tres precedentes importantes donde inicia con la Agroecología, Agricultura y Silvicultura. El principal precursor de la Agroecología, refiriéndose a ella como una “agricultura orgánica - biológica” fue el británico Sir Albert Howard en su obra central llamada “testamento agrícola” publicada en 1940, en donde recoge la preocupación de la destrucción del recurso suelo, además muestra sus resultados de 40 años de investigación en el compostado de los recursos orgánicos y su uso para mantener la fertilidad del suelo (Howard, 1940). Según la geógrafa Hecht (1999) en su libro “la evolución del pensamiento agroecológico” menciona que esta práctica es tan antigua como los orígenes de la agricultura.

La agricultura tradicional se ha desarrollado localmente durante largos años tras la experiencia del campesino, tiene como finalidad organizar el proceso de producción de plantas y animales de tal forma que no se degraden los recursos naturales e incluso crear una serie de beneficios a favor del medio ambiente y encontrar soluciones ecológicas a las prácticas agrícolas (Remmers, 1993).

La Silvicultura según la bióloga Roldán (2020) es una ciencia hermana de la agricultura y la principal función es de dar sostenimiento y un manejo adecuado a los bosques, esta ciencia engloba diferentes técnicas, pero todos con un solo objetivo el cual se trata de usar de manera óptima los recursos naturales y mantener el bienestar de los diferentes ecosistemas forestales. Peña et al. (2019) menciona que la silvicultura brinda posibilidades de adecuar la calidad de la madera y mejorar tanto las propiedades físicas como mecánicas, sin embargo la población se ha centrado en darle más importancia a la producción excesiva.

1.1.1 Agroforestería

Como lo señalan Macdicken y Vergara (1990) los primeros intentos por definir agroforestería se remonta a la década de 1979, donde se mencionaba de manera explícita el elemento árbol y en ciertas ocasiones de hablada del término forestal, hasta que en 1982 Lundgren y Raintree introdujeron el término leñoso perenne en sustitución de árbol.

Según Mas (2013) la agroforestería se ha practicado desde antes de los años 1960, ésta consiste en mezclar de manera intencional árboles y arbustos con cultivos o sistemas de producción ambiental para obtener beneficios de una forma ecológica sustentable.

Por lo que la agroforestería se concibe como una práctica social holística, que tiene como objetivo sintetizar los conocimientos y habilidades de los múltiples recursos ecosistémicos, en la cual se centra en cuatro propósitos: ecológicos, técnicos, económicos y sociales (Garza et al., 2012). Además trabajar con Agroforesteria implica el rescate de tecnologías tradicionales y el establecimiento de nuevos sistemas agroforestales para cada realidad que viven las personas (Chalá, 2010).

1.2. Sistemas Agroforestales

Según Moreira y Castro (2017) los sistemas agroforestales se forman como respuesta a los problemas de la deforestación, la creciente escases de cobertura y la degradación medioambiental. En donde los sistemas agroforestales son una forma de uso del suelo que se encuentran en asociación con especies leñosas perennes (árboles y arbustos) conjuntamente con cultivos y/o animales, con el propósito de optimizar la producción de una manera sostenible y alcanzar un equilibrio entre el cultivo principal y el entorno natural. De acuerdo con Sánchez et al., (2013) al momento de establecer un sistema agroforestal se debe tener en cuenta las técnicas de manejo del suelo, combinando especies de uso múltiple y de uso maderable.

Cabe mencionar que la agroforestería según la textura del suelo, condiciona algunas prácticas que sean sostenibles destacando en la vegetación perenne, el reciclaje de nutrientes y la regulación del agua, con lo cual se pretende almacenar carbono a largo plazo (Parra et al., 2020).

Céspedes (2017) alega que en los sistemas agroforestales no solo se deben combinar especies perennes sino que también cultivos anuales y especies forrajeras en donde el sistema busca mejorar la calidad y seguridad alimentaria de las familias campesinas.

1.2.1. Beneficios de los Sistemas Agroforestales

El aumento de los gases efecto invernadero, es provocado por acción del hombre de manera directa o indirecta como el caso del aumento de la deforestación y el uso de combustibles fósiles, lo que ha causado un preocupante deterioro ambiental, por lo que el interés de la población por encontrar alternativas por mejorar los bienes y servicios han tomado gran relevancia, en donde se han involucrado estrategias productivas, ecológicas y económicamente sustentables, entre ello se encuentra los sistemas agroforestales, los cuales ayudan a mitigar los efectos ambientales y brinda múltiples bondades como protección del suelo y evitar la erosión (Valdés et al., 2022).

Un sistema debe ser productivo, funcional y sostenible de manera que cumpla con tres ejes importantes: económico, social y ambiental. Lo sostenible debe alcanzar un equilibrio entre el crecimiento económicos y la preservación ambiental por medio de la productividad, produciendo una mejor igualdad social gracias a la mejora de las condiciones de vida (Proaño, 2021). Esto se logra mediante la secuencia vegetativa en espaciamientos y podas cuya materia orgánica, mediante la descomposición vuelven a los sistemas agrícolas, permitiendo recuperar los suelos, al igual que permite atender las demandas del mercado (Enríquez, 2018).

a. Económico

Los sistemas agroforestales ofrecen impactos económicos, en especial para los pequeños agricultores de los países en vías de desarrollo. Teniendo en cuenta que alrededor de 500 millones de pequeños agricultores viven con \$ 2 diarios, donde una mejor calidad de suelo permitirá al agricultor obtener mejores cosechas. Debido a que la introducción de especies forestales en sistemas agrícolas permite tener un mejor ciclo de nutrientes por lo que la producción es más sustanciosa y a la vez se aprovecha sus derivados (Ospina C. , 2017).

Conforme a las investigaciones de Arévalo (2012), los sistemas agroforestales se destacan por su rentabilidad financiera, dado que demandan una inversión de capital reducida mientras generan mayores ingresos económicos, además estos sistemas fomentan la biodiversidad

alimentaria en los hogares, contribuyendo así al bienestar de las familias. Según lo indicado por Solorio et al. (2010), se cuantifican los sistemas agroforestales en términos monetarios cuando sus productos ingresan al mercado y son valorados económicamente, este valor se materializa especialmente en productos alimentarios. Aunque existen otras estrategias para restaurar la fertilidad del suelo mediante las prácticas adecuadas, estas no se consideran ganancias, pero sin duda mejorar la eficiencia de los sistemas de producción.

b. Social

Los sistemas agroforestales desempeñan un papel fundamental en la sustentabilidad de la población, enfocándose en la mitigación de la pobreza y en fomentar ambientes productivos y resilientes para los cultivos agrícolas. Su principal objetivo es reducir la erosión del suelo y aumentar la capacidad de los suelos agrícolas para adaptarse al cambio climático y a los efectos adversos que ocurren por acción de la naturaleza, como se señala en el informe de la (FAO, 2015). Estos sistemas son altamente efectivos en la conservación del suelo y protección de cuencas hidrográficas, representando alternativas sencillas y económicamente viables, lo cual permitirá mantener la biodiversidad a nivel de los respectivos predios como lo enfatiza en su trabajo (Checa Rivas, 2008).

c. Ecológico

Los sistemas agroforestales desempeñan un papel significativo en la prestación de diversos servicios ecosistémicos con especial énfasis en el secuestro de carbono, donde el componente árbol de estos sistemas se encarga de capturar el dióxido de carbono (CO₂) a través del proceso de la fotosíntesis y lo almacena bajo tierra. Esta contribución no solo se traduce en la mitigación de la deforestación de áreas tropicales y templadas, que a menudo son despejadas para dar paso a la agrícolas, sino también en la reducción de las emisiones de metano, las cuales constituyen el 30% de las emisiones totales y son principalmente generadas por los rumiantes (Casanova et al., 2016). De igual manera estos sistemas agroforestales tienden a aumentar la productividad de la tierra y los rendimientos agrícolas al fomentar la polinización, al control de plagas, la reducción de incendios forestales y mejoran los servicios culturales (Torralba et al., 2016).

Cuando se introducen dos árboles en terrenos destinados a la agricultura, surgen diversas interacciones que pueden ser beneficiosos o perjudiciales desde una perspectiva ecológica. Entre

los impactos positivos, se observa una mejora en las interacciones biológicas entre los árboles y el suelo, una optimización del ciclaje de nutrientes y la regulación de la erosión hídrica, entre otros. Sin embargo, en el lado negativo, destaca la intensificación de la competencia por agua, luz y nutrientes, lo cual trae como consecuencia un bajo rendimiento del sistema (Technology of forest products, 2011).

1.2.2. Desventajas de los Sistemas Agroforestales

En Sudamérica la producción agrícola es diversa, las cuales han sido el resultado de las múltiples tradiciones que se tiene con respecto al uso de suelo en cada país. Ecuador no se aparta de la tendencia al explotar la tierra de manera intensa, donde el agricultor hace uso de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos para obtener los rendimientos adecuados, cabe mencionar que el agricultor aplica fertilizante sin considerar la cantidad de nutrientes que existe en el suelo y las necesidades de los cultivos (Ardisana et al., 2020). La desmesurada dependencia de los métodos agrícolas tradicionales y la falta de conocimiento sobre los enfoques sostenibles limitan el interés de la sociedad por el desarrollo de los sistemas agroforestales, poniendo en riesgo a los propios productores y provocando que no lo adapten con facilidad (FAO, 2015).

a. Social

La tenencia de la tierra representa una preocupación generalizada en los países en vías de desarrollo (falta de títulos de propiedad) lo que conlleva a la confusión en las delimitaciones y derechos de propiedad, lo que, a su vez desalienta la participación en prácticas agroforestales por parte de la población (FAO, 2015). Este dilema se encuentra estrechamente ligado al creciente demográfico en constante aumento, el cual se ve agravado por una crisis económica en evolución. Además, las consecuencias sociales derivadas de la adopción de estos modelos de producción han contribuido a la discriminación a las personas que viven en los sectores rurales en donde se amplió la brecha de diferencias entre campesinos acomodados y desfavorecidos, al mismo tiempo que han intensificado la dependencia de la agricultura (Yamberla, 2017).

Otra causa es la migración, ya que esta dinámica modifica la composición de las comunidades rurales, al mismo tiempo, induce cambios en el uso de la tierra. Por lo general, los migrantes suelen ser jóvenes, y como resultado la responsabilidad de la gestión de la tierra recae en los ancianos. Varios estudios han corroborado que una consecuencia de este fenómeno es el

abandono de tierras, lo que conlleva a una reducción de la productividad agrícola. Además, es crucial considerar la dimensión de género en las comunidades, dado que hombres y mujeres tienen perspectivas y roles distintos en relación a la agricultura (Pearl, 2015).

b. Económico

Lamentablemente los sistemas agroforestales no han alcanzado una adopción generalizada en todos los sectores económicos de los países, y esto es especialmente notable en el sector rural, que incluye a comunidades indígenas. Estas comunidades se ven particularmente afectadas, dado que a menudo tienen suelos erosionados donde es necesario aplicar sistemas agroforestales, debido a que la mayoría de las tierras están destinadas a la cría de ovinos, vacunos y/o la siembra de cultivos anuales. Aunque esta orientación brinda una mayor estabilidad económica, conlleva una disminución en términos de sostenibilidad ecológica, como lo señala (Sotomayor y Barros, 2016).

Sin embargo existen situaciones de vulnerabilidad alimentaria e insuficiente ingreso económico; de manera especial en las regiones de América Latina y el Caribe donde un ente limitante es la economía. Todo ello es resultado no solo de la aplicación de políticas deficientes, sino también de prácticas sociales inadecuadas (Ruiz y Nariño, 2022). Además los sistemas agroforestales proveen servicios ambientales que no pueden ser cuantificados por el mercado, por la falta de apoyo técnico y financiamiento lo que provoca que la población asuma estos rubros.

c. Ecológico.

Actualmente ha crecido el impulso de implementar iniciativas agroforestales, pero estas solo se limitan a escalas de parcela mas no a nivel del paisaje, por lo que no se protege los bosques naturales, ya que si fuese el caso esto permitiría corregir la deforestación y la degradación forestal y por ende se aplicaría lo que es la sostenibilidad ambiental (Sanial, et L., 2020) .

Es importante señalar que existe una percepción errónea en la población en general, que tiende a asociar la instalación de sistemas agroforestales con la necesidad de utilizar pesticidas. Sin embargo, esta noción es incorrecta, ya que el uso excesivo de agroquímicos puede traer efectos perjudiciales y desequilibrar los ecosistemas. Por el contrario, las prácticas agroforestales están diseñadas con el propósito de minimizar la dependencia de agroquímicos, como lo destaca (Corella , 2016).

Teniendo esto en cuenta, la sociedad depende de forma imprescindible de los recursos naturales, en donde cualquier aumento en la degradación de los recursos traerá consecuencias significativas, como la disminución de la disponibilidad de fuentes de alimento y una reducción en la calidad de vida, entre otros aspectos relevantes.

1.3. Clasificación de los Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son aquellos que combinan árboles, arbustos con cultivos agrícolas y/o animales, con la finalidad de obtener alimentos para el hombre, forraje para los animales o productos forestales. Existen tres sistemas que son conocidos y aplicados estos son: sistemas agrosilvícolas (árboles y cultivo), sistemas silvopastoril (árboles, pasto y animales) y sistemas agrosilvopastoril (árboles, cultivo, pastos y animales)

1.3.1. Sistemas agrosilvícolas

Radica en la combinación de árboles y/o arbustos en donde se encuentran asociados con cultivos agrícolas en un mismo sitio. Por ejemplo se puede asociar cultivos agrícolas en forma de callejones entre hileras de árboles. Se debe tomar en cuenta los espacios entre el árbol y el cultivo ya que los mismos deben ser amplios para que no exista una competencia de nutrientes, pudiendo variar entre 4 y 25 metros, dependiendo de los tipos de árboles y cultivos a utilizar (Comisión Forestal Nacional , 2012).

a. Linderos

Están compuestos por especies forestales leñosas, en donde su función es demarcar límites tanto internos o externos siguiendo los bordes o caminos existentes entre lotes o fincas. Estos pueden estar asociados entre cultivos agrícolas, pasturas y animales (Ospina Ante, 2006). Otra función que cumple, es generar varios productos y servicios (frutos, madera, forraje, leña, etc).

Sin embargo Benavides (2013) menciona que los linderos no rodean en su totalidad los predios, solo una cierta parte, mismos que producen un espacio favorable para el desarrollo de los diferentes cultivos. Entre las especies más utilizadas en la parte de la sierra ecuatoriana está el aliso, quishuar, pino, ciprés y capuli (Carlson y Añezco, 1990).

b. Cercas vivas

Está constituido por una o varias líneas de especies forestales que pueden ser utilizadas tanto con fines maderables como no maderables. La función principal de esta práctica, a diferencia de las práctica en linderos, es la de restringir el acceso de personas y animales a una propiedad o a una sección de la misma. Normalmente esta práctica se asocia con cultivos agrícolas, pasturas u otras tecnologías agroforestales y viviendas, en donde con el tiempo estos provee otros servicios (Villagaray y Bautista, 2011).

c. Cortina rompevientos

Es una barrera que tiene como función reducir la velocidad del viento produciendo así una zona de protección al lado opuesto al que incide el viento, es aplicada en diferentes ámbitos: con lo que respecta al sector rural estas se utilizan para efectos adversos al viento sobre los cultivos, huertos frutales y áreas de pastoreo y en el ámbito social son utilizadas para dar abrigo a las viviendas. (Ramilo, 2022)

d. Huerto mixto

Según Biopasos (2007) El huerto mixto mejora la alimentación familiar al diversificar la producción. Se puede utilizar una amplia diversidad tanto de especies forestales como de cultivos de plantas medicinales, frutales, agrícolas, hortícolas, etc. También se puede incorpora animales menores, apicultura y floricultura.

e. Cultivo en callejones

Consiste en fajas de árboles o arbustos de pocos metros de ancho y largo variable intercalados con cultivos agrícolas, cuya función es aumentar la productividad mediante la incorporación de nutrientes y la estabilidad del suelo, presente en áreas planas o laderas (Ospina Ante, 2006). Esta práctica fue creada con el fin de evitar la disminución de la fertilidad de los suelos, la cual es muy característica de la agricultura migratoria (Muñoz et al., 2014).

Estos sistemas son aplicables para especies anuales que son tolerantes a la sombra, una desventaja de este sistema es que se pierde espacio por la siembra de las especies arbóreas, pero se espera que llegue a un punto en donde encuentre el equilibrio con un aumento del rendimiento del cultivo, lo cual esto es provocado por efectos de la fertilización natural através del ciclaje de nutrientes (Valencia, 2014).

f. Cultivos en contorno

Según Guzmán Díaz (2012) esta práctica consiste en sembrar el cultivo en hileras de forma transversal a la pendiente en curvas a nivel. La principal función es de proteger al suelo de la erosión tanto hídrica como eólica en áreas que poseen pendientes moderadas, además de brindar productos madereros como leña y madera así como también productos no madereros como es el caso de frutos, forrajes, entre otros (Ospina Ante, 2006).

g. Sistema Taungya

Esta práctica permite un mejor aprovechamiento del terreno y a su vez conlleva una reducción en los costos de mantenimiento, donde tradicionalmente se cultivan granos básicos como maíz, habas, frejol entre otros, en los últimos años se ha ido incorporando tubérculos, hortalizas, etc.

Se manifiesta que existen dos interacciones que sobresalen en este contexto: en primer lugar la interferencia entre los cultivos y los árboles, que es causada por factores como la competencia, los efectos alelopáticos y la sombra. En segundo lugar, se observa una competencia por agua, luz, nutrientes, densidad y tipo de manejo, lo que puede resultar en una disminución del rendimiento y una mayor susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades. Por lo que los agricultores que implementan esta práctica obtienen ingresos económicos, alimento, leña, aparte de los beneficios de la cosecha de las especies forestales (Granda Arévalo, 2012).

h. Barreras vivas de árboles y arbustos en contorno

Consiste en plantar árboles o arbustos en líneas de contorno dentro del predio preestablecido. Esta práctica debe ser asociada con obras físicas de conservación de suelos, por ejemplo la construcción de zanjas de infiltración, pircas o terrazas de piedra con la finalidad de capturar los sedimentos y evitar la erosión del suelo, en donde una vez establecida, tomará la función principal que es formar barreras vivas, para reemplazar la obra de conservación (1990 citado por Ospina, 2006).

- **Técnicas**

Es relevante destacar que estas prácticas involucran diversas técnicas de manejo, como la poda de la parte superior del árbol, la eliminación drástica de ramas y el raleo tal como lo menciona a continuación la ONF (2013):

- Para lograr una productividad óptima, es esencial considerar que las especies requieren una disponibilidad de luz solar que varíe de media a alta. Además, se debe llevar a cabo el raleo de los árboles entre los 3 y 7 años de edad, manteniendo una altura promedio de 5 a 7 metros.
- En el caso de madera, se deben seleccionar especies de lento o rápido crecimiento, para garantizar la calidad de la madera en esta práctica, es crucial que la especie seleccionada tenga acceso a una disponibilidad de luz solar que oscile entre media y alta. Además, se debe asegurar que los árboles alcancen una altura de 7 a 15 metros, tomando en consideración sus turnos de cortas.

Con lo referente a los cuidados generales para esta técnica se encuentra los mencionados por González y Camacho (1995):

- Realizar un manejo de rodajales que implica el mantenimiento del espacio alrededor de las especies forestales plantadas para garantizar su desarrollo adecuado, hasta que alcancen una altura media de 2 metros.
- Por otro lado, la realización de chapeos, consiste en la erradicación de la maleza (mala hierba). La omisión de esta técnica podría resultar en la pérdida de los árboles en donde lo más óptimo es que los árboles nunca queden ocultos entre la maleza.
- Las primeras podas deben llevarse a cabo cuando los árboles tienen aproximadamente 2 años de edad. Esta técnica contribuye a reducir la sombra excesiva, dar forma a las copas y producir biomasa utilizada como forraje para los animales y cobertura vegetal del suelo.
- En cuanto a los raleos, su objetivo principal es seleccionar a los árboles menos desarrollados, ya sean aquellos que estén enfermos, torcidos, bifurcados o de menor altura.

1.3.2. Sistema Silvopastoril

Es la combinación en un mismo sitio, de árboles y especies herbáceas forrajeras conjuntamente con la producción de ganado, estos sistemas tienen la función de obtener productos forestales no madereros, así como de suministrar sombra, lo cual ayuda a proteger al ganado y al suelo, en tanto provisionan ingresos económicos provenientes de los derivados de la ganadería (Céspedes y Vargas, 2021).

Este sistema restablece los procesos de degradación de los pastizales, al aumentar la protección física del suelo y contribuir en la restauración de la fertilidad con ayuda de la intervención de las especies leguminosas que fijan nitrógeno al suelo y las raíces de los árboles que favorecen en el ciclaje de nutrientes. (J., 2011).

- **Pasturas**

Son ecosistemas que ofrecen recursos alimenticios de bajo costo, de manera especial para la alimentación de rumiantes, siendo estos la base para la producción y brinda beneficios económicos (Delgado et al., 2019). En Latinoamérica las pasturas constituyen el principal uso del suelo en sistemas de producción de monocultivos, donde más del 50% de las áreas presenta estados avanzados de degradación, lo cual afecta a la sostenibilidad (Sépulveda et al., 2011). Según estudios realizados en Europa, la invasión de los pastizales por especies leñosas es un ente mundial, causando el desinterés de las actividades agropastoriles. En este caso la especie *Alnus viridis* toma un papel negativo importante, provocando un enriquecimiento de N₂ al suelo y mejorando las posibilidades de lixiviaciones; lo que provoca una contaminación de arroyos y aguas subterráneas (Svensk et al., 2023).

Por lo que un sistema de pasturas sostenible es aquella, que a largo plazo, mejora las condiciones de calidad ambiental y al mismo tiempo abastece alimentos para satisfacer las necesidades humanas tanto en la forma económica y mejorar la vida de los productores y consumidores (Ramírez et al., 2008).

- a. **Árboles en pasturas**

Están asociadas entre especies leñosas dispersas en pastos o leguminosas forrajeras, las cuales son aprovechados mediante el pastoreo directo con animales o cortes periódicos, la función

principal es aumentar la productividad del sistemas reduciendo el estrés calórico de las plantas y de los animales que es provocado por el sol , generando espacios de sombra en donde el animal se pueda proteger, además de ello esta práctica sirve para mejorar el microclima y proveer productos forestales madereros como no madereros (Ospina Ante, 2006). Las especie leñosas a mas de proveer madera, prestan otros servicios como fijación de nitrógeno atmosférico y fósforo, mejorar la condiciones de vida del suelo, diversifica el paisaje y es el refugio y alimento de la avifauna que habita sobre el lugar (Guerrero, 2014).

b. Banco de proteínas

Tambien llamado banco forrajero, es el espacio de la finca en donde se siembra algunas especie de árboles forrajeros, y a la vez sirva de alimento para el ganado. Esta práctica ayuda a conservar por largo tiempo el alimento para el ganado durante los periodos de época crítica. Para ser aprovechados estos bancos de proteínas se lo realiza de dos formas: la primera es através de la modalidad de corte y acarreo (alimento cortado y llevada al lugar para proveer a los animales para que la consuman) y el pastoreo directo o ramoneo (Barrantes Orozco, 2005).

Las especies arbóreas o arbustivas de tipo forrajeras han demostrado que tienen mayor resistencia a los condiciones climáticas extremas y se caracterizan por presentar altos contenidos de proteína cruda (PC) y minerales, lo cual permite mejorar la eficiencia de los animales (Navas et al., 2020).

c. Árboles y arbustos dispersos en potreros

En este sistema, los pastos están combinados con árboles, la mayoría de especies ya sean árboles y/o arbustos provienen de regeneración natural de especies seleccionadas y otros son introducidos por el productor. Esta práctica ofrece una fuente de alimentación de alta calidad para el ganado, ya que, además del pasto, los animales se nutren del forraje y los frutos producidos por los árboles, tal como lo describe (Toruño et al., 2015).

Los árboles en potreros cumplen funciones tanto ecológicas como productivas. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo un manejo adecuado de estas prácticas, ya que presentan efectos positivos, como mejorar la productividad animal, el suministro de forraje durante en la época seca, la contribución al secuestro de carbono y a la conservación de la biodiversidad (Villanueva et al.,2013).

- **Técnicas**

Considerando la necesidad de proporcionar una dieta más nutritiva a los animales mediante la diversificación de forrajes, es esencial tener en cuenta las siguientes consideraciones tal como lo mencionan IICA (2016) y Csasola et al. (2005):

- Adquisición de árboles de vivero, al momento de la siembra, se deben realizar hoyos de 30x30x30 centímetros.
- Establecimiento de una cerca ligera alrededor de los árboles para evitar que los animales se alimenten de ellos hasta que alcancen las características necesarias para su consumo.
- Implementación de un control efectivo de malezas, que implica la erradicación de la vegetación no deseada en un radio de medio metro alrededor de cada árbol.
- El inicio del proceso de poda comienza a los 18 meses posteriores a la siembra, con el objetivo de fomentar la producción de forraje y reducir la sombra proyectada sobre el pasto. Esta técnica también contribuirá a elevar la calidad de la madera resultante.
- Implementación del raleo, que implica la eliminación de los árboles de menor calidad. Este procedimiento se llevará a cabo cuando los árboles alcancen una altura comprendida entre los 7 y 9 metros, con el fin de mejorar la disponibilidad de recursos como el agua, la luz y los nutrientes en el sistema.

1.3.3. Sistema agrosilvopastoril.

Están asociados entre árboles maderables con cultivos de ciclo corto, en donde mientras los árboles crecen, más adelante es reemplazado el cultivo existente por pastos, una vez que el pasto alcanza la altura deseada se lo explota con la entrada del ganado. (Santana y Valencia, 1998). La principal función de este sistema es brindar alimentación a los productores durante todo el año, mediante múltiples interacciones biológicas, ecológicas y económicas, para optimizar el rendimiento sostenible (Solorio et al., 2010).

a. Lotes multipropósito

El silvopastoreo es un sistema en donde interactúan las especies leñosas perennes con los componentes tradicionales (forrajeras, herbáceas y animales) donde el principal objetivo es

obtener productos de madera, forraje de alta calidad, alimentación adecuada para el ganado de una manera simultánea, intensiva y eficiente (Paredes et al., 2018).

Los arbustos y árboles forrajeros tienen ventajas como: aumento de la productividad, influencia laxativa en el tracto digestivo, reduce costos de alimentación, son una fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas, proporcionan sombra, tiene un efecto marcado en la tasa de crecimiento, incrementa la microfauna del suelo, las especies que poseen un sistema radical profundo tienen la facilidad de extraer agua y nutrientes en las épocas de sequía. Desde el punto ecológico muchas especies arbustivas leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno debido a que sus raíces tienen una asociación con bacterias del género *Rhizobium*. Entre ellas se encuentra la *Leucaena leucocephala* (leucaena), *Salix spp* (sauce), *Morus alba* (morera), *Acacia sp*, *Erythrina edulis* (porotón) y *Gliricidia sepoum* (matarratón). Existen otras especies que cumplen otro rol importante como es el *Prosopis sp* (algarrobo) *Gleditsia triacanthos* (guayaba), en donde los frutos pueden ser utilizados para la crianza de ovinos, caprinos y cerdos (Flores y Tinajero, 2007).

b. Huertos caseros mixtos

Es una asociación interna entre los árboles y/o arbustos de uso múltiple con cultivos tanto perennes como anuales y animales en pequeñas parcelas, en donde generalmente son manejadas por los propios propietarios. Estos huertos usualmente se los encuentra en los alrededores de la casa del agricultor y engloban diversas producciones, que abarcan cultivos agrícolas como tubérculos, hortalizas y frutales, actividad ganadera que incluye animales, aspectos forestales como la obtención de madera, leña y postes, así como la presencia de plantas ornamentales y medicinales, como se detallan en la investigación de (Iglesias et al., 2011).

Este sistema es utilizado para cubrir las necesidades básicas de las familias, con mano de obra familiar donde ocasionalmente las personas venden algunos exedentes de la producción. Cabe destacar que este sistema está compuesto por varias estructuras que pueden ser diferenciadas a partir de la división de su espacio en las distintas áreas de manejo; como la estructura horizontal y vertical propia y la combinación de especies y variedades de vegetación única (Montoya, 2021).

En consecuencia, esta práctica es una fuente de ingresos económicos para el agricultor, por la alta variedad de productos orgánicos que producen sus fincas. Adicionalmente, estos productos contribuyen al enriquecimiento del suelo y a la promoción de su conservación.

- **Técnicas**

Con el fin de establecer un buen sistema, resulta necesario la aplicación de técnicas pertinentes. Carlson y Añazco (1990) es su libro sobre el establecimiento y manejo de prácticas agroforestales, destaca la relevancia de las siguientes consideraciones, las cuales contribuyen de manera significativa al mantenimiento y mejora del sistema:

- Realizar el hoyado de 30x30x30 centímetros y ajustar la distancia adecuada según la técnica específica a ser aplicada.
- Desde la perspectiva forestal, la práctica del raleo, permite reducir el número de árboles, lo que brinda a su vez a cada árbol un espacio adicional para el desarrollo de sus raíces y copas, promoviendo un aumento en su crecimiento en términos de diámetro, permitiéndoles alcanzar el tamaño comercial más rápidamente. En el contexto agropecuario, el raleo busca reducir la competencia de los árboles con los cultivos, además la especie arbórea raleada puede servir como forraje, por lo que aumentara la cantidad de alimento para el ganado.
- A través de la poda, se puede reducir la sombra, mejorar la calidad de la madera y nos permite cosechar productos como leña y forraje en forma continua, sin la necesidad de eliminar árboles. Una recomendación a tomar en cuenta, es no realizar una poda que exceda la mitad de la copa, con el propósito de minimizar un impacto negativo sobre el crecimiento del árbol.
- En cuanto al manejo de cultivos y animales, es necesario ejercer precaución, dado que uno de los desafíos principales es la convivencia de árboles recién plantados y animales. En este contexto, se puede aplicar las siguientes recomendaciones: la implementación de la corta de pastos para disminuir la presencia de animales a las áreas donde los árboles están plantados, incentivando al ganado a alimentarse fuera de dicha zona. Además, es útil establecer cercas utilizando postes y alambres alrededor de los árboles para brindar protección individual. En el caso de los campesinos indígenas, es posible reducir los costos de implementación utilizando materiales locales, como hojas de penca, espinos o ramas

de pino y ser complementado con el sogeo (amarrar a los animales con una estaca) para controlar el movimiento de los animales y proteger las áreas sembradas.

1.3.4. Especies andinas forestales del Ecuador

Se las encuentran en su mayoría en los bosques montanos bajos, debido a la altitud que se encuentra sobre el nivel del mar. La ubicación de las especies adecuadas trae consigo varios beneficios entre ellos tenemos: almacenamiento de agua, incremento de la biodiversidad, almacenamiento de CO₂, la producción de oxígeno, mantener los aspectos étnico – culturales y obtener productos maderables y no maderables.

Entre las especies nativas del Ecuador se encuentra: *Saurauia herthae Sleumer* (moquillo), *Alnus acuminata* (aliso), *Buddleja incana* (quishuar), *Weinmannia cochensis* (encino colorado), *Weinmannia fagaroides* (cashco), *Hieronyma asperifolia* (motilón), *Erythrina edulis* (porotón), *Abatia parviflora* (candellillo), *Juglans neotropica* (nogal), *Cedrela montana* (cedro andino), *Ruagea hirsuta* (cedrillo), *Siparuna aspera* (chucho), *Morella pubescens* (laurel de cera), *Geissanthus andinus*, *Myrsine dependens* (capulín del monte), *Myrcianthes hallii* (arrayán), *Podocarpus oleifolius* (romerillo), *Prunus opaca* (sacha capulí), *Polylepis pauta* (polilepis), *Gordonia fruticosa* (botoncillo). Los que se encuentran con la categoría endémica es la especie *Oreopanax ecuadorensis Seem* (pumamaqui) además se encuentra en peligro de extinción (MAE; FAO, 2015).

1.3.5. Cultivos andinos tradicionales del Ecuador

El sector agropecuario en términos del Valor Agregado Bruto Real ha incrementado desde el 2008 al 2018 en un 37%, información tabulada desde el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). En la mayoría de la zona andina del Ecuador se dan productos como *Ullucus tuberosus* (melloco), *Solanum tuberosum andigenum* (papa), *Pisum sativum* (alverja), *Zea mays* (morocho), *Oxalis tuberosa* (ocas), *Vicia faba* (haba), *Arracacia xanthorrhiza* (zanahoria blanca), *Ipomoea batatas* (camote) y con los relacionado a arbustos o árboles frutales se encuentra *Solanum betaceum* (tomate de árbol), *Rubus glaucus* (moras), *Solanum quitoense* (naranjilla), *Carica pentagona* (babaco), *Vaccinium floribundum* (mortiño), *Hieronyma macrocarpa* (motilón), *Physalis peruviana* (uvilla), *Passiflora mollissima* (taxo), *Passiflora ligularis* (granadilla), entre

otros. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP, 2018), indica que los principales cultivos de la provincia de Imbabura son: *Phaseolus vulgaris* (fréjol), *Hordeum vulgare* (cebada), *Zea mays* (maíz), *Chenopodium quinoa* (quinua), *Lupinus mutabilis* (chocho), *Triticum* (trigo), y otros cultivos que se realizan por métodos tradicionales en un 50%, semi tecnificado en 40% y tecnificado en 10 % (Albuja et al. 2020).

1.3.6. Prácticas tradicionales sobre la labranza de la tierra en la cultura kichwa Caranqui

Conforme a los datos recopilados por Benítez Bastidas (2017), el pueblo kichwa Karanqui se basa principalmente en actividades agrarias, la cual es muy diversificada debido a que se adapta a los diversos pisos bioclimáticos, generalmente ubicados a altitudes superiores a 2.500 msnm. Estas actividades agrarias se desarrollan principalmente en áreas de pendientes suaves a moderadas, con la práctica ocasional de la agroforestería en pendientes más pronunciadas. Es importante mencionar que la mayoría de las familias kichwas residen en las zonas rurales y poseen chacras agrodiversas, en donde cultivan raíces y tubérculos, hortalizas, frutales nativos y plantas medicinales. Asimismo la mayoría de las familias aprovechan como fertilizante el abono orgánico de los residuos de los animales.

En lo que respecta a la cosmovisión andina, la población indígena sigue celebrando los cuatro raymis (fiestas), dos masculinas y dos femeninas, como agradecimiento a la Pachamama y al Sol por las cosechas y los frutos maduros. Además tanto hombres como mujeres indígenas desarrollan sus actividades agrícolas de acuerdo con el calendario lunar, ya que según su cosmovisión, estos son los tiempos y fechas propicias para la siembra, el aporque y la cosecha. Esta sabiduría ha sido transmitida a través de generaciones, de padres a hijos y de abuelos a nietos.

En cuanto a las prácticas de preparación de la tierra, los kichwas siguen empleando las técnicas tradicionales, como el arado en forma recta, que contribuye a cubrir las hierbas y convertirlas en abono, de igual manera, cuando las plantas son pequeñas y débiles recurren a aflojar el surco y aplicar abono para la revitalización de los cultivos. Cabe recalcar que en terrenos de difícil acceso, se recurre al uso de la yunta, en donde los bueyes llevan el yugo, las caras y un arado ya sea metálico o de madera. Un dato importante del pueblo Karanqui es que combaten las

plagas de sus cultivos con la siembra de productos asociados, tal es el caso del maíz, fréjol, quinua y choco, lo que contribuye a la protección del suelo, procurando la humedad adecuada.

1.4. Factores ambientales

Los sistemas agroforestales han jugado un papel importante en la variabilidad climática a lo largo de la cordillera interandina. Sin embargo, en los últimos diez años han variado notablemente las precipitaciones y temperaturas, siendo una limitante para la sobrevivencia de plantas y su normal desarrollo (Yaguache y Carrión, 2000).

1.4.1. Topografía

Según la (FAO (s.f.) es la técnica que mide la superficie de la tierra y sus accidentes; estos pueden ser naturales como planicies, colinas, montañas, cursos de agua, formaciones rocosas o bosques; o bien, pueden tratarse de objetos y estructuras creados por el hombre, tales como carreteras, vías de comunicación, edificios, centros urbanos o cuerpos de agua artificiales.

Habitualmente los suelos que están ubicados de acuerdo en su topografía en las laderas, son utilizados con fines de pastoreo o cultivos agrícolas, dejando como consecuencia la degradación del suelo y volviéndolos susceptibles a la erosión (Vann Voss et al., 2001).

1.4.2. Suelo

El suelo es un elemento natural que está conformado por minerales y materia orgánica en descomposición que cubre a la superficie terrestre, presta una serie de servicios como: mejorar la eficiencia de los nutrientes y la salud de las plantas, es por ello que la agroforestería depende del suelo ya que proporciona agua, nutrientes y soporte físico (Paredes, et al., 2018). Dejando de lado los servicios que presta el suelo, se debe tomar en cuenta que es la base fundamental para el desarrollo y producción familiar, donde debe ser manejado mediante buenas prácticas ambientales que permita tener y conservar la fertilidad de los suelos (Heifer, Fundación, 2014).

1.4.5. Agua

El agua es un recurso limitado y se encuentra sometido a grandes presiones de uso, por lo que su escasez está aumentando a un ritmo alarmante, planteando uno de los desafíos más significativos a nivel global, en donde el sector que consume más este líquido es la agricultura (FAO, 2019). Es por ello que van en asenso la adopción de sistemas agroforestales, motivado por la búsqueda de beneficios tanto económicos como medioambientales. Estos sistemas desempeñan un papel crucial en la regulación y preservación de las áreas relacionadas con recursos hídricos, en gran medida gracias a su componente forestal, como lo destaca (Heifer, Fundación, 2014).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

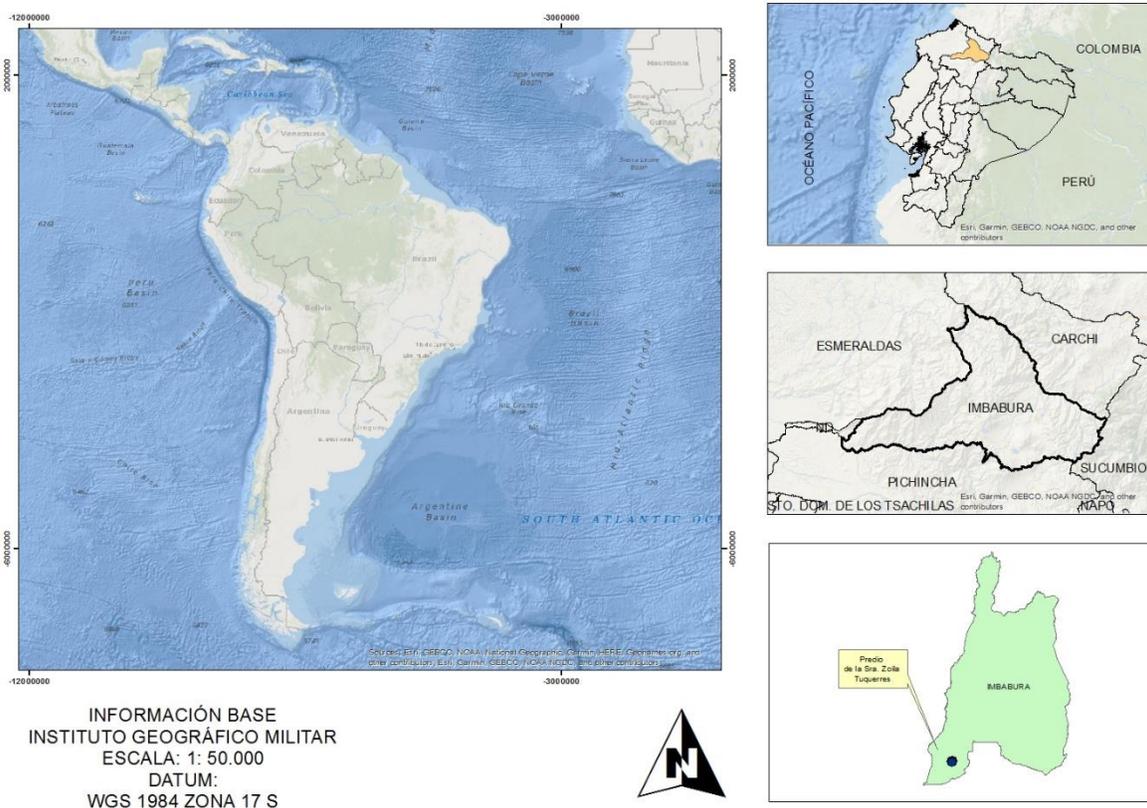
2.1. Ubicación del lugar

2.1.1. Política: parroquia, cantón, provincia

La investigación se realizó en un predio determinado, ubicado en la comunidad El Manzanal a 2.875 msnm, que pertenece a la parroquia de Caranqui, cantón Ibarra, provincia Imbabura (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del predio en el Ecuador



2.1.2. Geografía del sitio investigación

2.1.2.1 Coordenadas

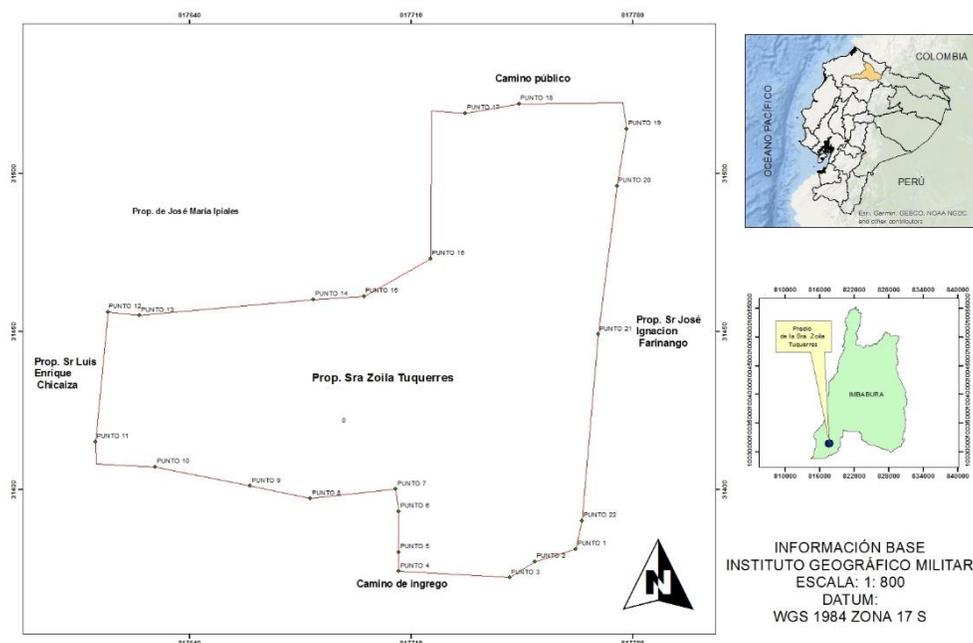
El predio de El Manzanal se encuentra a $78^{\circ}08'45.6''$ de longitud W, $0^{\circ}17'00.8''$ N, entre 2.875 – 2.900 msnm.

2.1.2.2 Mapa.

Se tomaron las coordenadas con el GPS, para elaborar el mapa del predio de El Manzanal que pertenece a la Sra. Zoila Tuquerres (Figura 2).

Figura 2

Croquis del predio de El Manzanal



2.1.3. Límites

El predio se encuentra ubicado en la comunidad El Manzanal perteneciente a la parroquia Caranqui que limita con los predios, al Norte con el camino público, al Sur con el ingreso al terreno, al Este con la Propiedad del Sr José Ignacio Farinango y al Oeste con el predio del Sr Luis Enrique Chicaiza y la propiedad del Sr José María Ipiales.

2.1.4. Superficie del predio

El predio seleccionado pertenece a la Sra. María Zoila Tuquerres y cuenta con una superficie total de 35.522,07 m², lo que equivale aproximadamente a tres hectáreas y media.

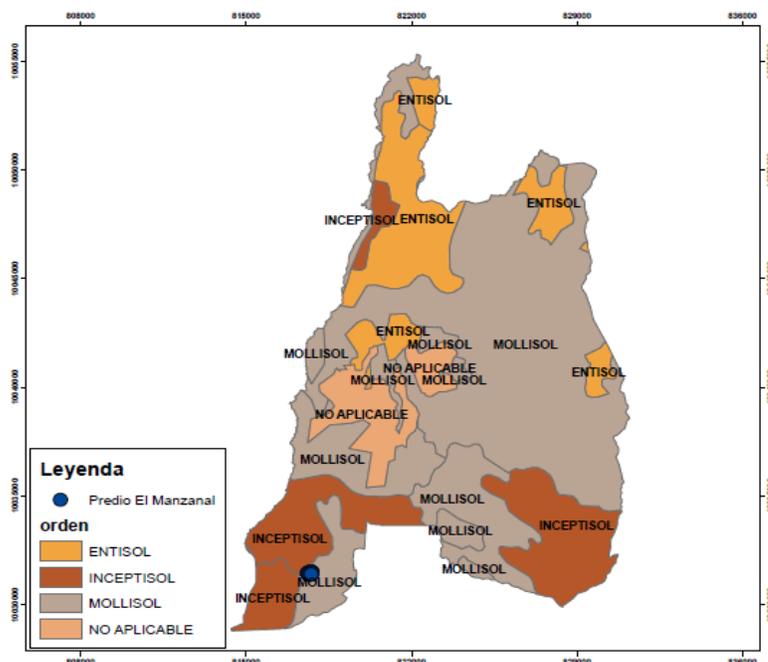
2.2. Caracterización edafoclimáticas del lugar

2.2.1. Suelo

La comunidad del Manzanal tiene un suelo de orden Molisol (Figura 3), los cuales son suelos con alta presencia de materia orgánica son de color oscuro y apropiados para la agricultura (PDOT, 2021).

Figura 3

Mapa del tipo de suelos de la comunidad de El Manzanal



2.2.2. Clima

La comunidad de El Manzanal tiene un clima ecuatorial de alta montaña (Figura 4), las temperaturas máximas son de 20° C, y las mínimas tienen valores inferiores a 0° C y las medias

2.3 Materiales, equipos y software

Los materiales y equipos que se utilizaron para la investigación se presentan en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación

Materiales de campo	Equipos	Software
Hoja de campo	GPS Essentials.	Microsoft Word.
Útiles de escritorio	Cámara fotográfica.	Microsoft Excel.
Cuestionario guía	Computadora.	ArcGis 10.8
Cinta métrica	Grabadora	

2.4. Metodología

La investigación fue cualitativa, por su objetivo aplicado, porque se tomó la teoría de la Metodología planteada por Somarriba (2009) y se la adaptó en el contexto de un diseño agroforestal, por su alcance fue descriptivo, por su diseño no experimental puesto que, no existió edición de variables, por el tiempo sincrónica y por el lugar de campo.

La investigación fue desarrollada en la finca de la Sra. Zoila Tuquerres con la participación de los integrantes de la familia.

2.4.1. Variables

Al ser una investigación no experimental, se estableció los siguientes criterios, con la finalidad de cumplir con los objetivos específicos propuestos.

2.4.1.1. Objetivo específico 1

- **Realizar un diagnóstico a nivel del predio.**

Para poder realizar el diagnóstico del predio seleccionado, se adaptó la metodología Propuesta por Somarriba (2009) del D&D (Diagnóstico y Diseño agroforestal) al contexto local, quien menciona que se deben tomar en cuenta las siguientes dimensiones:

- Biofísico
- Social
- Económico

2.4.1.1.1. Diagnóstico Biofísico

En este apartado se evaluó las características biológicas y físicas del predio y de sus usos de la tierra, identificando las oportunidades que estos ofrecen para mejorarlos agroforestalmente. En el diagnóstico biofísico se tomó en cuenta, al menos, los siguientes aspectos:

- **Diagnóstico biofísico -1**

El predio fue visualizado en dos tipos de unidades espaciales: superficiales y lineales.

- Superficies: Se visualizó los espacios bidimensionales que ocupan los diferentes usos de la tierra (diferentes parcelas) en donde se tomó en cuenta la asignación de tierra a las actividades productivas y no productivas del predio.

En donde fue necesario realizar un censo para cuantificar los individuos existentes y las áreas que ocupan respectivamente.

- Líneas: Incluyeron, divisiones entre parcelas, caminos internos y linderos con vecinos.

- **Diagnóstico biofísico -2**

En esta etapa se requirió comprender el paisaje y unidades fisiográficas a nivel de predio y a nivel parroquial, a nivel de predio se tomó en cuenta su topografía (se utilizó la información de las curvas de nivel y se realizó un DEM), a nivel parroquial se conoció las condiciones del sitio,

- Mano de obra familiar
- La edad de las personas de la familia
- Conocer la realidad económica
- Saber que quiere la familia con respecto al predio

Esta información fue obtenida mediante entrevistas estructuradas alrededor de temas como los señalamos anteriormente y con un formulario para anotar los datos de la familia.

Se conversó con el finquero y con los demás miembros del grupo familiar, en donde se trató que respondan diferentes preguntas con base a los cuatro aspectos establecidos.

Para realizar una práctica agroforestal se necesita mano de obra, dependiendo las prácticas que se establezcan, entonces se deberá conocer ¿De dónde saldrá la mano de obra familiar?, ¿Cuántas personas se necesitan? ¿Cuáles son las edades de grupo familiar?.

Una práctica agroforestal se construye con el conocimiento local más el conocimiento científico, en donde para saber el conocimiento local se le entrevistó a la familia, en donde se tomó en cuenta su edad, ya que las personas de mayor edad poseen un conocimiento local más profundo a diferencia de las personas de menor edad que conforman la familia, al igual que se debió conocer su género si es hombre o mujer, ya que ambos poseen conocimientos locales distintos.

Una práctica necesita dinero para poder implementarse, en donde se evaluó ¿Cuál es la realidad económica de la familia?, ¿La familia está en la capacidad de invertir?, ¿Cuánto dinero está dispuesto a invertir?, para según esto proponer la práctica agroforestal adecuada.

Para conocer el objetivo de la práctica agroforestal se tuvo que conocer ¿Qué quiere la familia con el predio?, ¿Desea obtener leña?, ¿Quiere abrigo? pues existen diversos objetivos como por ejemplo: mejorar el microclima, diversificar la producción o mejorar el suelo.

De acuerdo a todos estos parámetros se diseñó las prácticas agroforestales en el predio

2.4.1.1.3. Diagnóstico económico

En este diagnóstico se designaron dos prioridades que son: las principales fuentes de ingresos de la familia y los principales egresos de los mismos. Estos datos fueron obtenidos

mediante una o varias entrevistas y formularios sobre los productos que ofrece el predio y en que parte de la economía benefician a la familia.

La etapa de diagnóstico nos ofreció una visión del predio; del finquero y del grupo familiar; del entorno biofísico, económico y social; y de las oportunidades y limitaciones que lo acompañan.

El diagnóstico nos permitió conocer parcialmente la realidad del finquero, su familia y su finca. A este conocimiento se añadió una visión académica y con estos conocimientos se dio inicio a la etapa final del Diseño.

2.4.1.2. Objetivo específico 2

- **Proponer un diseño de sistema agroforestal.**

2.4.1.2.1. Estructura del diseño agroforestal dentro del espacio del predio

- **Establecer los propósitos**

Una vez que se obtuvo el croquis del predio (diagnóstico biofísico) se establecieron conjuntamente con la propietaria los propósitos del sistema agroforestal, los cuales podrán ser:

- Mejorar el microclima
- Diversificación de productos
- Mejorar el suelo
- Incrementar la productividad de la parcela
- **Establecer los sistemas y/o prácticas agroforestales**

A partir de los propósitos establecidos se determinó los sistemas y/o prácticas agroforestales para poder dar cumplimiento de los mismos. Entre los cuales podrán ser:

- **Sistema Agrosilvícola:** Cercas vivas, cortina rompevientos, siembra en linderos, barreras vivas de árboles y arbustos en contorno.
- **Sistema Silvopastoril:** Árboles y arbustos dispersos en potreros, especies arbóreas o arbustivas en fajas, cercas vivas, barreras vivas, banco de proteínas, pasto entre árboles maderables.

- **Sistema Agrosilvopastoril:** Cercas vivas, plantaciones maderables en linderos, pasturas en callejones, pastoreo en plantaciones (forestales o frutales), cortina rompevientos, árboles en asociación con cultivos anuales.

- **Definición de las especies a utilizar.**

Una vez que se tuvo definido los sistemas o practicas agroforestales, se procedió a definir las especies adecuadas que se van a utilizar. Para ello se realizó un listado de las posibles especies forestales y se evaluaron respectivamente de acuerdo a los atributos que se necesiten así como las características que estos presentan.

- **Costos**

Una vez que se realizó los diagnósticos y se conoció de manera más detallada como se encontraba el predio, se procedió a realizar un análisis de costos. Este análisis incluyó un desglose de los costos asociados a los cultivos agrícolas, respetando las áreas asignadas para los cultivos. La determinación de estos costos se basó en visitas a los mercados de la ciudad y al Ministerio de Agricultura y Ganadería, para obtener datos de referencia. Además, se evaluarán los costos relacionados con la madera, misma que serán utilizada en el sistema agroforestal a través de visitas a los aserraderos, para finalmente poder hacer un balance económico de lo que se obtendrá en un futuro con el diseño agroforestal.

Adicionalmente, se llevará a cabo evaluaciones de tres indicadores financiero para conocer la rentabilidad del sistema agroforestal propuesto, los mismos que se detallan a continuación:

- **Valor actual neto (VAN)**

Es el valor que actualiza mediante una tasa de descuento prefijada, el flujo de beneficios netos (beneficios totales - costos totales) generados por el proyecto de inversión. La fórmula para obtener el VAN es:

$$VAN = \frac{\sum_{t=1}^n (B_t - C_t)}{(1 + r)^t} - I_0$$

Nota: López (2006)

Donde:

B_t = Beneficio en el año t

C_t = Costos en el año t

r = tasa de descuento aplicada

I_0 = valor del desembolso inicial de la inversión

- **Tasa interna de retorno (TIR)**

La TIR expresa la tasa de interés real máxima que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, una vez recuperados los costos de inversión y operación. El criterio formal de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos independientes cuya TIR sea igual o mayor que la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002).

$$TIR = \frac{\sum(B_t - C_t)}{(1 + p)^t} = 0$$

Nota: López (2006)

Donde:

B_t = Beneficio alcanzado en el año t

C_t = Costos incurridos en el año t

p = Tasa interna de retorno aplicada

- **Relación Beneficio – Costo (B/C)**

Expresa los beneficios netos obtenidos por unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; si el valor es menor que uno, indicará que la corriente de costos actualizados es mayor que la corriente de beneficios y por lo tanto la diferencia (B/C - 1), cuyo valor será negativo, indicará las pérdidas por unidad monetaria invertida y viceversa, cuando la B/C es mayor que uno, la diferencia (B/C - 1), cuyo valor será positivo, indicará la utilidad por unidad monetaria invertida. La fórmula para obtener la relación beneficio-costos es:

$$B/C = \frac{\text{total beneficios descontados}}{\text{total costos descontados}}$$

Nota: López (2006)

Si el resultado de la R B/C es mayor a 1 se acepta el proyecto, y si este es igual a cero o menor se mantiene o se rechaza.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico biofísico 1

3.1.1. Diagnóstico de cultivos

Según los datos obtenidos en la (Tabla 2) sobre el diagnóstico biofísico de cultivos, existen en el predio de la Sra. Zoila Tuquerres siete tipos de cultivos de ciclo corto, donde se utilizaron aproximadamente 12,5 lb de semillas para cada área, teniendo como finalidad que estos generen ingresos económicos y proporcionen alimento interno. De igual manera todas las parcelas tienen áreas de diferente tamaño siendo la de 1.800 m² la más a grande (morocho) y la más pequeña posee una área de 200 m² (melloco y choclo).

Tabla 2

Diagnóstico Biofísico de cultivos

Código	Fecha	Tipos de cultivo	Semillas (plantas)	Unidad	Área total (m ²)
DBC1	18/03/2023	Morocho	12,5	lb	1400
DBC2	18/03/2023	Morocho	12,5	lb	1800
DBC3	18/03/2023	Melloco	12,5	lb	200
DBC4	18/03/2023	Alverja	12,5	lb	1200
DBC5	18/03/2023	Habas	12,5	lb	400
DBC6	18/03/2023	Habas	12,5	lb	660
DBC7	18/03/2023	Choclo	10	lb	200

Según Leyva et al. (2020), las milpas representan un agroecosistema característico de la agricultura tradicional en el cual se combina una diversidad de especies vegetales, incluyendo maíz, fréjol, habas y otros alimentos, que reflejan una cosmovisión andina integral. Los resultados obtenidos son consistentes con las afirmaciones de estos

investigadores, lo que demuestra que la propiedad bajo estudio, perteneciente a una comunidad rural con un extenso conocimiento tradicional, cuenta con diversas parcelas de cultivo. El cultivo predominante es *Zea mays* (morocho), que pertenece a la familia del maíz, mientras que alrededor de este se encuentran parcelas con cultivos de ciclo corto, como *Vicia faba* (habas), *Ullucus tuberosus* (melloco) y *Pisum sativum* (alverja). Además, Vásquez et al. (2018) señalan que las milpas no solo son un sistema productivo que provee alimentos a las comunidades rurales, sino que también desempeñan un papel estratégico en la seguridad alimentaria. Por lo tanto, este hallazgo está en concordancia con lo observado, ya que la familia objeto de estudio no solo produce sus propios alimentos, sino que garantiza su seguridad alimentaria a través de estas mismas parcelas.

3.1.1.1. Distancias entre cultivos

Las dimensiones de las superficies y las distancias correspondientes a los cinco cultivos existentes se encuentran detalladas en la (Tabla 3). La parcela que abarca la mayor superficie es el cultivo de *Zea mays* (morocho), con aproximadamente 3.740 individuos y una separación de 50 centímetros entre planta y 70 centímetros entre surcos. En contraste, el área ocupada por el *Ullucus tuberosus* (melloco) consta de una parcela con aproximadamente 128 individuos, con una distancia de 90 centímetros entre plantas y 110 centímetros entre surcos.

Tabla 3

Diagnóstico Biofísico superficies de cultivos

Tipos de cultivo	Segmentos (Guachos)	Superficies (parcelas)		Distancias	
		Plantas por segmentos	Individuos totales	Separación entre planta (cm)	Ancho entre segmento (cm)
Morocho	40	68	2.720		
Morocho	34	110	3.740	50	70
Melloco	8	16	128	90	110
Alverja			Recién sembrado	50	80
Habas	20	31	620		
Habas	11	90	990	80	50
Choclo	7	42	294	110	110

Según Basantes (2015), las distancias entre los diferentes cultivos andinos varían dependiendo de la especie. Para la siembra de leguminosas como *Vicia faba* (habas), se recomienda un distanciamiento de 80 centímetros entre surcos. En el caso de *Pisum sativum* (alverja), se sugiere un espaciado de 20 a 25 centímetros entre hileras. En cuanto a los cultivos de cereales como *Zea mays* (maíz), se recomienda sembrar en hileras lo más angostas posible, con un distanciamiento de 80 centímetros entre surcos. Por último, los tubérculos como *Ullucus tuberosus* (melloco) deben ser sembrados con un espaciado de 80 centímetros entre surcos y de 30 a 50 centímetros entre plantas. De acuerdo con lo mencionado por el autor, los cultivos de *Vicia faba* (habas), *Zea mays* (maíz) y *Ullucus tuberosus* (melloco) presentan valores aproximados a los descritos anteriormente. Sin embargo, el cultivo de alverja tiene un distanciamiento de 80 centímetros entre surco x 50 centímetros entre planta, y el cultivo de *Zea mays* (choclo) tiene un espaciado entre surcos de 110 centímetros, lo cual difiere completamente de lo señalado por el autor. Esto podría deberse a que la dueña del predio tiene un diferente conocimiento tradicional con respecto a las distancias o por ende puede deberse a la ubicación en donde se encuentra situado el predio, por lo que necesita tener un distanciamiento más grande de modo que tiene menos producción de estos cultivos.

3.1.2. Diagnóstico de frutales

En cuanto al diagnóstico biofísico de frutales (Tabla 4) el predio posee dos tipos de parcelas, la primera con cultivos de *Solanum betaceum* (tomate de árbol) que presenta 117 individuos en una área aproximada de 648 m² y la segunda con *Rubus glaucus* (moras de castilla), que poseen alrededor de 45 plantas en una área aproximada de 624 m² teniendo así una área similar entre los dos cultivos. Cabe mencionar que en la parcela del tomate de árbol, los individuos se encuentran en proceso de crecimiento, ya que recién fueron sembradas a diferencia de la mora de castilla que ya llevan un tiempo de 16 años sembradas aproximadamente.

Tabla 4*Diagnóstico Biofísico de frutales*

Código	Fecha	Tipos de frutales	# total de árboles	Área total (m ²)
DBAF1	14/03/2023	Tomate de árbol	117	648
DBAF2	14/03/2023	Moras de castilla	45	624

Según Morales et al. (2018), en Ecuador, la mora tiene una importante relevancia socioeconómica debido a su alta productividad en áreas pequeñas. Se encuentra distribuida en zonas agroclimáticas que van desde los 2.000 hasta los 2.800 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una temperatura que oscila entre los 12 y 14°C. Por otro lado, el tomate de árbol, según el INIAP (2014), requiere condiciones climáticas en altitudes que van desde los 1.000 hasta los 3.000 msnm, con temperaturas promedio entre los 14 y 20°C.

En relación al predio de El Manzanal, este se encuentra a una altitud de 2875 msnm y presenta una temperatura de 8 a 10°C. Cumple con las altitudes mencionadas para ambos cultivos, aunque la temperatura varía, posiblemente debido a la ubicación geográfica. Sin embargo, se han realizado visitas in situ y se ha verificado que tanto las moras de castillas como los tomates de árbol tienen altas probabilidades de producción. Se ha observado una buena producción y desarrollo de los frutos en el caso de las moras de castillas, mientras que los tomates de árbol, aunque aún están en proceso de crecimiento, se están desarrollando adecuadamente.

3.1.2.1. Distancias entre frutales

Conforme a las diferentes distancias entre los cultivos de frutales (Tabla 5) la especie *Solanum betaceum* (tomate de árbol) está sembrado a una distancia de 2 x 2,10 metros, a diferencia de *Rubus glaucus* (moras de castilla), que tienen un distanciamiento de 3,60 x 4,10 metros. Esto se debe principalmente a que las plantas de las moras de castilla al ser de crecimiento rastroso tienen un entutorado sencillo en líneas, el cual consiste en la colocación de 4 posters de 2,5 metros de alto a cada lado de la planta, para finalmente proceder con el alambrado y permitir que exista una mayor aireación y un buen manejo del cultivo a diferencia del tomate de árbol, en donde su crecimiento es de manera recta.

Tabla 5*Distancias entre frutales*

Tipos de frutales	Separación entre planta (m)	Ancho entre planta (m)
Tomate de árbol	2,00	2,10
Moras de castilla	3,60	4,40

Según el INIAP (2014), las distancias recomendadas para el tomate de árbol varían entre 2 x 2 metros o 3 x 3 metros, dependiendo de las condiciones ambientales. En cuanto a las moras de castilla, el INIAP (2014) indica que deben tener un espaciado de 3 x 2 metros o 2 x 2 metros.

En el caso de la parcela de los tomates de árbol, los datos concuerdan con los requerimientos mencionados, ya que se cumple con las distancias recomendadas. Sin embargo, en el caso de las moras de castilla, las plantaciones presentan distancias diferentes. Esto se debe al proceso de entutorado, donde al realizar esta práctica, no se tuvieron en cuenta las distancias adecuadas, lo que resulta en un incumplimiento de las distancias propuestas por el INIAP.

3.1.3. Diagnóstico de arbustos y arboles

El diagnóstico biofísico de los árboles que existen en el predio (Tabla 6) se obtuvo como resultado que, posee siete especies de árboles diferentes y tres especies de arbustos, donde la mayor cantidad de especies forestales maderables son tres; *Myrcianthes rhopaloides* (arrayán), *Inga insignis* (guaba) y *Eucalyptus globulus* (eucalipto), entre los arbustos el que más sobresale por su cantidad es el *Euphorbia laurifolia* (lechero), el cual es utilizado en forma de linderos.

Tabla 6*Diagnóstico de árboles y arbustos existentes*

Código	Fecha	Especie	N. científico	# Total
DBA1	18/03/2023	Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	5
DBA2	18/03/2023	Aguacate	<i>Persea americana</i>	1
DBA3	18/03/2023	Pino	<i>Pinus radiata</i>	1
DBA4	18/03/2023	Guaba	<i>Inga edulis</i>	3

DBA5	18/03/2023	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	1
DBA6	18/03/2023	Motilón	<i>Hieronyma macrocarpa</i>	1
DBA7	18/03/2023	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	3
DBA8	18/03/2023	Penco	<i>Agave americana</i>	1
DBA9	18/03/2023	Lechero	<i>Euphorbia laurifolia</i>	12
		Moras de		
DBA10	18/03/2023	monte	<i>Rubus glaucus</i>	-

Según Muñoz et al. (2013), los árboles utilizados en altitudes comprendidas entre 2.600 y 3.200 metros sobre el nivel del mar (msnm) son el *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Prunus serotina* Ehrhart (capulí), *Hesperomeles goudotiana* (cerote), *Hieronyma macrocarpa* (motilón), *Alnus acuminata* (aliso), *Myrcianthes rhopaloides* (arrayán) y *Cinchona pubescens* (cascarilla). En relación a estos árboles mencionados, la mayoría de ellos están presentes en el predio, ya que son especies que se encuentran en las regiones andinas de Ecuador. Sin embargo, en la actualidad, estos árboles no desempeñan un rol específico más allá de mejorar el paisaje en el predio.

3.1.4. Diagnóstico de animales

En cuanto al diagnóstico de los animales (Tabla 7), el predio alberga un total de cuatro terneros y dos vaconas (*Bos taurus*) en su etapa de crecimiento. Para garantizar su adecuada alimentación, es necesario contar con espacios adecuados y asegurarse de que dispongan de pasto de calidad.

Tabla 7

Diagnóstico de animales

Código	Fecha	Tipos de animales	# total de animales
DBAN1	18/03/2023	Terneros	4
DBAN2	18/03/2023	Vaconas	2

De acuerdo con Barrientos y Magaña (2015), la cría de animales en las áreas donde el productor tiene sus parcelas, al igual que el cultivo de especies vegetales, representa una opción para obtener ingresos. En el predio analizado, se lleva a cabo la cría de ganado a pequeña escala, lo cual implica la necesidad de prestar especial atención a la alimentación de los animales. Sin embargo, es importante destacar que existe una discrepancia entre la perspectiva del autor y los resultados obtenidos en relación a la venta de los animales. La mayoría de las familias considera a estos animales como un recurso al que recurrir en situaciones de emergencia, pero no los ven como una fuente de ingresos esencial. Prefieren centrarse en criarlos adecuadamente para obtener ingresos a través de la venta de leche, aprovechando el periodo de post – parto de la vaca, en lugar de vender la carne o los propios animales, ya que la familia entrevistada argumenta que la situación de los precios en el mercado no es propicia para dichas alternativas debido a las características de los animales.

3.2. Diagnóstico biofísico 2

3.2.1. Factores biofísicos del predio

Para obtener información climática del predio, se utilizó como referencia la parroquia de Caranqui, ubicada en la ciudad de Ibarra. Se recurrió a datos previamente reportados por el Instituto Geográfico Militar (Tabla 8). Según estos datos, se observa que las comunidades en Caranqui tienen suelos clasificados como Orden Mollisol, los cuales son adecuados para la agricultura debido a su contenido de materia orgánica. En cuanto al clima, se registran temperaturas que fluctúan entre 8 y 10 °C, junto con una precipitación anual de 750 a 1.000 mm. Estas condiciones climáticas son características de un clima ecuatorial de alta montaña, ya que la región se encuentra cerca de los páramos del cerro Imbabura. Adicionalmente, debido a la escasa inclinación del terreno, se ha prescindido de la obtención de datos relativos a las curvas de nivel para la generación del Modelo Digital del Terreno, ya que esta pendiente no ejerce un impacto significativo en las áreas de cultivo.

Tabla 8*Condiciones del sitio a nivel parroquial*

Condiciones del sitio	Comunidad El Manzanal
Suelo	Mollisol
Temperatura	8 – 10 °C
Clima	Ecuatorial de alta montaña
Precipitación	750 – 1000 mm
Pendientes	5 – 12%

Nota. Información base del Instituto Geográfico Militar

Según Farfán (2018), la temperatura en la Región Interandina del Ecuador está estrechamente relacionada con la altitud. En altitudes que van desde los 1.500 hasta los 3.000 metros, los valores de temperatura oscilan entre 10 y 16 °C, con máximas que pueden superar los 25 °C y mínimas cercanas a cero. En cuanto a la precipitación, los pluviómetros registran un rango de 700 a 1.500 mm. Estos datos de precipitación y temperatura mencionados por el autor concuerdan con los rangos establecidos, lo cual puede atribuirse a que el autor se enfoca en toda la zona interandina, que incluye la provincia de Imbabura. Por lo tanto, el predio se encuentra en una zona con un clima ecuatorial de alta montaña, que cumple con los parámetros establecidos por Pourrut et al. (s.f.), a excepción de la altitud, que se alega debe ser superior a 3.000 msnm.

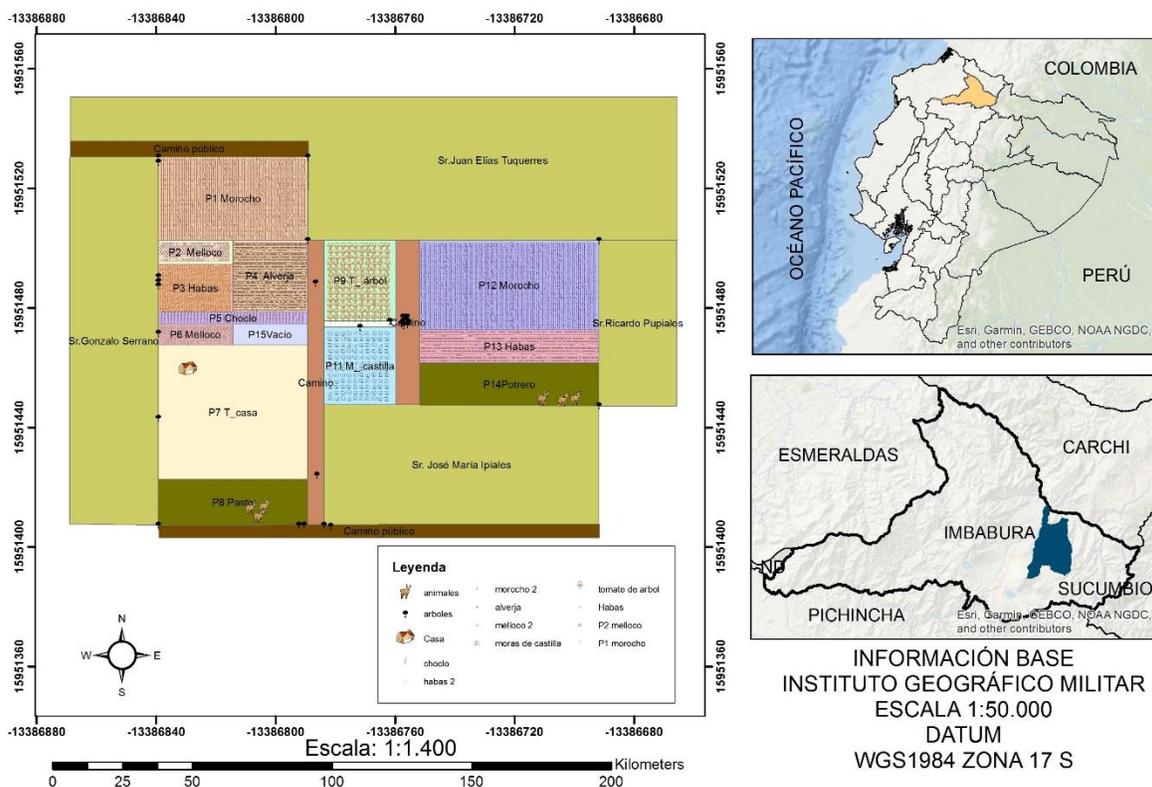
Como lo menciona Batis et al. (2014), el color del suelo es de gran importancia para determinar sus propiedades físicas, ya que indica el estado de otras propiedades, como el contenido de materia orgánica, humus, temperatura y humedad. Estas propiedades suelen ser evidentes a simple vista cuando el suelo presenta un color oscuro. En el caso del predio, al tener un suelo del orden Mollisol, cumple con estos requisitos. Comúnmente, los propietarios de los terrenos en los que se encuentra el predio suelen referirse al suelo como "tierras negras", debido a que poseen excelentes propiedades físicas, un horizonte superficial muy oscuro y un alto contenido de bases, lo que los hace aptos para la agricultura y pastizales.

3.3. Diagnóstico biofísico 3

3.3.1. Croquis

Figura 6

Croquis actual del diagnóstico biofísico



3.4. Diagnóstico Social

1. Composición familiar del propietario del predio

Según la entrevista realizada a la familia de la Sra. Zoila Tuquerrez se compone de 3 hijos, 3 hijas, 1 cuñado, 2 cuñadas y 6 nietos menores de edad, los cuales constituyen el 100% de su núcleo familiar. De este conjunto, únicamente el 40% de los miembros se dedican a la gestión y mantenimiento del terreno de su propiedad, que incluye a la madre, 2 hijas y 1 cuñado (Figura 7). Cabe destacar que este porcentaje no incorpora a los nietos, ya que todos ellos están

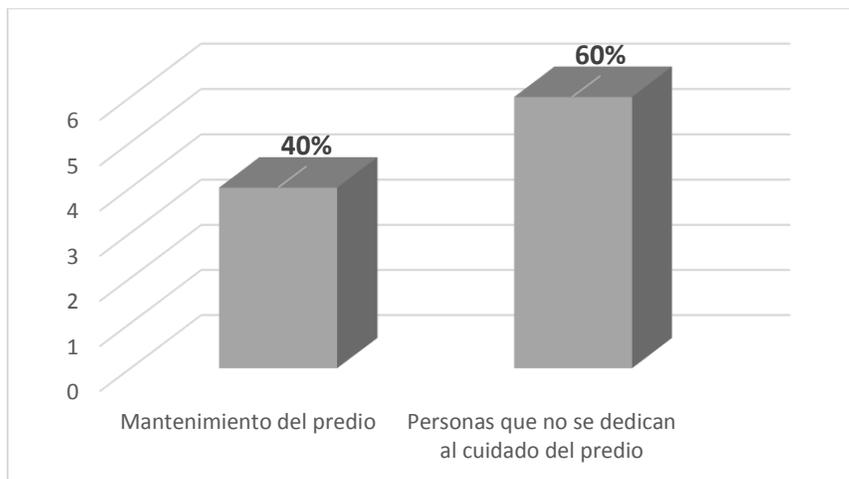
comprometidos con sus estudios, mientras que los otros hijos tienen diversas ocupaciones en la ciudad, en otra provincia e incluso una de sus hijas trabaja en el extranjero.

Es relevante subrayar que durante la entrevista se informó que el “terreno ya ha sido subdividido entre los hijos, con las respectivas escrituras de propiedad.” No obstante, se ha consensuado un acuerdo entre todos los hijos, según el cual Sra. Zoila Tuquerres, su madre, asume la responsabilidad de la gestión del terreno y su producción "hasta que sea posible". Adicionalmente, la persona que brinda el mayor apoyo en el cuidado del predio, aparte de los hijos, es el cuñado de la Sra. Zoila, quien es el esposo de la primera hija.

Las labores relacionadas con en el terreno se distribuyen en 4 días a la semana, con una dedicación de 6 horas diarias, lo que suma un promedio de 24horas/semana. La responsabilidad principal en la realización de estas horas de trabajo recae en la propietaria del predio, ya que el resto de los colaboradores (2 hijas y 1 cuñado) se ocupan de los labores del mantenimiento los fines de semana, totalizando 6horas/semana, debido a que durante la semana desempeñan empleos en la ciudad.

Figura 7

Miembros comprometidos con el cuidado del predio



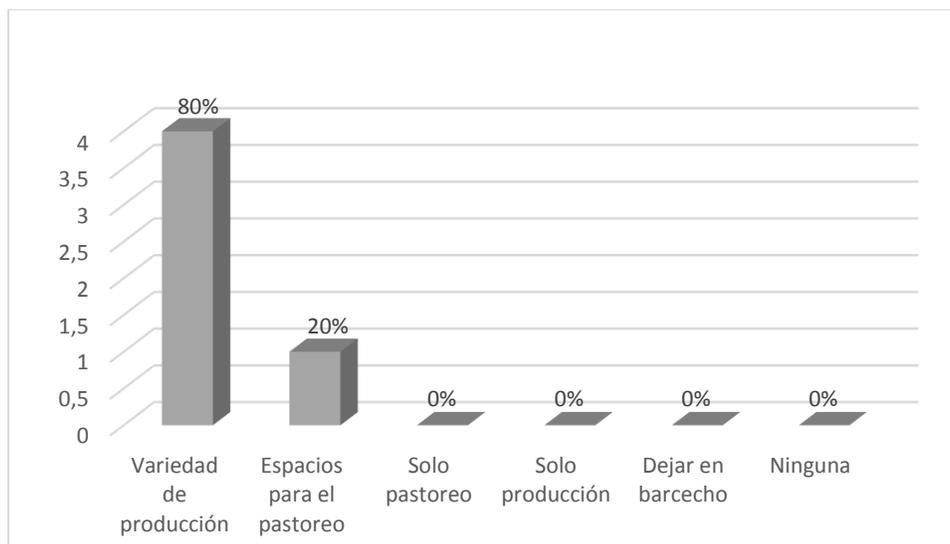
2. ¿Cuál es su visión en el futuro de la finca?

El 80% de la familia expresa su interés en lograr una producción diversificada de cultivos (Figura 8), mientras que el 20% restante desea disponer de un espacio adecuado para el pastoreo

de sus animales. Estos objetivos se plantean con el propósito de obtener alimentos tanto para el consumo familiar como para la venta.

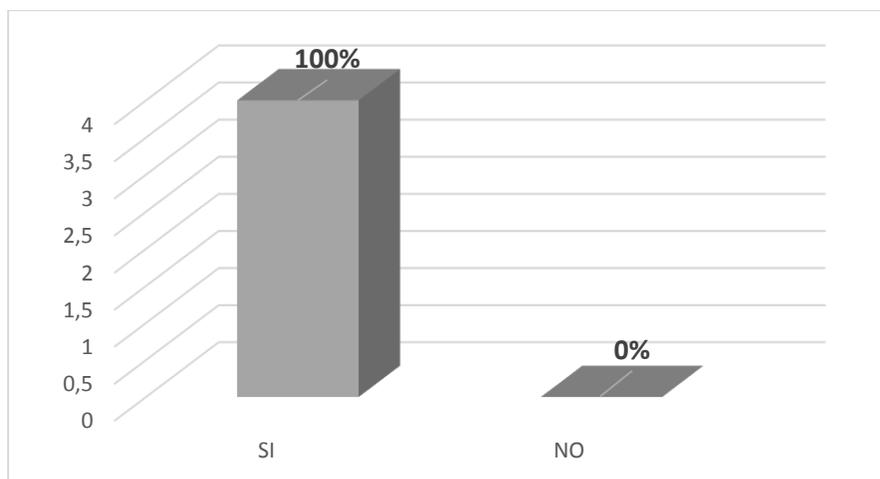
Figura 8

Visión de la finca en un futuro



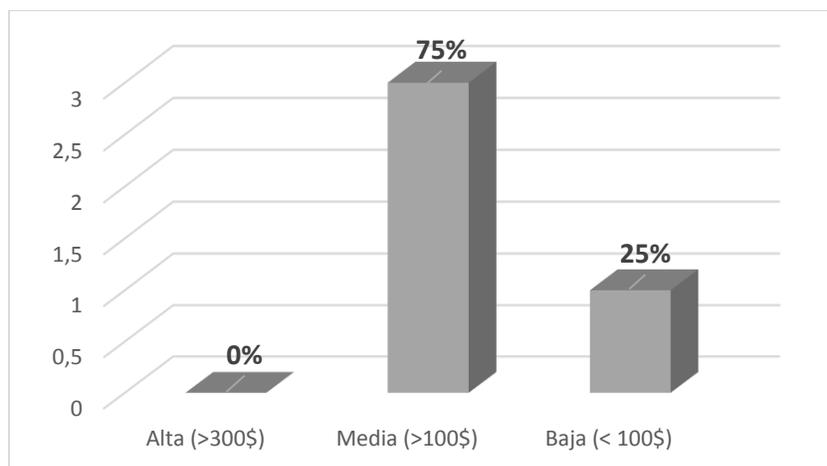
3. ¿Conoce algunos conocimientos tradicionales acerca de los terrenos con cultivos?

La totalidad de la familia Tuquerres posee un extenso conocimiento tradicional (Figura 9), el cual ha sido transmitido por generaciones anteriores, especialmente en el ámbito de la agricultura. Se mencionan algunas prácticas tradicionales, como “la siembra de la planta de chochos alrededor del terreno para prevenir plagas debido a su sabor amargo”. También se destaca la recomendación de “sembrar papas y quinua juntas”, así como la práctica de “siembras mixtas”, que si bien ofrecen una buena producción, pueden resultar desafiantes en términos de fumigación y requieren un enfoque adecuado para el deshierbe. Además, se menciona que “en las épocas de siembra se cuenta con el apoyo de un tractor y el arado con bueyes para preparar el terreno”.

Figura 9*Conocimientos tradicionales de la familia***4. ¿Cuál es la realidad económica?**

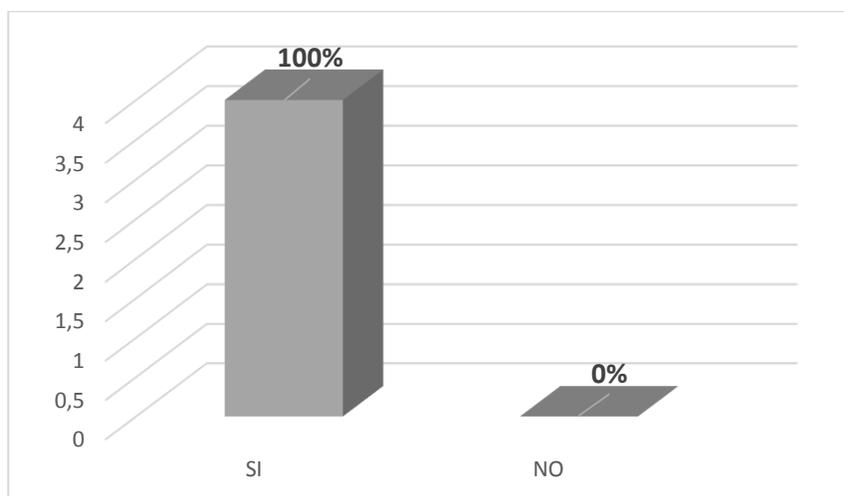
Se debe tener en cuenta que el 75% de la familia Tuquerrez posee un presupuesto considerado medio, es decir, sus ingresos superan los 100 dólares (Figura 10). Estos ingresos provienen principalmente de la “venta de sus productos, especialmente del cultivo de melloco y alverja, los cuales generan mayores ganancias”. Asimismo, destinan una parte de los ingresos de las ventas de sus cosechas para ahorrar, con el objetivo de invertirlos en semillas, preparación del terreno y otros gastos relacionados en el siguiente periodo de siembra.

Por otro lado, el 25% de la familia tiene una situación económica más precaria, con ingresos inferiores a 100 dólares. Sin embargo, están dispuestos a invertir con los recursos necesarios en la producción agrícola.

Figura 10*Realidad económica de la familia*

5. ¿Estaría usted dispuesto a invertir económicamente para mejorar el predio?

El 100% de la familia Tuquerres muestra disposición para realizar inversiones destinadas a mejorar su terreno (Figura 11). Sin embargo, esta disposición está sujeta a las condiciones necesarias para obtener un préstamo y asegurarse de que sus productos serán producidos según lo esperado. De esta manera, podrán cumplir con los pagos correspondientes a las cuotas del préstamo.

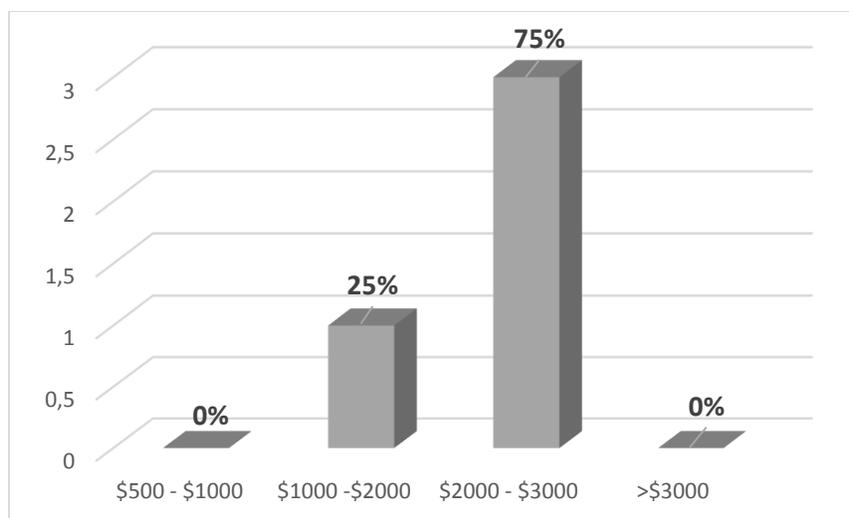
Figura 11*Disposición a invertir*

6. ¿Cuánto dinero estaría usted dispuesto a invertir?

Todos los entrevistados coinciden en su disposición para realizar inversiones con los recursos financieros necesarios (Figura 12) con el objetivo de mejorar el predio. En este sentido, el 75% de los entrevistados menciona que están dispuestos a invertir una cantidad que oscila entre los 2.000 y 3.000 dólares. Por otro lado, el 25% restante muestra disposición para invertir una cantidad comprendida entre los 1000 y 2000 dólares.

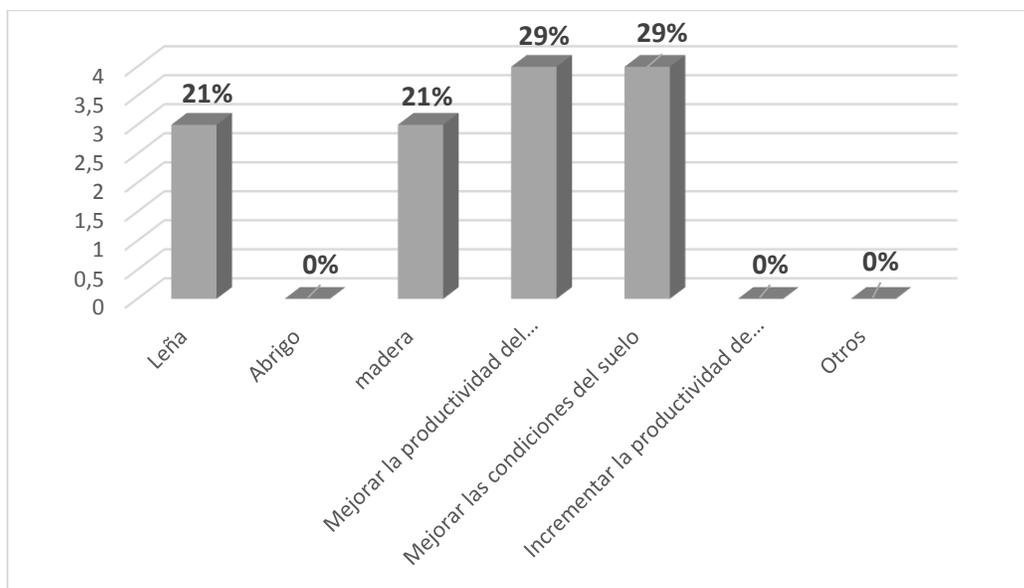
Figura 12

Inversión económica



7. En el caso de que sea SÍ ¿Qué objetivo quiere con el predio?

El 21% de los participantes tiene como objetivo principal obtener leña y madera, mientras que el 29% tiene como objetivo mejorar e incrementar la productividad del suelo (Figura 13). Estos cuatro objetivos son fundamentales para tener en cuenta en el diseño agroforestal.

Figura 13*Objetivos para el predio*

La milpa, que es la forma tradicional de agricultura, desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la economía familiar, especialmente a través del cultivo de maíz, que constituye la base de la alimentación (López y Gómez, 2013). Es esencial reconocer que estas prácticas tradicionales permiten la diversificación de cultivos, sentando las bases para la recuperación de la alimentación y la seguridad nutricional.

Sin embargo, durante el diagnóstico biofísico se observó una alta dependencia de agroquímicos en el predio. Se utiliza el herbicida agrícola Gramoxone, que contiene 25% de Paraquat y 75% de diluyentes, humectantes y estabilizantes, conocido como "desarrollo para plantas". Además, se emplean fertilizantes y bombas de fumigar, en un intento de "modernizar la agricultura". Sin embargo, muchas políticas públicas no tienen en cuenta el conocimiento local. Ante esta situación, los agricultores de las zonas rurales optan por aplicar las tecnologías necesarias para obtener mejores rendimientos, a pesar de que estas prácticas pueden tener un impacto negativo en la salud y el medio ambiente.

Según Fonseca et al. (2021), los saberes campesinos desempeñan un papel de gran relevancia en la identidad de la sociedad campesina. Las comunidades tradicionales poseen

un legado de conocimientos adquiridos de sus antepasados y de su relación con el entorno en el que viven. Durante las entrevistas realizadas a los miembros de la familia, se pudo evidenciar lo mencionado por el autor. Se observó que el cuidado de las diferentes parcelas recae principalmente en las mujeres de la familia, mientras que los hombres se encargan de trabajar en la ciudad. Por lo tanto, son las mujeres quienes poseen un conocimiento tradicional más amplio en cuanto a las prácticas agrícolas, transmitidas a través de generaciones pasadas por sus ancestros.

De acuerdo a la situación económica, la familia Tuquerres se encuentra en un nivel medio de ingresos y depende principalmente de la agricultura como fuente de ingresos. Según el IICA (2019), brindar mayores oportunidades de inclusión productiva a los sectores agrícolas no solo permitirá combatir la pobreza, sino que también creará las condiciones necesarias para que la mayoría de los hogares rurales puedan adoptar mejores prácticas agrícolas, lo que conducirá a una mayor complejidad, diversidad y sostenibilidad en la agricultura y los territorios rurales. Por lo tanto, se está de acuerdo con lo expuesto por el autor, ya que mejorar las condiciones en el ámbito agrícola puede contribuir a mejorar la situación económica de la familia, generando mayores ingresos que egresos.

La familia Tuquerres tiene principalmente tres objetivos para mejorar su predio: “aumentar la productividad de las parcelas, mejorar el suelo y obtener madera”. Para ellos, la venta de sus productos es de suma importancia. Según Zurimendil et al. (2015), tener árboles de buena calidad ofrece beneficios significativos en términos de productos maderables, como aserrío y tablonés, así como productos no maderables como miel, forraje y medicinas. Además, los árboles proporcionan beneficios ambientales, como mejoras paisajísticas, conservación del suelo, captura de carbono y agua.

Por lo tanto, mediante un diseño agroforestal adaptado a sus necesidades, la familia podrán obtener beneficios que impacten de manera positiva tanto en el agricultor como en el suelo. Según las entrevistas realizadas, la familia desea mantener una producción constante y condiciones óptimas del suelo en su predio. Tienen conocimiento de que su suelo es rico en nutrientes sin necesidad de realizar análisis específicos, ya que confían en la producción exitosa de los productos que cultivan.

3.5. Diagnóstico económico

Usos de los cultivos

En el diagnóstico económico realizado mediante una entrevista familiar (Tabla 9), se observa que la mayoría de los productos cultivados en las diferentes parcelas son destinados al consumo alimentario entre ellos se encuentran: morocho, melloco, alverja, habas y choclo.

Sin embargo se identificaron de ellos, cinco productos (melloco, alverja, habas, choclo y moras de castilla) que son destinados al comercio, y son llevados al mercado más cercano. Es importante mencionar que la parcela de tomate de árbol aún se encuentra en desarrollo y no genera una producción comercial, debido a que han sido adquiridos recientemente y aún no generan ingresos.

Estos productos son los que experimentan una demanda más significativa en el mercado, lo que resulta en ingresos sustancialmente superiores para la familia. Según lo señalado por la Sra. Zoila Tuquerres, basado en su experiencia en el mercado, la presencia de estos cultivos en su finca es esencial.

Tabla 9

Usos de los cultivos

Cultivos	Usos
Morocho	Alimenticio
Melloco	Alimenticio y ventas
Alverja	Alimenticio y ventas
Habas	Alimenticio y ventas
Choclo	Alimenticio y ventas
Tomate de árbol	Ninguno
Moras de castilla	Alimenticio y ventas

Según Basantes (2015), en su artículo sobre el Manejo de Cultivos Andinos en Ecuador, se señala que los productos agrícolas como la arveja, habas, melloco y choclo son

característicos de la región andina y se utilizan tanto para el comercio como para el consumo interno. Esta afirmación se encuentra en línea con lo establecido por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES, 2020).

Es relevante destacar que, a través de una entrevista familiar, se pudo determinar que el cultivo que más contribuye a la economía es la arveja, debido a su valor en el mercado local. Por lo tanto, su presencia en la finca resulta indispensable, siempre y cuando las condiciones climáticas sean favorables. Este hallazgo se respalda con un estudio llevado a cabo por Sotelo (2019), donde se indica que la arveja se cultiva tradicionalmente utilizando semillas provenientes de cultivos anteriores, lo que constituye su principal fuente de ingresos. Este cultivo es considerado viable, ya que su precio mínimo supera los costos de producción, generando así mayores ganancias para los agricultores.

De manera similar, Chafla y Quishpe (2021), en su investigación sobre la cadena de valor de la mora de castilla, señalan que esta fruta goza de una gran aceptación en los mercados locales y nacionales. Este hecho ha impulsado la adopción de prácticas de cultivo más productivas, como la poda y el entutorado, en lugar de la tradicional práctica de cortar la planta y esperar su regeneración. La dueña del predio coincide con esta perspectiva, ya que en su finca implementa el entutorado y la poda en los cultivos de mora de castilla, lo que mantiene a las plantas en constante estado de floración o fructificación, facilitando su comercialización en el mercado y contribuyendo a los ingresos económicos.

Gastos con los animales

En el predio objeto de estudio se encuentran cuatro terneros y dos vaconas (Tabla 10). Cada uno de estos animales requiere una inversión anual de \$21, que cubre gastos relacionados con vacunas, sueros y vitaminas. En consecuencia, el mantenimiento total de los animales representa un costo de \$126 por año.

Tabla 10*Gastos de animales en el predio*

Tipos de animales	# total de animales	Gastos totales (mantenimiento)	Total
Terneros	4	\$ 21 año c/u	84
Vaonas	2	\$ 21 año c/u	42
Total			126

Según la FAO (2020) en su proyecto de Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI), se ha demostrado la posibilidad de mejorar la ganadería de forma sostenible y en armonía con el medio ambiente, aprovechando su potencial económico. El proyecto promueve prácticas adecuadas de manejo de pastizales y asegura una alimentación adecuada del ganado. Sin embargo, en el predio en estudio se observa una situación contrastante en el manejo adecuado de los pastos, ya que la dueña menciona que “la hierba se está agotando y que debe comprar hierba a los vecinos para alimentar a sus vacas”.

Una alternativa para abordar esta situación sería implementar árboles forrajeros que puedan ser utilizados en épocas de sequía. Tal como mencionan Luis y su esposa en el proyecto de la FAO-GCI, "Mi objetivo era mejorar las prácticas agrícolas. Ahora mi ganado está bien manejado, sano y productivo". Además, destacan que su granja es ahora el único lugar verde en la zona árida y han experimentado una mejora en sus ingresos.

Por lo tanto, la instalación de un sistema silvopastoril en el predio podría mejorar las condiciones para el ganado y generar mayores ingresos. Esto representaría un cambio en la estrategia actual, en la cual los recursos se destinan principalmente al mantenimiento de los animales, mientras que la venta directa de los mismos no es el enfoque principal de la familia, como se mencionó en el diagnóstico biofísico de animales. En cambio, su interés radica en obtener productos lácteos, como la leche.

Usos de los arbustos y arboles

Las especies forestales presentes en el predio, ya sean árboles o arbustos, no generan ingresos económicos según lo reportado en la entrevista realizada a la dueña del predio y de

una visita in situ (Tabla 11). Estas especies se utilizan principalmente como linderos y no reciben un manejo adecuado.

Tabla 11

Usos de las especies forestales

Especie	Venta	Usos
Arrayán	NO	Lindero
Aguacate	NO	Lindero
Pino	NO	Lindero
Guaba	NO	Lindero
Aliso	NO	Lindero
Motilón	NO	Lindero
Eucalipto	NO	Lindero
Penco	NO	Lindero
Lechero	NO	Lindero
Moras de monte	NO	Lindero

Según Campos et al. (2011), el conocimiento tradicional ecológico se refiere a un conjunto complejo de conocimientos, prácticas y creencias que se centran en el aspecto ecológico del conocimiento indígena, incluyendo el ordenamiento de recursos en áreas de cultivo. Esto podría explicar por qué la dueña del predio no aprovecha las especies forestales presentes, ya que en su conocimiento tradicional, estas especies cumplen principalmente la función de linderos entre los predios colindantes para evitar conflictos con sus propietarios, como mencionó durante la entrevista. Es importante destacar que esta práctica fue implementada después de realizar las escrituras del predio.

Además, menciona Romay (2011), uno de los obstáculos para no tener árboles de buena calidad en los linderos radica en la creencia de las personas indígenas de que los árboles pueden reducir la producción agrícola aumentando la incidencia de enfermedades fúngicas y competir por agua cuando se encuentran cerca de los cultivos. Por lo tanto, para cambiar esta mentalidad, se

propone la implementación de un sistema agrosilvícola que integre la práctica de linderos, con el fin de producir madera de calidad y seleccionar las especies forestales adecuadas que no perjudiquen los cultivos de ciclo corto.

3.6. Proponer un diseño de sistema agroforestal.

Estructura del diseño agroforestal dentro del espacio del predio

3.6.1. Establecer los propósitos

Según la entrevista realizada a los miembros de la familia que forman parte del predio en estudio, se conversó de los propósitos que tienen a futuro con el predio, en donde cada uno dio su punto de vista, coincidiendo en tres propósitos de los cuatro que se establecieron los cuales son: mejorar la diversificación de productos, mejorar el suelo e incrementar la productividad de las parcelas existentes, ya que a futuro desean obtener más ganancias de sus diferentes parcelas.

3.6.2. Establecer los sistemas y/o prácticas agroforestales

Según los datos obtenidos en campo, lo más adecuado a establecer en el predio, son dos sistemas agroforestales los cuales son: el sistema agrosilvícola, para ayudar en la producción de cultivos de ciclo corto y el sistema silvopastoril, debido a que en el predio existe la presencia de animales bovinos, las cuales necesitan las condiciones necesarias para desarrollarse y a la vez generen ingresos económicos para la familia.

3.6.2.1. El sistema agrosilvícola

Se refiere principalmente a la combinación de árboles o arbustos asociados con cultivos, con el propósito de obtener rendimientos tanto a corto como a largo plazo. Los cultivos de ciclo corto permitirán obtener beneficios en un período no superior a un año, mientras que los árboles, cuyos beneficios derivan mayoritariamente de la madera, generaran ganancias en un plazo más extenso, en donde el valor de estas ganancias puede variar según la especie forestal en cuestión. Tras realizar el diagnóstico, la práctica más recomendable para implementar en el diseño de este sistema es la de establecer cercas vivas.

- **Práctica de cercas vivas**

Consiste en plantar los árboles en una o más hileras de manera paralela a lo largo de todo el lindero de la propiedad. En este caso el terreno presenta múltiples accesos sin restricciones para el tránsito de personas y/o animales, lo cual genera problemas en el predio debido a los daños causados por los mismos. Para abordar esta situación, se implementarán cercas vivas utilizando especies arbóreas, mismas que estarán diseñadas estratégicamente para restringir el paso de animales y minimizar los impactos negativos en el predio.

- **Especies a utilizar**

Para establecer las cercas vivas se debe tener en cuenta que existen cercas simples (una especie) y cercas mixtas (varias especies), por lo que en este caso se implementará cercas mixtas con las especies de *Alnus acuminata* (aliso), *Buddleja incana* (quishuar) y *Erythrina edulis* (porotón), con la finalidad de obtener leña y madera para aserrío.

- **Técnicas**

Los árboles serán adquiridos en viveros con una altura de 20 o 30 centímetros, debido a que en este tiempo han desarrollado adecuadamente su sistema radicular y además facilita su proceso de transporte al campo, durante el proceso de siembra se realizarán hoyos con dimensiones de 30x30x30 centímetros, manteniendo un distanciamiento establecido de 1,5 metros entre cada planta. Es relevante destacar que esta práctica de cercas vivas involucra diversas técnicas de manejo, como la poda de la parte superior del árbol y la eliminación drástica de ramas y el raleo.

3.6.2.2. El sistema silvopastoril

Consiste en la combinación de árboles forrajeros y ganado con la finalidad de crear áreas de sombra que contribuyan a mitigar el estrés calórico en el ganado, al tiempo que benefician al suelo, con la intención de proveer ingresos económicos provenientes de la ganadería. La práctica a implementar se ha definido en función de las particularidades y requisitos específicos del predio.

- **Árboles en pasturas**

Esta práctica se basa en la instauración de una relación simbiótica entre especies leñosas o leguminosas forrajeras y la vegetación de pastizales, con el propósito de optimizar su utilización a través del pastoreo selectivo de los animales. Esto conlleva a una mejora en

la productividad del sistema y a una disminución del estrés calórico tanto en los animales como en las plantas.

A través de esta técnica, las especies arbóreas proporcionan áreas de sombra para el ganado, además de cumplir otras funciones en el suelo, como la fijación de nitrógeno, la mejora de la calidad del suelo y la diversificación del paisaje.

- **Especies a utilizar**

En la actualidad los sistemas silvopastoriles contribuyen a mantener una cobertura vegetal continua sobre el suelo, lo que posiblemente aumenta su fertilidad a mediano plazo y, al mismo tiempo, genera beneficios para la producción animal. Esto es especialmente notable cuando se utilizan especies leguminosas, cuyas raíces mejoran el suelo mediante la interacción con microorganismos conocidos como micorrizas, que tienen la capacidad de captar nitrógeno del aire y almacenarlo junto a las raíces de los árboles. Es por estas características que se ha seleccionado la especie *Erythrina edulis* (porotón), debido a su calidad de forraje para la alimentación de los animales y la utilidad de sus frutos, que tienen forma de vaina o legumbre, que sirven como fuente de alimento tanto para el ganado como para los seres humanos.

- **Técnicas**

Considerando la necesidad de proporcionar una dieta más nutritiva a los animales mediante la ampliación de las opciones de forrajes, se adquirirán árboles provenientes de un vivero con una altura de 40 centímetros, esta elección se basa en que en esta fase los árboles han desarrollado de manera adecuada sus sistemas radiculares y están listos para ser trasplantados. Durante la fase de siembra, se realizarán hoyos con dimensiones de 30x30x30 centímetros y se mantendrá un distanciamiento de 8 metros entre hileras y un espacio de 10 metros entre cada planta. Es importante destacar que esta práctica de incorporar árboles en pasturas implica consideraciones técnicas de manejo como la poda del árbol y la eliminación de ramas.

3.6.3. Diseño

Para llevar a cabo la propuesta de diseño agroforestal en el predio de la Sra. Zoila Tuquerres, se realizó un diagnóstico biofísico exhaustivo para evaluar toda la extensión del terreno. Además, se llevó a cabo un diagnóstico social y económico para comprender el nivel de vida de la

familia y la persona interesada. Considerando todas estas variables, se sugirió implementar dos sistemas agroforestales: uno enfocado en mejorar la producción de cultivos (sistema agrosilvícola) y otro destinado a mejorar el sector ganadero (sistema silvícola).

En la Figura 14 se puede observar la primera práctica propuesta, que consiste en la implementación de cercas vivas mixtas. Se sugirió utilizar tres especies forestales: *Alnus acuminata* (aliso), *Buddleja incana* (quishuar) y *Erythrina edulis* (porotón) con un distanciamiento de 1,5 metros entre cada planta como lo sugiere Paredes (2021). Por lo que en el diseño propuesto, para cumplir con este distanciamiento se alternaron las especies forestales estableciendo una distancia de 6 metros entre cada *Alnus acuminata* (aliso), 3 metros entre cada *Buddleja incana* (quishuar) y 6 metros entre cada *Erythrina edulis* (porotón). Esto creará una cerca viva alrededor del predio, que delimitará adecuadamente la propiedad y evitará la entrada de animales que puedan causar daños a la finca.

Para la segunda práctica propuesta, se recomienda la incorporación de árboles en las áreas de pastura, como se muestra en la (Figura 14), con el objetivo de beneficiar la producción ganadera. Se sugiere utilizar la especie *Erythrina edulis* (porotón) debido a su reconocida capacidad como forraje de calidad y su habilidad para fijar nitrógeno en el suelo. En el diseño, se estableció un distanciamiento de 8 metros entre hileras y un espacio de 10 metros entre cada planta. Es relevante tomar en cuenta que esta disposición para la siembra de los árboles fue diseñada teniendo en consideración al pasto, ya que al estar asociada con esta práctica y ser una gramínea esta requiere de luz para su desarrollo óptimo.

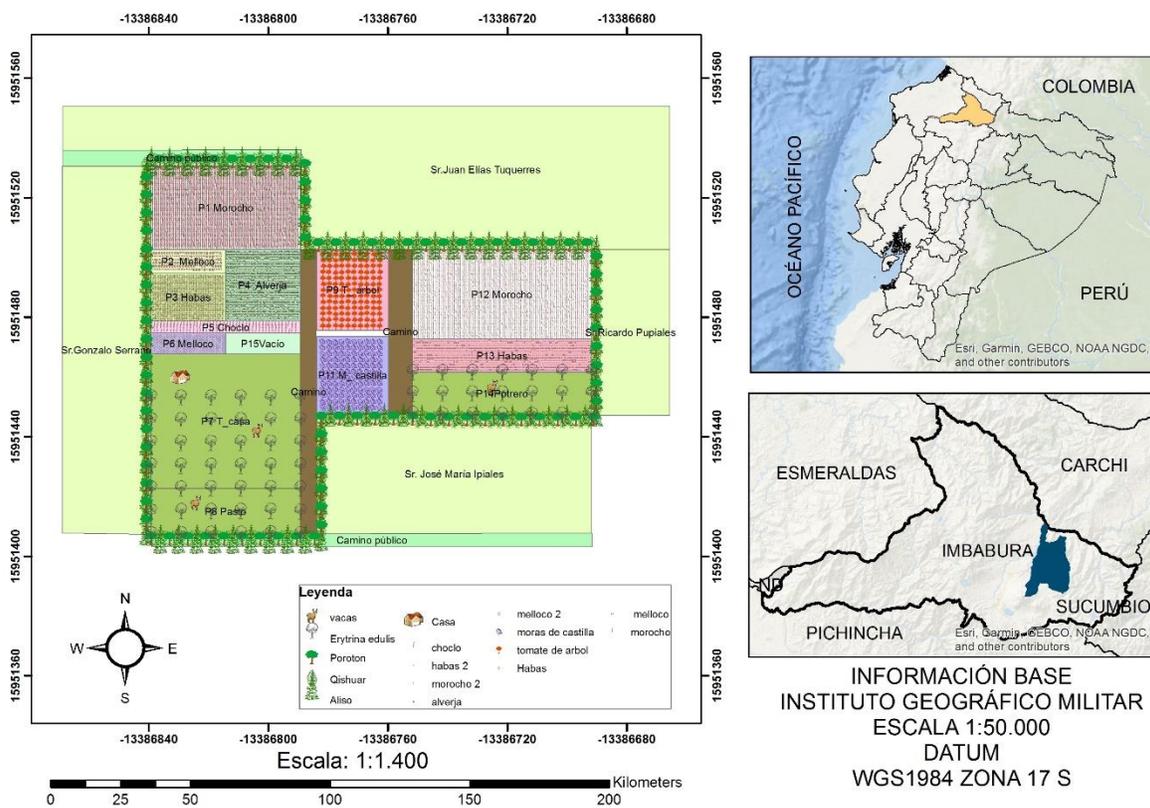
Considerando la capacidad de carga ganadera en la región, según lo mencionado por Flores (2015), se recomienda una carga animal máxima de tres cabezas por hectárea en la zona de la Sierra. En consecuencia, en el diseño propuesto se plantea que la Sra. Tuquerres debería mantener un máximo de tres vacas para evitar el sobrepastoreo, considerando que actualmente posee seis cabezas de ganado.

Es importante destacar que la elección de estas tres especies forestales para el diseño de estas dos prácticas agroforestales se basó en sus características botánicas, respaldadas por un estudio de (Paredes et al., 2023). En una perspectiva futura, se anticipa que estas especies aportarán

ventajas tanto ambientales como económicas al mejorar el rendimiento de los cultivos existentes y facilitar la producción de madera de alto valor.

Figura 14

Diseño agroforestal del predio



El objetivo de este diseño agroforestal es mejorar las condiciones generales del predio, incluyendo los cultivos, la calidad del suelo y la producción de madera, como se mencionó durante las entrevistas con los miembros de la familia. Además, es importante tener en cuenta que los sistemas agroforestales presentan diversas ventajas, por lo tanto, se recomienda realizar un diagnóstico completo y establecer las prácticas adecuadas en base a este diagnóstico.

Según Quinde (2017), las cercas vivas suelen estar compuestas por 2 a 5 especies forestales. Las especies arbóreas más comunes son *Euphorbia latifolia* (lechero) con una frecuencia del 28,57%, *Alnus acuminata* (aliso) y *Prunus serotina* (capulí) con un 14,29% cada

una, en cuanto a las especies arbustivas, se menciona la presencia de *Baccharis latifolia* (chilca). En relación a los cultivos asociados, se sugiere la inclusión de 2 a 4 especies, como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (fréjol), *Vicia faba* (habas), *Lupinus mutabilis* (chocho) y *Cucurbita ficifolia* (zambo).

Según la información proporcionada por el autor, se enfoca en la parte tradicional de los cultivos, donde se menciona la presencia común del *Alnus acuminata* (aliso) como especie de cercas vivas, pero no se explican las razones detrás de su elección. Según Salazar et al. (2011), el aliso es una de las principales especies utilizadas en la reforestación debido a su sistema radicular lateral extendido y su rápido crecimiento. Una de sus características principales, según Granada et al. (1987), es la capacidad del *Alnus acuminata* para desarrollar nódulos en las raíces que fijan nitrógeno atmosférico. Estos nódulos son inducidos por una *Actinomiceta* del género *Frankia*, que invade el parénquima cortical de las raíces y estimula la formación de los nódulos donde se produce la fijación de nitrógeno.

Al instalar *Alnus acuminata* en el sistema silvícola, se contribuirá a mejorar la calidad del suelo, lo que beneficiará el crecimiento y la salud de los diferentes cultivos. Investigaciones indican que esta especie puede fijar anualmente entre 60 y 320 kg de nitrógeno por hectárea por año, e incluso en algunos casos ha alcanzado los 780 kg de nitrógeno en un período de cinco años en condiciones de campo (Molina et al., 2006). Además, el aliso es una especie semicaducifolia, lo que significa que la descomposición de sus hojas se convierte en una fuente de abono natural con un contenido de nitrógeno entre 2,4% y 3,3% (Botero y Dussán, 2001), sin considerar el nitrógeno obtenido de los nódulos y las raíces. Esto permitirá una mejor producción, ya que en las zonas rurales suelen utilizarse fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, pero al usar esta especie se puede obtener este nutriente de manera natural y con mayores beneficios para el suelo.

En el marco de este diseño agrosilvícola, también se incorporara la especie forestal *Buddleja incana*, también conocida como quishuar. Según Arica (2016), la selección de esta especie se basa en su follaje y en la generación de materia orgánica resultante de la actividad de la planta. Un estudio específico titulado Evaluación de alternativas silvopastoriles utilizando: *Polylepis racemosa* (yagual), *Buddleja incana* (quishuar) y *Buddleja coriácea* (colle); en la microcuenca del río Chimborazo, revela que *Buddleja incana* contribuye con un porcentaje de

materia orgánica del 9,1% y presenta una relación carbono/nitrógeno de 9,6 lo que indica que en el suelo se están produciendo procesos de mineralización, como lo señala (Gómez, 2007).

Además de los usos mencionados, el quishuar proporciona madera de excelente calidad utilizada en construcción, herramientas agrícolas, artesanía, leña y carbón de alta calidad. Al implementar esta especie, se mejorarán las condiciones de los cultivos y del suelo, ya que la materia orgánica que aporta beneficiará a los cultivos dentro de las cercas vivas. Además, en el futuro, esta especie puede generar ingresos adicionales, tal como lo mencionó el autor.

La incorporación de *Erythrina edulis* (porotón) en el diseño agroforestal ofrece múltiples beneficios. Según Cárdenas (2012), en su estudio sobre el pajuro (*Erythrina edulis*) como alimento andino en peligro de extinción, se menciona que esta especie tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo a través de la formación de nódulos en sus raíces, donde residen las bacterias *Rhizobium* que se asocian con la planta para aprovechar el nitrógeno del aire y enriquecer el suelo donde crece el árbol de porotón. Además, los especialistas afirman que debido a las características del árbol y sus raíces, el porotón ayuda a controlar la erosión del suelo, por lo que es recomendable sembrarlo en zonas de laderas, y también es adaptable a terrenos áridos. El porotón también se considera una planta melífera, ya que sus flores en forma de racimo de color rojo carmín contienen abundante néctar, lo que atrae a abejas y colibríes.

Apoyándose en lo mencionado por el autor, el uso de esta especie contribuirá a mejorar las condiciones del suelo debido a su capacidad para fijar nitrógeno. Además, se puede proponer al propietario del terreno una alternativa para obtener recursos no maderables a partir de esta especie, ya que al ser melífera, la producción de miel de alta calidad puede ser comercializada en el mercado mientras se espera el aprovechamiento de los árboles en otros aspectos.

En el sistema agrosilvícola, se recomienda la inclusión de la especie *Erythrina edulis* (porotón) en áreas de pasturas con el objetivo de mejorar la alimentación del ganado debido a su valor forrajero. Según Fernández (2010), el porotón en sistemas agroforestales representa una alternativa con potencial productivo debido a la producción de frutos que pueden ser consumidos por humanos. Las semillas de esta especie se asemejan en tamaño y sabor a las habas, y pueden contener altos porcentajes de proteínas (14%) y digestibilidad (65%). Un solo árbol puede producir entre 180 y 200 kg de frutos al año.

La implementación exitosa de cercas vivas mixtas con las especies forestales de *Alnus acuminata* (aliso), *Buddleja incana* (quishuar) y *Erytrina edulis* (porotón) requiere un serie de consideraciones técnicas, según lo señalado por González y Camacho (1995). Entre estas consideraciones, se incluye la adquisición de árboles de viveros con una altura de 20 o 30 centímetros, debido a que en esta etapa poseen un adecuado sistema radicular y la preparación de hoyos de plantación de 30x30x30 centímetros. Asimismo, es fundamental implementar una estrategia de gestión conocida como “rodajales” para el mantenimiento del entorno de las especies forestales plantadas, este proceso implica la creación de un círculo de un metro de diámetro alrededor de cada árbol, en muchos casos esta labor de limpieza es necesario una vez al año. Realizar chapeos (eliminación de la mala hierba) y podas las cuales deben llevarse a cabo aproximadamente cuando las especies alcanzan los dos años de edad. Finalmente, se considera el raleo, una práctica dirigida a eliminar los árboles menos desarrollados, en ocasiones puede ser necesario eliminar individuos con características deseables con el propósito de liberar espacio y fomentar el crecimiento de los otros árboles. Por lo que es necesario tener en consideración estas técnicas silvícolas, para promover un desarrollo óptimo y mejorar la interacción entre los árboles y el suelo, ya que la aplicación de estas prácticas conlleva numerosos beneficios tanto para los árboles como para el suelo.

En el caso de los sistemas silvopastoriles donde se asocia con pasto, la especie *Erytrina edulis* (porotón) ha demostrado resultados positivos. Los árboles responden bien a las podas intensivas, lo que evita que el crecimiento del pasto se vea afectado por la sombra que podrían generar. Además, cuando se asocian con el componente ganadero, estos ejercen un ramoneo excesivo de la corteza sobre los rebrotes del porotón, lo que aumenta la alimentación del ganado. De acuerdo con el autor, la inclusión de esta especie mejorará las condiciones del sector ganadero, ya que los árboles proporcionarán sombra, y el diseño del sistema en pasturas con un espaciamiento de 8 metros entre hilera y una distancia de 10 metros entre planta permitirá la entrada de luz solar, lo cual favorecerá la calidad del pasto. Como resultado, se obtendrán productos de calidad, como su carne, y el ganado se alimentará de los rebrotes de esta especie, cuyas hojas contienen un 24% de proteína, 29% de fibra cruda (en peso seco) y 21% de hidratos de carbono (Iniciarte et al., 2015). Cabe recalcar que existen investigaciones en donde se ha determinado que una vaca con sombra disponible y buena temperatura corporal come un 13% más en un día, comparado con las que tienen una alta temperatura corporal por la falta de sombra (Payne, 2013).

Por otro lado, desempeñan un papel crucial las técnicas necesarias para establecer una asociación eficaz entre los árboles y las pasturas, según las directrices presentadas por IICA (2016) y Csasola et al (2005). Estas directrices incluyen la adquisición de los árboles de vivero con una altura de 40 centímetros. Es necesario establecer cercas ligeras alrededor de los árboles para evitar que los animales se alimenten de ellos hasta que alcancen las características adecuadas para su consumo. Asimismo, se debe implementar un control efectivo de malezas en un radio de medio metro alrededor de cada árbol, manteniendo este procedimiento en vigor hasta que el árbol alcance los 5 años de edad.

En cuanto a la poda, esta comienza a los 18 meses posteriores a la siembra con el objetivo de fomentar la producción de forraje y reducir la sombra. Es esencial destacar que este manejo silvícola se divide en dos fases: la primera involucra la eliminación de ramas situadas por debajo del árbol, generalmente cuando estos alcanzan una altura de 3 metros. La segunda fase debe llevarse a cabo después de ser efectuado el primer raleo, y se recomienda conservar aproximadamente tres cuartas partes de la altura total del árbol libre de ramas. Además, para el corte de ramas gruesas, se deben realizar cortes a 20 centímetros del tronco, seguidos de un corte al ras del tronco hacia abajo, este proceso debe llevarse a cabo tres veces en el año. Finalmente, es necesario realizar el raleo cuando los árboles alcancen una altura comprendida entre los 7 y 9 metros con el fin de mejorar la disponibilidad de recursos en el suelo.

Con relación a la presencia de ganado, se debe implementar la corta de pastos para disminuir la presencia de animales en las áreas donde se encuentran los árboles plantados, incentivando al ganado a alimentarse fuera de dicha zona, esta estrategia puede ser complementada con el sogeo (amarrar a los animales con una estaca) para controlar su movimiento.

Por lo que estas técnicas resultan esenciales para la ejecución de esta práctica, en virtud de que al emplear una especie fijadora de nitrógeno, estas inciden positivamente en la mejora del crecimiento de las especies. Este efecto se materializa a través de la implementación de la poda y las demás técnicas mencionadas, las cuales promueven la productividad de la materia orgánica, propiciando de esta manera un enriquecimiento al suelo.

Es fundamental considerar que la dieta del ganado debe mantener un equilibrio adecuado de nutrientes en el entorno del sistema ruminal, con el fin de prevenir complicaciones el proceso digestivo de los animales rumiantes tal como lo menciona (Botero y Russo, 2002). Además, la

especie también puede ser aprovechada para mejorar la alimentación de la familia, ya que su leña puede ser utilizada en la cocina tradicional, como se evidenció en el diagnóstico realizado.

Según Flores (2015), en la región de la Sierra se recomienda una carga animal de tres cabezas por hectárea en un sistema silvopastoril. Sin embargo, al evaluar el predio, se identificó que no cuenta con suficiente espacio para sostener la carga animal recomendada. Además, se observó que la familia posee seis cabezas de ganado, lo cual genera un nivel elevado de sobrepastoreo. Por lo tanto, en el diseño propuesto se sugirió ampliar la cobertura de pastos en las áreas no utilizadas por cultivos, con el objetivo de tener al menos una hectárea destinada al pastoreo de tres cabezas de ganado. Esto contribuirá a evitar la erosión del suelo y mejorar las condiciones del sistema silvopastoril.

Por lo que al emplear árboles fijadores de nitrógeno (AFN) en este diseño agroforestal conllevará diversas ventajas, como señala Botero y Russo (2002). Esto engloba un incremento en la concentración de nitrógeno en el suelo, ya que los AFN poseen la capacidad de capturar nitrógeno atmosférico a través de una simbiosis con bacterias en sus raíces. Además, contribuyen a mejorar las propiedades físicas del suelo, como la porosidad y la densidad, que pueden verse afectadas por la compactación resultante del tránsito constante del ganado. Asimismo, generan un microclima beneficioso para los animales y agilizan el ciclaje de nutrientes mediante la descomposición de restos de cultivos agrícolas, forrajes y desechos orgánicos, como las heces de los animales.

En cuanto a la competencia por nutrientes, esta problemática puede surgir cuando tanto los cultivos agrícolas como los AFN tienen requerimientos similares. Sin embargo, esta competencia puede mitigarse gracias a la caída natural de hojas y las podas, que contribuyen al mantenimiento de un equilibrio adecuado entre el suministro de agua, luz y nutrientes para todos los componentes del sistema. Por lo tanto, es fundamental seleccionar cuidadosamente las especies adecuadas y aplicar las técnicas correspondientes para cada una de ellas, ya que esto determinará el funcionamiento óptimo del sistema agroforestal y la creación de un equilibrio beneficioso entre suelo y planta.

3.7. Costos

Para evaluar la rentabilidad del diseño propuesto, se elaboró un flujo de caja que incorpora datos relativos a los ciclos de cultivo de cada especie, la proyección de la productividad y el sondeo de mercado para establecer los precios de venta. Estos datos se obtuvieron mediante investigaciones de campo que incluyeron visitas al mercado Amazonas, entrevistas con productores que cumplen la función de proveedores de dichos centros de acopio y expendio, consultas a centros de venta de semillas, visitas a establecimientos de viveros y aserraderos, así como la revisión del sitio oficiales, como la web del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Es relevante destacar que este flujo se dividió en cuatro segmentos: cultivos de ciclo corto, cultivos de frutales, la proyección de venta de animales y de las especies forestales.

En relación a los ingresos, se han considerado los cultivos de ciclo corto. Cinco de estos seis cultivos presentan una productividad anual, con la única excepción del cultivo de melloco, que experimenta dos ciclos de cultivo al año, lo que da como resultado un subtotal de \$3.082,00 (Tabla 12).

Tabla 12

Ingresos de cultivos de ciclo cortó

Ingresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Morocho	Quintal	48	1	25,00	1200,00
Melloco	Quintal	1	2	45,00	90,00
Alverja	Bulto	24	1	65,00	1560,00
Habas	Quintal	16	1	7,00	112,00
Choclo	Quintal	6	1	20,00	120,00
Subtotal					\$ 3.082,00

En cuanto a los ingresos derivados de los cultivos frutales, se han tenido en cuenta sus diferentes ciclos de productividad a lo largo del año. El tomate de árbol tiene un ciclo de producción por año (Sandoval y Calispa, 2015). Mientras que las moras de castilla tienen dos ciclos de cosecha al año, generando así un subtotal de \$3.184,00 (Tabla 13).

Tabla 13*Ingresos de frutales*

Ingresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Tomate de árbol	Quintal	20	1	50	1000
	Canasta				
Moras de castilla	(12lb)	91	2	12	2184
Subtotal					\$ 3.184,00

A cerca de los ingresos vinculados a la venta de animales, se ha registrado un subtotal de \$2.100,00 según se detalla en la (Tabla 14). Estos ingresos se generan a partir de la comercialización de ganado cada tres años, siguiendo los precios establecidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2019), lo que implica una supuesta ganancia anual de \$ 700 hasta que se alcance el periodo de años predefinido.

Tabla 14*Ingreso de animales*

Ingresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Vaonas	Vacas	3	Cada 3 años	700	2100
Subtotal					\$ 2.100,00

Por último, en lo que concierne a los ingresos derivados del aprovechamiento de árboles, se han considerado tres especies diferentes. La especie *Alnus acuminata* proporcionará tablonés y tablas que serán aprovechados después de 15 años, conforme al turno de corta recomendado por Ecuadorforestal (2012). La especie *Erythrina edulis* generará ingresos por la venta de leña a partir del séptimo año, según lo indicado por Barrera et al. (2010). Asimismo, *Buddleja incana* proporcionará ingresos a partir del quinto año, tal como se menciona en el estudio de Voss et al. (2001). Estos factores contribuyen al subtotal de \$16.827,20, como se presenta en la (Tabla 15).

Tabla 15*Ingresos de árboles*

Ingresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Alnus acuminata	Tablón (m3)	2194	15 años	3,2	7021
Subtotal					\$ 7.020,80
Alnus acuminata	Tabla (m3)	4292	15 años	2,2	9442
Subtotal					\$ 9.442,40
Erytrina edulis	Leña (m3)	13	Desde los 7 años	14	182
Buddleja incana	Leña (m3)	13	Desde los 5 años	14	182
Subtotal					\$ 364,00

En el contexto de los egresos, se aplicó un procedimiento análogo al empleado para los ingresos. Los desembolsos asociados a los cultivos de ciclo corto se cifraron en \$68,63 (Tabla 16). Mientras que los cultivos de frutales representaron un subtotal de \$96,75 (Tabla 17). Los gastos vinculados al cuidado de los animales resultaron en un monto de \$126 (Tabla 18). Respecto a la introducción de especies forestales, se generó un desembolso de \$212,50 (Tabla 19). Además con lo que respecta a la transformación de la madera en tablas se tuvo una inversión de \$7.575,44 (Tabla 20). Adicionalmente se tuvo en cuenta la transformación de la madera en tablones generando un monto de \$5.594,70 (Tabla 21). Por último, se contabilizaron los costos inherentes a la preparación del terreno, con un subtotal de \$1.019,29 (Tabla 22).

Sin embargo se debe tener en consideración que los egresos de costos asociados a los cultivos de ciclo corto, el cuidado de los animales y la preparación del terreno se mantendrán constantes anualmente, dado que son gastos esenciales que se incurren después de cada cosecha. En cuanto a las parcelas destinadas a frutales y especies forestales, se han considerado una sola vez en los egresos, ya que, una vez sembradas, conservarán su productividad con un adecuado manejo en el caso de los frutales, y las especies leñosas serán explotadas de manera continua a partir del quinto año en adelante, hasta alcanzar los quince años, que es el período cubierto por el flujo de efectivo.

Tabla 16*Egresos de cultivos de ciclo cortó*

Egresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Semillas Morocho	Libras	25	1	0,25	6,25
Semillas Melloco	Libras	12,5	2	0,92	23
Semillas Alverja	Libras	12,5	1	0,96	12
Semillas Habas	Libras	12,5	1	0,75	9,375
Semillas Choclo	Libras	12,5	1	1,44	18
Subtotal					\$ 68,63

Tabla 17*Egresos de frutales*

Egresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Plantas de tomate					
árbol	Planta	117	N/A	0,25	29,25
Plantas moras					
castilla	Planta	45	N/A	1,5	67,5
Subtotal					\$ 96,75

Tabla 18*Egresos del cuidado de los animales*

Egresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Vacunas	Animal	6	1	21	126
Subtotal					\$ 126,00

Tabla 19*Egresos de los árboles*

Egresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
<i>Alnus acuminata</i>	Planta	91	N/A	0,5	45,5
<i>Erytrina edulis</i>	Planta	153	N/A	0,5	76,5
<i>Buddleja incana</i>	Planta	181	N/A	0,5	90,5
Subtotal					\$ 212,50

Tabla 20*Trasformación de la madera (tablas)*

Item	Valor Unitario	Valor Total	Cantidad
Valor por pata	0,41	1759,72	4292
Notaria	0,03	140,24	
Registro de la propiedad	0,01	46,75	
Aserrado de la tabla	0,50	2146,00	
Transporte menor	0,50	2146,00	
Carga	0,02	72,26	
Transporte mayor	0,29	1264,48	
Por tabla	\$ 1,76	\$ 7.575,44	

Tabla 21*Trasformación de la madera (tablones)*

Item	Valor Unitario	Valor Total	Cantidad
Valor por pata	0,59	1294,46	2194
Notaria	0,05	109,70	
Registro de la propiedad	0,02	43,88	
Aserrado del tablón	0,75	1645,50	

Transporte menor	0,70	1535,80
Carga	0,04	87,76
Transporte mayor	0,40	877,60
Por tablón	\$ 2,55	\$ 5.594,70

Tabla 22*Egresos en la preparación del terreno*

Egresos	Unidad	Cantidad	Ciclos/año	Precio de venta c/u	Venta total
Arado	Hectárea	3,5	1	57,14	200
Abono	quintales	17	1	40	680
herbicidas	Galones	7	1	19,9	139,3
Subtotal					\$ 1.019,29

Considerando lo previamente expuesto, el flujo de efectivo se inicia en el período cero y se extiende hasta alcanzar un período de quince años de productividad, como se muestra en la (Tabla 23). Esta extensión temporal se fundamenta en la consideración de los diversos ciclos de productividad asociados a distintos cultivos y especies forestales. El proyecto se inicia con una inversión inicial de \$12.000 en el año cero, y en el primer año se registra un beneficio de \$3.742,84. A medida que se incorporan los sucesivos ciclos de productividad de las parcelas correspondientes, las ganancias aumentan año tras año. En el año quince, se alcanza el punto de mayor rentabilidad, ya que todo el sistema agroforestal se encuentra en plena productividad, generando una ganancia de \$10.809,14.

Tabla 23*Flujo de caja por años*

Año	Ingresos	Egresos	Flujo/año
0	-	\$ 12.000,00	-\$ 12.000,00
1	\$ 5.266,00	\$ 1.523,17	\$ 3.742,84
2	\$ 6.266,00	\$ 1.213,92	\$ 5.052,09
3	\$ 8.366,00	\$ 1.213,92	\$ 7.152,09
4	\$ 6.266,00	\$ 1.213,92	\$ 5.052,09
5	\$ 6.448,00	\$ 1.213,92	\$ 5.234,09
6	\$ 8.548,00	\$ 1.213,92	\$ 7.334,09
7	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
8	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
9	\$ 8.730,00	\$ 1.213,92	\$ 7.516,09
10	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
11	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
12	\$ 8.730,00	\$ 1.213,92	\$ 7.516,09
13	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
14	\$ 6.630,00	\$ 1.213,92	\$ 5.416,09
15	\$ 25.193,20	\$ 14.384,06	\$ 10.809,14

Es pertinente resaltar que a partir del flujo de caja global, se derivó un flujo de caja promedio que se distribuyó de manera uniforme entre las 3,5 hectáreas del terreno, resultando en un valor de \$1.750,57, como se ilustra en la (Tabla 24).

Tabla 24*Flujo de caja promedio por hectárea*

Ingresos	Egresos	Gran total
\$ 2.354,16	\$ 603,19	\$ 1.750,57

Con base en estos resultados, se calculó un flujo de caja mensual por hectárea, lo que generó una ganancia de \$145,88, tal como se presenta en la (Tabla 25). En última instancia, se contempló una reinversión del 20% por parte del propietario para hacer frente a posibles contingencias, tomando en cuenta el valor de las ganancias por hectárea. Esto resultó en un valor neto de \$1.400,46, modificando así las ganancias mensuales a \$116,70, según se detalla en la (Tabla 26).

Tabla 25

Flujo de caja promedio por mes/ha

Ingresos	Egresos	Gran total
\$ 196,18	\$ 50,30	\$ 145,88

Tabla 26

Reinversión

	Reinversión 20%	Neto
Hectárea	\$ 350,11	\$ 1.400,46
Mensual		\$ 116,70

En relación a los indicadores de rentabilidad, se han calculado los tres índices más significativos. El Valor Presente Neto (VAN) se cifra en \$24.337,88, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza el 43,1%, considerando una tasa de descuento del 12%, y el índice de rentabilidad o relación Beneficio-Costo (B/C) señala que, por cada dólar invertido, se generará una ganancia de \$2,83, como se presenta en detalle en la (Tabla 27).

En consecuencia, este diseño exhibe una rentabilidad viable, la cual ha sido respaldada por los indicadores de rentabilidad. Estos indicadores instan al propietario a considerar la inversión en el diseño agroforestal propuesto, dado que en un periodo relativamente breve, este proyecto contribuirá a mejorar su situación económica y, por consiguiente, elevará las condiciones de vida de su familia en su conjunto.

Tabla 27*Índices de rentabilidad*

Índices	Rentabilidad	
Valor Presente neto (VAN)	\$	24.337,88
Tasa interna de Retorno (TIR)		43,1%
Índice de rentabilidad o B/C	\$	2,83

En el contexto del área de investigación, se planteó el agrupamiento de dos sistemas agroforestales: el sistema silvícola y el sistema silvopastoril, con el propósito de optimizar su utilización. Para garantizar la aceptación de esta propuesta de diseño por parte del propietario, se llevó a cabo un análisis de la rentabilidad mensual neta, que arrojó un valor promedio aproximado positivo de \$116,70 mensuales. Este resultado puede atribuirse a las ventajas inherentes de los sistemas agroforestales, tanto desde una perspectiva económica como ambiental, tal como ha sido documentado en estudios previos (Villanueva et al., 2009).

De acuerdo con el estudio realizado por Ramírez et al. (1993), se llevó a cabo una comparativa entre dos enfoques de cultivo: uno basado en prácticas agrícolas convencionales y otro que incorporó sistemas mejorados de agrosilvicultura. Los resultados de este análisis demuestran que el sistema mejorado muestra una mayor liquidez en comparación con el enfoque tradicional, generando ingresos mensuales de \$598,99, con una tasa de reinversión del 8%. Estos hallazgos respaldan la premisa planteada de que los sistemas agroforestales presentan ventajas económicas superiores para los propietarios en comparación con los sistemas agrícolas tradicionales.

En relación a los indicadores de rentabilidad, el terreno en cuestión supera significativamente la tasa de referencia del 12%, alcanzando una tasa de interés del 43,1%, lo que representa un aumento tres veces mayor que la tasa establecida. Además, presenta una relación Beneficio-Costo (B/C) de \$2,83, lo que indica claramente la eficiencia del sistema. Estos niveles de rentabilidad son comparables con los resultados del estudio llevado a cabo por Paredes et al. (2020) que se enfoca en un sistema agroforestal en la zona de Intag, dentro de la provincia de Imbabura. En dicho estudio, se obtuvo una tasa de interés del 58% y un B/C de \$ 6,28 en una extensión de 3 hectáreas, lo que generó ingresos constantes y sostenibles

para la familia beneficiaria. Estos resultados respaldan la capacidad de los sistemas agroforestales para generar ingresos significativos a corto, mediano y largo plazo para los propietarios.

De igual manera, es imprescindible considerar la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en la zona norte del Ecuador, como se aborda en el estudio de Añazco (2017). Este estudio se enfoca en la evaluación de tres indicadores clave: el indicador económico, donde se observa que todos los sistemas evaluados demuestran rentabilidad positiva; el indicador social, que valora la importancia de la mano de obra familiar; y el indicador ambiental, resalta que las prácticas agroforestales representan tecnologías adecuadas para diversificar los monocultivos, fomentando la restauración del suelo, el aumento de la biodiversidad y contribuyendo positivamente a la mitigación del cambio climático a través de la captura y almacenamiento de carbono.

Con respecto al desarrollo sostenible de la agricultura Aguilera Pena (2016) señala que la implementación de sistemas agroforestales conlleva interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El objetivo central es lograr un sinergismo que conduzca a la consecución de metas superiores en productividad y en servicios ambientales, presentando una serie de alternativas que puedan abordar las necesidades de las poblaciones rurales y promoviendo, el desarrollo sostenible.

Estos aportes resultan fundamentales para el diseño y establecimiento de sistemas agroforestales, ya que ofrecen soluciones tanto a los impactos negativos generados por las actividades agrícolas con prácticas tradicionales como a los problemas derivados de los monocultivos. Además, generan beneficios económicos y sociales, incluyendo consideraciones ambientales. En donde dada la creciente amenaza del cambio climático, es esencial promover estrategias que aborden esta problemática, y la implementación de sistemas agroforestales se presenta como una de las vías más efectivas para lograrlo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al implementar la metodología de Somarriba para el diagnóstico y diseño agroforestal, se pudo comprobar que el predio evaluado cumple con todos requisitos necesarios para un diseño agroforestal, rentable y productivo.
- Se propuso un sistema agrosilvícola basado en la práctica de cercas vivas con las especies de *Alnus acuminata*, *Buddleja incana* y *Erytrina edulis*, las cuales son reconocidas por su capacidad de fijación de nitrógeno y contribución significativa a la generación de materia orgánica al suelo.
- Se propuso la implementación de un sistema silvopastoril que incorpora la práctica de árboles en pasturas, utilizando la especie *Erytrina edulis* la misma que aportará nitrógeno al suelo, además de servir como fuente de forraje para la adecuada alimentación de los animales en los espacios designados.
- El análisis financiero, en conjunto con los indicadores de rentabilidad, muestran un Valor Presente Neto (VAN) de \$24.337,88, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 43,1%, y una relación Beneficio-Costo (B/C) de \$2,83. Estos resultados confirman la viabilidad de la implementación de este diseño, anticipando una mejora en la situación económica de la familia a mediano y largo plazo.

4.2. Recomendaciones

- Se sugiere la implementación y gestión del sistema agroforestal, incluyendo un monitoreo constante y ajustarlo según las condiciones cambiantes del entorno con el fin de maximizar su potencial productivo y ambiental.
- Se recomienda llevar a cabo análisis socioeconómicos más intensivos en las parroquias rurales de la ciudad de Ibarra, que permitan al detalle examinar la rentabilidad económica a mediano y largo plazo de los sistemas agroforestales y contrastarlos con sistemas afines.
- Se recomienda realizar capacitaciones al personal involucrado del predio en estudio, fortaleciendo sus habilidades y destrezas vinculadas con la agricultura y la gestión de especies forestales, con el propósito de garantizar la ejecución exitosa de los sistemas propuestos.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera Pena, R. (Febrero de 2016). "Agroforesteria una propuesta para el desarrollo sostenible de la agricultura en la cordillera Chongon Colonche - Ecuador". *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*. Recuperado el 04 de Octubre de 2023, de Agroforesteria una propuesta para el desarrollo sostenible de la agricultura en la cordillera Chongon Colonche - Ecuador": <https://www.eumed.net/rev/delos/25/agroforesteria.html>
- Albuja, M., Basantes, T., & Aragón, J. (2020). Análisis económico de cultivos andinos presentes en las provincias de Imbabura y Carchi –Ecuador. *Revista Argentina de Economía Agraria*, 1-18. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de https://raea.com.ar/revistaaaea_arg/article/view/38/34
- Añazco, M. (2017). Hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el Ecuador continental...un aporte del árbol a la diversificación agrícola y ganadera. En Á. Calvache, & J. Filgueria, *Agricultura Sostenible del Ecuador* (págs. 49 - 71). Guayaquil: CIDE. Recuperado el 26 de Septiembre de 2023, de <https://repositorio.cidecuador.org/bitstream/123456789/15/1/Agricultura%20Sostenible%20del%20Ecuador.pdf>
- Ardisana, E., García, A., Téllez, O., Bravo, S., Bravo, J., Mendoza, V., . . . Barzán, J. (Diciembre de 2020). *Scielo*. Obtenido de Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400002
- Arévalo, C. (2012). *DSPACE*. Obtenido de TÉCNICAS Y PRÁCTICAS AGROFORESTALES VALIDADOS PARA EL ECUADOR: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3076/1/mag133.pdf>
- Arica, D. (2016). *CONDESAN*. Recuperado el 24 de Junio de 2023, de Algunas Especies Forestales Nativas Para la Zona Altoandina: <http://www.ecosaf.org/altiplano/Especies%20forestales%20Condesan.pdf>

- Barrantes, E. (2005). *MAG*. Obtenido de BANCOS FORRAJEROS UN COMPONENTE TECNOLÓGICO INDISPENSABLE PARA LA PRODUCCIÓN INTENSIVA EN FINCAS GANADERAS: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q52-8871.pdf>
- Barrera, N., Acero, L., & Mejia, M. (2010). *Erythrina edulis* Triana ex Micheli. En J.A.Vozzo, *Manual de semillas de árboles tropicales* (págs. 445 - 447). Bogotá. Recuperado el 12 de Septiembre de 2023, de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Manual%20de%20Semillas%20de%20Arboles%20Tropicales.pdf>
- Barrientos, L., & Magaña, M. (Septiembre de 2015). *Redalyc*. Recuperado el 12 de Mayo de 2023, de Aportación de la milpa y traspatio a la autosuficiencia alimentaria en comunidades mayas de Yucatán: <https://www.redalyc.org/pdf/417/41744003007.pdf>
- Batis, B., Portuondo, A., & Mustelier, M. (Noviembre de 2014). *Redalyc*. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de Algunas variables que inciden en las condiciones edafoclimáticas del huerto intensivo el vivero: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181338814006.pdf>
- Benavides, A. (Abril de 2013). *Repositorio UTC*. Obtenido de “Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi”: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1640/1/T-UTC-1514.pdf>
- Benítez Bastidas, N. (2017). Recuperado el 25 de Octubre de 2023, de Formas y modos de vida de los pueblos kichwas de Imbabura (Ecuador): territorio, organización, patrimonio e interculturalidad: https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/6012/1/TDUEX_2017_Benitez_Bastidas.pdf
- Biopasos. (2007). Obtenido de Manual de Agroforestería: <https://www.biopasos.com/documentos/028.pdf>
- Blare, T., & Donovan, J. (2017). Intensification of cocoa in the Peruvian Amazon: Gender relations and options for deeper engagement by women. *ICCO*, 1-12. Obtenido de <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T7.214.INTENSIFICATION-OF-COCOA-IN-THE-PERUVIAN-AMAZON-GENDER-RELATIONS-AND-OPTIONS-FOR-DEEPER-ENGAGEMENT-BY-WOMEN.pdf>

Botero, R., & Russo, R. (12 de Agosto de 2002). *Earth University*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2023, de Utilización de arboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000024.pdf>

Caicedo, C. (2020). AGROFORESTERÍA: UNA ALTERNATIVA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA. *ECUADOR ES CALIDAD*, 7, 1-4. Obtenido de <https://revistaecuadorescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad/index.php/revista/article/view/81>

Campos, M., Velásquez, A., Bocco, G., & Santander, Á. (2011 de Enero). *ResearchGate*. Recuperado el 20 de Junio de 2023, de Rural People's Knowledge and Perception of Landscape: A Case Study From the Mexican Pacific Coast: https://www.researchgate.net/publication/235334128_Rural_People's_Knowledge_and_Perception_of_Landscape_A_Case_Study_From_the_Mexican_Pacific_Coast

Carlson, P., & Añazco, M. (1990). *Establecimiento y manejo de las practicas agroforestalrs en la sierra ecuatoriana*. Quito. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/39016966_Establecimiento_y_manejo_de_practicas_agroforestales_en_la_sierra_ecuatoriana

Cárdenas, S. (Junio de 2012). *ResearchGate* . Obtenido de El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción: https://www.researchgate.net/publication/332190454_El_Pajuro_Erythrina_edulis_alimento_andino_en_extincion#:~:text=El%20pajuro%20como%20%C3%A1rbol%2C%20soporta,encuentra%20en%20proceso%20de%20extinci%C3%B3n.

Casanova, L., Ramírez, L., Parsons, D., Caamal , A., Piñeiro, A., & Díaz, V. (Diciembre de 2016). *SCIELO*. Obtenido de Servicios ambientales de los sistemas agroforestales tropicales: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182016000300269&script=sci_arttext&tlng=es

Céspedes, C., & Vargas, S. (2021). *Agroecología Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de Los Ríos*. Osorno, Chile: Libro INIA N° 45, 370 p. Instituto

de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147618/NR42695.pdf?sequence=1>

Céspedes, L. (2017). Aporte económico, social y ambiental de los sistemas agroforestales (SAF) como parte de la propuesta económica productiva de base agroecológica en el municipio Gonzalo Moreno. En L. Céspedes, *Aporte económico, social y ambiental de los sistemas agroforestales (SAF) como parte de la propuesta económica productiva de base agroecológica en el municipio Gonzalo Moreno* (pág. 10). La Paz. Obtenido de <https://alianzaagroecologia.redelivre.org.br/files/2017/06/Estudio-de-Caso-3.-SAF-en-Gonzalo-Moreno.pdf>

Chafla, J., & Quishpe, D. (24 de Marzo de 2021). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 18 de Agosto de 2023, de Análisis de la cadena de valor en la exportación de mora de castilla y como el comercio justo mejora la calidad de vida de los pequeños productores: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23808/1/T-ESPE-044350.pdf>

Checa, P. (Abril de 2008). *INIAP*. Obtenido de Caracterización de Sistemas Agroforstles (SAF) en la Sub-región Sierra Centro dl Ecuador: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/927/1/iniapscP.Ch514c2008.pdf>

Comisión Forestal Nacional. (2012). Obtenido de Estrategia Nacional de Agrosilvicultura: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/5/4151Estrategia%20Nacional%20de%20Agrosilvicultura.pdf>

Corella , M. (17 de Mayo de 2016). *Biocenosis*. Obtenido de Agroforestería y biodiversidad: La importancia de los sistemas afroforestales en la conservación de especies: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1428>

Csasola, F., Ibrahim, M., & Barrantes, J. (Febrero de 2005). *CATIE*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2023, de Los árboles en los potreros: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2901/Los_arboles_en_los_potreros.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Consiste%20en%20cortar%20las%20ramas,de%20hongos%20a%20los%20cortes.

- Delgado, A., Ocaña, E., & Rojas, P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Scielo*, 2-3. Recuperado el 11 de Marzo de 2023, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n2/0122-8706-ccta-20-02-00387.pdf>
- Ecuadorforestal. (2012). *Ecuador Forestal*. Obtenido de Ficha técnica Aliso: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/ALISO.pdf>
- Enríquez, G. (2018). *Repositorio UASB*. Recuperado el 2023 de Abril de 16, de Análisis de los factores habilitantes para implementar un sistema agroforestal biodiverso con café, para incrementar la resiliencia al cambio climático de las fincas y hogares de dos parroquias del Noroccidente de Quito: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6350/1/T2696-MDSCC-Enriquez-Analisis.pdf>
- Farfán, F. (2018). *Scielo*. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de Agroclimatología del Ecuador: <https://books.scielo.org/id/nw2rh/pdf/portilla-9789978104927-01.pdf>
- FAO. (31 de Julio de 2020). Recuperado el 17 de Junio de 2023, de Cómo las vacas trajeron paz y prosperidad a dos granjas ecuatorianas: <https://www.fao.org/faostories/article/es/c/1276875/>
- Fernandez, R. (Noviembre de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales: https://www.researchgate.net/publication/319018842_Importancia_y_ventajas_de_Erythrina_sp_en_sistemas_agroforestales
- Flores , F., & Tinajero, J. (10 de Octubre de 2007). “El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible”. *Dialnet*, 1-4. Recuperado el 10 de Febrero de 2023, de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet-EIUsodeArbolesMultipropositoComoAlternativaParaLaP-4835697.pdf>
- Garza, E., Santiago, A., Musálem , M., Lindermann, V., & Olvera, A. (2012). *Scielo*. Obtenido de Diversity of useful species and agroforestry systems: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-40182012000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=en

- Granada, E., Amezcuita, M., Restrepo, M., & Suárez, J. (17 de Noviembre de 1987). Recuperado el 28 de Junio de 2023, de Informe preliminar sobre aspectos de la Biología del Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K): <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/20879-70606-1-CE.pdf>
- Gómez, M. E. (2007). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2023, de Evaluación de alternativas silvopastoriles utilizando: Yagual (*Polylepis racemosa*), Quishuar (*Buddleja incana*) y Colle (*Buddleja coriacea*); en la microcuenca del río Chimborazo: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2498/1/T-ESPE-IASA%20II-002012.pdf>
- González, J., & Camacho, A. (10 de Octubre de 1995). *CATIE*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2023, de Linderos maderables: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2871/Linderos_maderables.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Granda, C. (2012). Recuperado el 14 de Abril de 2023, de Técnicas y prácticas agroforestales validados para el Ecuador: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3076/1/mag133.pdf>
- Hecht, S. (1999). La evolución del pensamiento agroecológico. En M. Altieri, *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (págs. 16-30). Nordan–Comunidad. Recuperado el 14 de Abril de 2023, de https://mega.nz/file/7QpkhSjD#EjsABPwWicwwGNKvvHs1fUP7z_PYwImg22rCPBY9GQo
- Heifer, Fundación. (2014). *La agroecología está presente Mapeo de productores agroecológicos y del estado de la agroecología en la sierra y costa ecuatoriana*. Quito. Obtenido de http://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/2015/01/1_La_agroecologia_esta_presente_ES.pdf
- Howard, S. (1940). *Un Testamento Agrícola*. Santiago. Recuperado el 14 de Abril de 2023, de <https://docplayer.es/1201618-Un-testamento-agricola.html>
- Iglesias, J., Funes, F., Toral, C., & Milera, M. (Septiembre de 2011). Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Apuntes para el conocimiento.

- SCIELO. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000300001
- IICA. (2019). Recuperado el 16 de Junio de 2023, de Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8214/BVE19040295e.pdf;jsessionid=77CB08AFCB28DB43DB2C186F9EE21BC5?sequence=1>
- INIAP. (2014). *INIAP*. Recuperado el 11 de Mayo de 2023, de Tomate de árbol: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rtomatea>
- Iniciarte, I., Pérez, A., Hernández, E., Sandoval, C., Luma, F., Márquez, M., & Rondón, O. (12 de Febrero de 2015). *Researchgate*. Recuperado el 29 de Junio de 2023, de Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) en el estado Merida, Venezuela: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Otalora-Luna/publication/280922003_Presencia_del_chachafruto_Erythrina_edulis_Triana_ex_Micheli_en_el_estado_Merida_Venezuela/links/55cb4f1808aeca747d6be43a/Presencia-del-chachafruto-Erythrina-edulis-Triana-ex
- J., A. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Redalyc*, 107-115. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>
- López, A., & Gómez, E. (2013). Horticultores temporaleros de Morelos. En *La encrucijada del México rural Contrastes regionales en un mundo desigual* (págs. 129-152). Recuperado el 16 de Junio de 2023, de Horticultores temporaleros de Morelos: <http://respaldo.amerac.org/wp-content/uploads/2015/11/2010-TOMO-V.pdf>
- MAE; FAO. (2015). Recuperado el 13 de Marzo de 2023, de Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- MAG. (Septiembre de 2019). Recuperado el 08 de Septiembre de 2023, de Precios referenciales de ganado bovino, según su clasificación: <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2019/09/ANEXO-2.pdf>

- Mao, N., Sánchez, C., & Hagiwara, T. (2000). *Manual de AGROFORESTERIA*. Río Hato: CEMARE. Obtenido de https://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-01_01.pdf
- MIES. (2020). *Ministerio de Inclusión Económica y Social*. Recuperado el 18 de Agosto de 2023, de Productos de la Sierra y del subtrópico se intercambian para entregar a familias de sectores prioritarios: <https://www.inclusion.gob.ec/productos-de-la-sierra-y-del-subtropico-se-intercambian-para-entregar-a-familias-de-sectores-prioritarios/#:~:text=Los%20productos%20que%20salen%20de,la%20mejor%20forma%20de%20apoyarnos.>
- Morales, J., Jijaba, M., Ruiz, Z., & Ruilova, M. (Julio de 2018). *Scielo*. Recuperado el 11 de Mayo de 2023, de Efecto del piso altitudinal sobre la calidad de la mora (*Rubus glaucus benth*) en la región interandina del Ecuador: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00702.pdf>
- Molina, M., Medina, M., & Orozco, H. (Marzo de 2006). *Scielo*. Recuperado el 28 de Julio de 2023, de El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (*Alnus acuminata*) en sistemas silvopastoriles: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902006000100005
- Muñante D.D. 2002. Manual de formulación y evaluación de proyectos. UACH, Mex. León, G.H. 2001. Manual para el cultivo del tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Muñoz, D., Calvache, D., & Yela, J. (01 de Mayo de 2013). *Dialnet*. Recuperado el 11 de Junio de 2023, de Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el Departamento de Nariño: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet-EspeciesForestalesConPotencialAgroforestalParaLasZ-5104102.pdf>
- Navas, A., Cárdenas, J., & Montaña, V. (2020). Desempeño de bancos forrajeros de *Cratylia argentea* (Desv. gntea (Desv.) Kuntze, en suelos degradados en el departamento de Casanare. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1-15. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1347&context=mv>

- Noponen, M., Healey, J., Sotob, G., & Hagggar, J. (2013). Sink or source—The potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. *ELSEVIER*, 60-68.
- Ospina, A. (2006). *Agroforestaría Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforesta*. Santiago de Cali: ACASOC. Obtenido de http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/libro_agroforesteria.pdf
- Ospina, C. (Marzo de 2017). *Climate*. Obtenido de Climate and economic benefits of agroforestry systems: <http://climate.org/wp-content/uploads/2017/03/Agroforestry-Article-3.6.17.pdf>
- Paredes, H., Chagna, E., Carvajal, J., & Yépez, R. (2018). Sistemas agroforestales para la implementación de sistemas agroforestales en la provincia de Imbabura. Ibarra, Ecuador. Recuperado el 21 de Abril de 2023, de <https://issuu.com/utnuniversidad/docs/ebook-sistemas-agroforestales>
- Paredes Rodríguez, H. O., Varela Jácome, G. D., Rosales Enríquez, O. A., Carvajal Benavides, J. G., & León-Espinoza, M. E. (2023). Herbario universidad técnica del norte HUTN, un laboratorio para conocer la diversidad de especies forestales del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1167-1184. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6262
- Paredes, H., Vallejo, H., & Añazco, M. (18 de Septiembre de 2020). *Cidecuador*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2023, de Evaluación financiera de un sistema agroforestal de *Alnus nepalesensis* D. Don (aliso), en asocio con *Coffea arabica* (café) y *Calliandra pittieri* Standl (tura), en la zona de Intag, Cotacachi, Imbabura.: https://cidecuador.org/wp-content/uploads/congresos/2020/iv-forestal/diapo/evaluacion-financiera-de-un-sistema-agroforestal-de-alnus-nepalesensis_hugo-paredes.pdf
- Paredes, N., Angamarca, M., de Melo, E., & Figueroa, H. (2018). El rol de los sistemas agroforestales en la conservación, recuperación y manejo de los suelos en sistemas de producción agropecuarios. *INIAP*, 2-11. Obtenido de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5450/1/El%20rol%20de%20los%20sistemas%20agroforestales%20en%20la%20conservaci%C3%B3n%20recuperaci%C3%

B3n%20y%20manejo%20de%20los%20suelos%20en%20sistemas%20de%20producci%C3%B3n%20agropecuarios.pdf

Parra, A., Rojas, B., & Arrieta, N. (Septiembre de 2020). Análisis textural en la regulación de funciones ecosistémicas en sistemas agroforestales de un oxisol de Piedemonte Llanero en época seca, Colombia. *Scielo*. Recuperado el 14 de Abril de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292020000300043&lang=es

Payne. (12 de Septiembre de 2013). *CDQAP*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2023, de CDQAP Ruminations: Heat Stress in Dairy Cows: <https://cdqap.org/ruminations/heat-stress-in-dairy-cows/>

PDOT, I. (2021). *PDOT de San Miguel de Ibarra*. Obtenido de <https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/lotaip2021/anexos/s/PDOT%202020-2040%20CANTON%20SAN%20MIGUEL%20DE%20IBARRA.pdf>

Pearl, H. (24 de Noviembre de 2015). *forestsnews (CIFOR)*. Obtenido de Migración: ¿Cómo afecta a las personas y a los bosques?: <https://forestsnews.cifor.org/37946/migracion-como-afecta-a-las-personas-y-a-los-bosques?fnl=>

Peña, S., Rojas, I., & Plagaro, A. (19 de Junio de 2019). *INIFAP Revista Mexicana De Ciencias Forestales*. Obtenido de LA SILVICULTURA COMO PRIMERA OPERACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i4.597>

Pinta, F. (2015). Sistemas Agroforestales Potencialidades para el caso del Ecuador. *ReveLA*.

Pourruut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (1995). Clima del Ecuador. *El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones y escorrentías*, 13 - 26. Recuperado el 26 de Diciembre de 2022, de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014827.pdf

Proaño, B. (28 de Enero de 2021). *Respositorio unt*. Recuperado el 17 de Mayo de 2023, de Sostenibilidad de la práctica agroforestal (linderos), en la zona de Intag, noroccidente del Ecuador:

- <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10880/2/03%20FOR%20322%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Ramilo, D. (2022). *sedici*. Obtenido de Cortinas Forestales: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/132081/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, A., Seré, C., & Uquillas, J. (12 de Abril de 1993). *CIAT*. Recuperado el 14 de Agosto de 2023, de Impacto Socioeconómico de Sistemas Agroforestales en la Región Amazónica del Ecuador: http://ciat-library.ciar.org/articulos_ciat/Digital/S494.5.A45R3C.3_impacto_socioeconomico_de_sistemas_agroforestales_en_la_region_amazonica_del_ecua.pdf
- Remmers, G. (1993). *Dialnet*. Obtenido de Agricultura tradicional y agricultura ecológica vecinos distantes: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=82907>
- Romay, A. (Septiembre de 2011). *Scielo*. Recuperado el 20 de Junio de 2023, de Beneficios y maleficios de los árboles para los campesinos y su rol en el arreglo de sistemas agroforestales tradicionales en el Norte de Independencia, Bolivia: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892011000200002&lng=es&nrm=iso
- Ruiz, Y., & Nariño, O. (02 de Abril de 2022). Seguridad alimentaria familiar: apuntes sociológicos para lograr sistemas alimentarios locales inclusivos, municipio Santiago de Cuba. *Scielo*. Recuperado el 14 de Abril de 2023, de Ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200446&lang=es
- Sánchez, Ó., Navarrete, G., & Adrián, R. (2013). Guía Técnica SAF. En Ó. Sánchez, G. Navarrete, & R. Adrián, *Guía Técnica SAF* (pág. 4). EuroDigital Comunicación. Obtenido de https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf
- Sandoval, C., & Calispa, A. (06 de Abril de 2015). *Agrocalidad*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2023, de Guía de buenas prácticas agrícolas para tomate de árbol (*Solanum betaceum*

- Cav.): <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/Gu%C3%ADa-de-BPA-para-tomate-de-%C3%A1rbol-jul.pdf>
- Sanial, E., Fountain, A., Hoefsloot, H., & Jezeer, R. (2020). *CGIAR*. Obtenido de Agroforestry in cocoa, a need for ambitious collaborative landscape approaches: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/111621>
- Santana, M., & Valencia, J. (19 de Noviembre de 1998). Obtenido de PRODUCCIÓN GANADERA SOSTENIBLE SILVOPASTOREO: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3922/1/20061127165944_Produccion%20ganadera%20sostenible%20silvopastoreo.pdf
- Sépulveda, C., Ibrahim, A., Bach, O., & Rodríguez, A. (2011). *CATIE*. Recuperado el 11 de Marzo de 2023, de Desarrollo de lineamientos para la certificación de sistemas sostenibles de producción ganadera: <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6025/5.CSepulveda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solorio, F., Aldana, J., Casanova, F., & Ramirez, L. (Enero de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de Diseño y Evaluación de Sistemas Agroforestales: https://www.researchgate.net/publication/295550043_Notas_de_curso_DisenoyEvaluacion_de_Sistemas_Agroforestales
- Somarriba, E. (2009). *Planificación Agroforestal De Fincas*. Turrialba: CATIE. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/324263337_Planificacion_agroforestal_de_fincas
- Sotelo, V. (2019). *dspace*. Recuperado el 23 de Agosto de 2023, de "Determinación de la rentabilidad del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en la comunidad El Capulí, parroquia San José, cantón Montufar, provincia del Carchi, 2019": <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6461/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sotomayor, Á., & Barros, S. (2016). *Instituto Forestal (Chile)*. Santiago. Obtenido de Los sistemas agroforestales en Chile:

- <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/26382/INFOR-0048.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Svensk, M., Pittarello, M., Mariotte, P., Nota, G., Schneider, M., Frund, D., . . . Probo, M. (2023). Nitrogen translocation by Highland cattle grazing in *Alnus viridis*-encroached pastures. *Springer*. Recuperado el 23 de Abril de 2023, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-023-10282-0>
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P., Moreno, G., & Plieninger, T. (16 de Agosto de 2016). *ScienceDirect*. Obtenido de Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880916303097>
- Toruño, I., Mena, M., & Guharay, F. (2015). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles
- Valdés, E., Vásques, L., Sánchez, R., Salcedo, E., & Lagunes, E. (Octubre de 2022). *Scielo*. Obtenido de Servicio ecosistémico de carbono almacenado en cafetales bajo sombra en sistema agroforestal: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022001000287&script=sci_arttext
- Valencia, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Manizales, Caldas (Colombia). Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa_y_sistemas_agroforestales_con_caf%C3%A9.pdf
- Vásquez, A., Mejía, C., Herrera, F., & Méendez, F. (16 de Marzo de 2018). *Redalyc*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de Milpa y seguridad alimentaria: El caso de San Pedro El Alto, México: <https://www.redalyc.org/journal/280/28059579003/html/>
- Vann Voss, O., Aguirre, N., & Hofstede, R. (2001). *SISTEMAS FORESTALES INTEGRALES PARA LA SIERRA DEL ECUADOR*. Quito, Ecuador. Obtenido de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1426&context=abya_yala

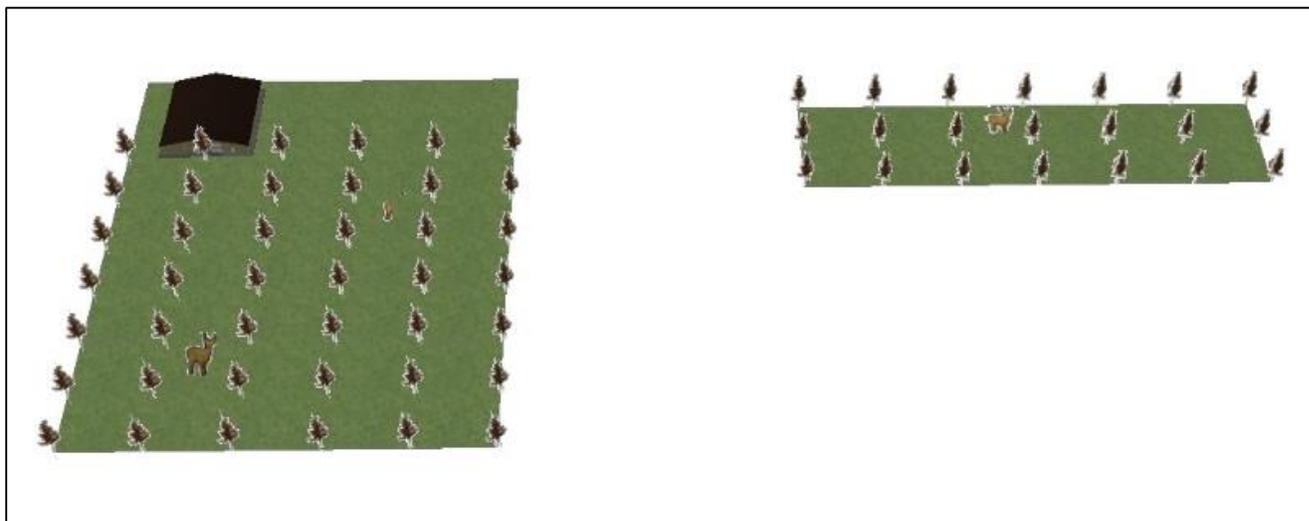
- Villagaray, S., & Bautista, E. (Septiembre de 2011). *Scielo*. Obtenido de Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú: <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v5n2/v5n2a07.pdf>
- Villanueva , C., Ibrahim, M., Casasola, F., Ríos, N., & Sepúlveda, C. (2009). Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En C. Sepúlveda, & M. Ibrahim, *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas* (págs. 103 - 125). CATIE. Recuperado el 11 de Agosto de 2023, de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7964/Políticas_y_sistemas_de_incentivos.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Villanueva, C., Tobar, D., Ibrahim, M., Casasola, F., Barrantes, J., & Arguedas, R. (2013). Árboles dispersos en potreros en fincas ganaderas del Pacífico Central de Costa Rica. *CATIE*, 1-9. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7946>
- Vann Voss, O., Aguirre, N., & Hofstede, R. (2001). *SISTEMAS FORESTALES INTEGRALES PARA LA SIERRA DEL ECUADOR*. Quito, Ecuador. Obtenido de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1426&context=abya_yala
- Yamberla, L. (2017). *Repositorio utn*. Recuperado el 22 de Mayo de 2023, de Sostenibilidad del asocio de árboles con cultivos en el cantón Pimampiro, norte de Ecuador: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6419/1/03%20FOR%20250%20TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>
- Zurimendil, P., Domínguez, M., García, A., López, L., Arias, V., & Matínez, Á. (Diciembre de 2015). *Scielo*. Recuperado el 16 de Junio de 2023, de Índice de sitio y producción maderable en plantaciones forestales de Gmelina arborea en Tabasco, México: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400010

Anexos

Anexo 1

Diseño agrosilvícola en 3D



Anexo 2*Diseño silvopastoril en 3D*

Anexo 3*Diseño general agroforestal en 3D*

Anexo 4

Estado actual del predio



Anexo 5

Entrevista a la Sra. Zoila Tuquerrez



Anexo 6

Toma de datos en campo

**Anexo 7**

Entrevista a la familia



Anexo 8*Formato de recolección de datos***PLAN AGROFORESTAL (Carlson y Añazco, 1990)**

Comunidad _____ Provincia _____

Propietario _____ Parroquia _____

Fecha planificado _____ Cantón _____

1. Características del sitio

SUELO Tipo _____ Profundidad _____ cm

CLIMA Altura _____ Meses secos _____

Presencia de heladas _____ Granizadas _____

Si No Si No

Vientos Fuertes _____

Si No

VARIOS Frecuencia en Neblina _____

Presencia del riego _____

Si No

Protección de árboles contra daños _____

(cercos, muros, etc)

2. OBJETIVOS DEL PLAN

Productos

1. Leña
2. Forraje
3. Madera
4. Postes
5. Frutas
6. Otros _____

Beneficios

1. Control del viento
2. Linderación del terreno
3. Control de erosión
4. Protección de obras mecánicas
5. Mejoramiento en fertilidad del suelo
6. Otros

3. CROQUIS DEL TERRENO

Diagnostico Biofísico (Censo) (Mao et al., 2000)

Anexo 9*Formato de entrevistas***Cuestionario Guía para la entrevista** (Somarriba, Planificación agroforestal en fincas, 2009)

Nombre del Propietario _____

Edad del propietario _____

Composición familiar del propietario del predio _____

Entrevista con los miembros de la familia (Para cada miembro)

Nombre _____

Edad _____

Genero _____

¿Cuál es su visión en el futuro de la finca? _____

_____¿Conoce algunos conocimientos tradicionales acerca de los terrenos con cultivos?

_____¿Cuál es su realidad económica?

¿Estaría usted dispuesto en invertir económicamente para mejorar el predio?

¿Cuánto dinero estaría usted dispuesto a invertir?

Si es el caso, ¿Qué objetivo quiere con el predio?

- Desea obtener leña

- Quiere abrigo

- Quiere Mejorar la producción de productos

- Quiere Mejorar las condiciones del suelo

- Quiere incrementar la productividad de las parcelas
