

# **DISEÑO DEL SISTEMA AGROFORESTAL TRADICIONAL ANDINO, RESPETANDO LA DIVERSIDAD BIOCULTURAL, EN LA COMUNIDAD QUICHLA DE EL MANZANAL, PARROQUIA CARANQUI, CANTÓN IBARRA**

## ***DESIGN OF THE TRADITIONAL ANDEAN AGROFORESTRY SYSTEM, RESPECTING BIOCULTURAL DIVERSITY, IN THE QUICHLA COMMUNITY OF EL MANZANAL, CARANQUI PARISH, IBARRA CANTON***

José Gabriel Carvajal Benavides <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9920-4991>. Correo: [jgcarvajalb@utn.edu.ec](mailto:jgcarvajalb@utn.edu.ec)

Yomaira Cristina Mugmal Farinango <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5897-5018>. Correo: [ycmugmalf@utn.edu.ec](mailto:ycmugmalf@utn.edu.ec)

Oscar Armando Rosales Enríquez <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7131-6203>. Correo: [oarosales@utn.edu.ec](mailto:oarosales@utn.edu.ec)

Eleonora Melissa Layana Bajaña <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-9823>. Correo: [emlayana@utn.edu.ec](mailto:emlayana@utn.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [jgcarvajalb@utn.edu.ec](mailto:jgcarvajalb@utn.edu.ec)

## Resumen

En la investigación se abordó el procedimiento técnico – forestal, para el diseño de un sistema agroforestal en la comunidad Quincha Caranqui. El predio en estudio no cuenta con un diseño agroforestal técnico y presenta una disminución en su capacidad productiva regular esperada debido a inadecuadas prácticas agrícolas y arreglos espacio temporales inapropiados. El objetivo del estudio fue caracterizar y diseñar un sistema agroforestal andino, acorde al predio. Se planteó una metodología con enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y de diseño no experimental. Para ello se aplicó la teoría de Somarriba del Diagnóstico y Diseño Agroforestal adaptada al contexto local, considerando tres dimensiones: a) diagnóstico biofísico, b) social y c) económico para finalmente diseñar y proponer una estructura del sistema agroforestal andino que respete lo tradicional e incorpore técnicas y prácticas actuales adaptadas a la región andina. Como resultado, el diagnóstico biofísico se describió que posee parcelas con diferentes tamaños, de forma irregular, para cada subparcela y se registró la diversidad biocultural andina existente, como lo demuestran los tipos de cultivos, especies de árboles frutales, especies forestales y la inclusión de animales. En términos socioeconómicos, la familia mostró predisposición para invertir y mejorar el rendimiento y diversificar la productividad del predio. Se propusieron dos sistemas agroforestales: uno agrosilvícola, con la práctica de cercas vivas mixtas a un distanciamiento entre planta de 1,5 metros con las especies forestales de *Alnus acuminata*, *Buddleja incana* y *Erythrina edulis* y otro silvopastoril, donde se aplicó la práctica de árboles en pasturas con un distanciamiento de 8 metros entre hileras y un espacio de 10 metros entre planta, con la especie *Erythrina edulis*. Se concluye, que estas prácticas beneficiarán tanto a la familia como a la fertilidad del suelo, gracias a las características y bondades propias de las especies forestales.

**Palabras clave:** sistema agroforestal; agrosilvícola; silvopastoril; diversidad biocultural andina

## Abstract

*The research addressed the technical-forestry procedure for the design of an agroforestry system in the Quincha Caranqui community. The property under study does not have a technical agroforestry design and presents a decrease in its expected regular productive capacity due to inadequate agricultural practices and inappropriate spatiotemporal arrangements. The objective of the study was to characterize and design an Andean agroforestry system, according to the property. A methodology with a qualitative approach, descriptive scope and non-experimental design was proposed. For this, Somarriba's theory of Agroforestry Diagnosis and Design was applied, adapted to the local context, considering three dimensions: a) biophysical, b) social and c) economic diagnosis to finally design and propose a structure of the Andean agroforestry system that respects the traditional and incorporates current techniques and practices adapted to the Andean region. As a result, the biophysical diagnosis was described as having plots with different sizes, of irregular shape, for each subplot and the existing Andean biocultural diversity was recorded, as demonstrated by the types of crops, species of fruit trees, forest species and the inclusion of animals. In socioeconomic terms, the family showed a willingness to invest and improve the performance and diversify the productivity of the property. Two agroforestry systems were proposed: one agroforestry, with the practice of mixed live fences at a distance between plants of 1.5 meters with the forest species of *Alnus acuminata*, *Buddleja incana* and *Erythrina edulis* and another silvopastoral, where the tree practice was applied. in*

*pastures with a distance of 8 meters between rows and a space of 10 meters between plants, with the species Erythrina edulis. It is concluded that these practices will benefit both the family and the fertility of the soil, thanks to the characteristics and benefits of forest species.*

**Keywords:** *agroforestry system; agroforestry; silvopastoral; Andean biocultural diversity*

**Fecha de recibido:** 27/12/2023

**Fecha de aceptado:** 20/02/2024

**Fecha de publicado:** 24/02/2024

## Introducción

Las prácticas tradicionales sobre la labranza de la tierra de la cultura kichwa Caranqui según datos recopilados por Benítez Bastidas (2017), se basan primordialmente en las actividades agrarias. La mayoría de las familias *kichwas* viven en áreas rurales y poseen una variedad de cultivos en sus chacras, incluyendo tubérculos, hortalizas, frutas nativas y plantas medicinales. Con respecto a la preparación del terreno, todavía se utiliza el arado en forma de recta para cubrir las hierbas y convertirlas en abono, mientras que en terrenos de difícil acceso se emplea la yunta, donde los bueyes llevan el yugo y un arado de madera. Es importante destacar que esta cultura lucha contra las plagas de sus cultivos mediante cultivos asociados, evitando en la medida de lo posible el uso de productos químicos.

Pero *¿qué son los sistemas agroforestales?* según Moreira y Castro (2017), se originan como una respuesta a los problemas de deforestación y degradación ambiental. Estos sistemas representan una modalidad de manejo del suelo que implica la combinación de especies leñosas con cultivos y/o animales, con el fin de mejorar la producción de manera sostenible y establecer un equilibrio entre el cultivo principal y el entorno natural. En la actualidad, se distinguen tres sistemas agroforestales, cada uno con sus respectivas prácticas y técnicas específicas:

- El sistema agrosilvícola, que consiste en la combinación de árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas asociados (Comisión Forestal Nacional, 2012). Se emplean prácticas como linderos, cercas vivas, cortinas rompevientos, huertos mixtos, cultivos en contorno y el sistema Taungya.
- El sistema silvopastoril, que implica la combinación de árboles y especies herbáceas forrajeras junto con la producción ganadera. Además de proporcionar sombra para los animales y mitigar el estrés calórico (Céspedes y Vargas, 2021). Se aplican prácticas como árboles en pasturas, bancos de proteínas y la dispersión de árboles y arbustos en potreros.
- Por último, el sistema agrosilvopastoril, cuya función principal es garantizar la alimentación de los productores durante todo el año. Este sistema combina árboles maderables con cultivos de ciclo corto, reemplazando los cultivos existentes por pastos a medida que los árboles crecen (Santana y Valencia, 1998). Se pueden emplear prácticas como lotes multipropósito y huertos caseros mixtos.

El propósito primordial de los sistemas agroforestales es incrementar el rendimiento de los cultivos tanto a corto como a mediano plazo, mediante la implementación de diversas técnicas orientadas a la conservación del suelo y al abastecimiento alimentario tanto humano como animal (Ramírez, 2012; Nair et al., 2008). Según investigaciones llevadas a cabo por Arévalo L. (s.f.), se proyecta un aumento significativo en la población mundial en los próximos 25 años, lo que duplicará la demanda de alimentos. En este contexto, los sistemas agroforestales se presentan como una estrategia para satisfacer esta creciente demanda y a la vez evitar el deterioro del suelo.

En la actualidad, las nuevas tecnologías de producción son poco viables debido a sus altos costos, especialmente en las comunidades rurales donde se observa una transición hacia la agricultura de monocultivos basada en el uso intensivo de agroquímicos. Sin embargo, esta práctica conlleva el riesgo de plagas y enfermedades que pueden afectar la producción agrícola de manera significativa.

El predio seleccionado se ubica en la parroquia de Caranqui, específicamente en la comunidad de El Manzanal, donde no existe un sistema agroforestal preexiste. Por consiguiente, es necesario desarrollar un diseño que permita establecer una agricultura sostenible a largo plazo.

Por medio de esta investigación, los principales beneficiarios serán la propietaria del terreno y su familia. Ya que al implantar el diseño agroforestal propicio no solo contribuirá al ámbito agrícola, sino también tendrá impactos positivos en aspectos sociales, ambientales y económicos.

Finalmente, este presente trabajo investigativo buscará obtener el diseño agroforestal adecuado con respecto al predio en cuestión, adaptando la metodología de Somarriba (2009), la cual hace mención que se deben realizar tres diagnósticos, los cuales están vinculadas a las dimensiones tanto biofísicas, sociales y económicos. Estos diagnósticos servirán como base para proponer el diseño agroforestal más adecuado.

## Materiales y métodos

### Ubicación del área de estudio:

El predio seleccionado se sitúa en la Comunidad de El Manzanal a una altitud que oscila entre los 2.875 – 2.900 msnm. La extensión total del área de investigación abarca 35.522,09 m<sup>2</sup>, equivalente a aproximadamente tres hectáreas y media.

### Caracterización edafoclimática:

El área de estudio presenta un suelo clasificado como Molisol, reconocido por su elevado contenido de materia orgánica y su tonalidad oscura, características propicias para actividades agrícolas (PDOT, 2021). En cuanto al clima, se trata de un clima ecuatorial de alta montaña, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 4 y 8°C. La precipitación anual varía entre 800 y 2.000 mm en promedio, con una humedad relativa superior al 80%, como indican Pourruut et al. (1995).

### Metodología

El presente estudio adoptó un enfoque cualitativo, utilizando variables verbales obtenidas a través de entrevistas. La investigación se caracteriza por su objetivo aplicado, al emplear la Metodología de Somarriba

(2009) adaptada al contexto de un diseño agroforestal. Se destaca su alcance descriptivo, diseño no experimental, enfoque sincrónico en el tiempo y ubicación de campo. Es relevante mencionar que la investigación se llevó a cabo en la finca de la Sra. Tuquerres, con la participación de su familia. Los datos y la información derivados de los sistemas agroforestales fueron recolectados y analizados en su contexto real.

### Toma de datos

**Diagnóstico a nivel del predio:** Para llevar a cabo el diagnóstico a nivel del predio, se aplicó la metodología propuesta por Somarriba (2009) del D&D (Diagnóstico y Diseño Agroforestal), la cual establece la consideración de las dimensiones biofísica, social y económica.

**Diagnóstico Biofísico:** En esta sección se realizó una evaluación de las características físicas del predio y los usos del suelo, con el fin de identificar las oportunidades para su mejora agroforestal. Es importante tener en cuenta que para obtener los resultados deseados, se dividió este diagnóstico en tres aspectos, los cuales se describen a continuación:

- **Diagnóstico biofísico – 1:** En esta instancia, el predio fue analizado mediante dos tipos de unidades espaciales: superficies y lineales. Con referente a la superficie se visualizó los espacios bidimensionales ocupados por las distintas parcelas dentro del predio, ya sean productivas o no. En donde fue necesario realizar un censo para cuantificar los individuos presentes en las áreas respectivas. Del mismo modo, se observaron las líneas, tales como caminos internos, divisiones entre parcelas y límites perimetrales, en caso de existir.
- **Diagnóstico biofísico -2:** En esta etapa se requirió comprender el paisaje y las unidades fisiográficas tanto a nivel del predio como parroquial (pendiente, suelo, clima).
- **Diagnóstico biofísico – 3:** Esta constituye la fase final del diagnóstico biofísico, en la cual se elaboró un croquis en colaboración con la propietaria del predio, detallando las superficies, líneas y áreas que abarca el terreno. Para verificar su precisión, se llevó a cabo una visita in situ.

**Diagnóstico Social:** Para esta segunda etapa crucial del diagnóstico, se consideraron cuatro aspectos fundamentales a saber:

- Mano de obra familiar
- La edad de los miembros de la familia
- Conocer su realidad económica
- Saber que desea la familia con respecto al predio

Por lo que, para la recolección de toda esta información, se empleó entrevistas estructuradas a los temas señalados y formularios previamente elaborados.

**Diagnóstico económico:** Para este diagnóstico se establecieron dos prioridades: identificar las principales fuentes de ingresos y gastos de la familia. Estos datos se obtuvieron a través de entrevistas enfocadas en los productos generados por el predio y su contribución a la economía familiar.

## Propuesta del diseño agroforestal

- **Establecer los propósitos:** Una vez realizado los diagnósticos, se definieron en colaboración con la propietaria los objetivos del sistema agroforestal. Se llevó a cabo una entrevista con la familia implicada para indagar sobre su visión futura del predio, presentando las siguientes opciones:
  - Mejorar el microclima
  - Diversificación de productos
  - Mejorar el suelo
  - Incrementar la productividad de las parcelas
- **Establecer los sistemas y/o prácticas agroforestales:** Se identificaron los sistemas y prácticas agroforestales óptimos en función de los objetivos consensuados con la familia. Es esencial considerar que la selección de especies forestales adecuadas juega un papel fundamental en el diseño de un sistema agroforestal que responda a las necesidades tanto del terreno como de la familia. Se destacan tres sistemas agroforestales con sus prácticas respectivas, que son:
  - **Sistema Agrosílvicola:** 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 y pasto entre árboles maderables.
  - **Sistema Agrosilvopastoril:** Cercas vivas, plantaciones maderables en linderos, pastura en callejones, cortina rompevientos y árboles en asociación con cultivos anuales.

## Resultados y discusión

Esta sección abordará los resultados y la discusión siguiendo la metodología establecida. Se comenzará con los diagnósticos y se concluirá con la propuesta del diseño de sistemas agroforestales más adecuados para la propietaria y su familia, con la finalidad de mejorar las condiciones del suelo y su fertilidad en el predio.

### Diagnóstico biofísico 1

**Diagnóstico de cultivos:** Según los datos obtenidos en la (Tabla 1), en el predio de la propietaria se identificaron siete cultivos de ciclo corto, con un uso aproximado de 12,5 libras de semillas por área. Estos cultivos tienen como objetivo generar ingresos económicos y proporcionar alimento interno. Asimismo, todas las parcelas presentan variaciones en su tamaño, siendo la más extensa la dedicada al cultivo de morocho con una superficie de 1.800 m<sup>2</sup>, mientras que la de melloco y choclo es la más reducida, con una extensión de 200 m<sup>2</sup>.

**Tabla 1.** Diagnóstico Biofísico de cultivos.

Código	Fecha	Tipos de cultivo	Semillas (plantas)	Unidad	Área total (m2)
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 son un ecosistema emblemático de la agricultura tradicional andina, que combina una diversidad de especies vegetales como maíz, fréjol y habas, reflejando la cosmovisión andina. Los resultados coinciden con estas afirmaciones, indicando que la propiedad estudiada pertenece a una comunidad con conocimientos tradicionales y particularidades en sus cosechas, donde el cultivo predominante es el *Zea mays* (morocho), junto como otros cultivos de ciclo corto, como *faba* (habas), *Ullucus tuberosus* (melloco) y *Pisum sativum* (alverja).

Por otro lado, según Vásquez et al. (2018), las milpas no solo proveen alimentos, sino que también son cruciales para la seguridad alimentaria. Este hallazgo se alinea con la situación observada, donde la familia estudiada no solo produce sus propios alimentos, sino que también garantiza la seguridad alimentaria a través de sus parcelas.

**Diagnóstico de frutales:** El diagnóstico de frutales revela, según la (Tabla 2), la presencia de dos tipos de parcelas en el predio. La primera alberga cultivos de *Solanum betaceum* (tomate de árbol), con 117 individuos en aproximadamente 648 m<sup>2</sup>, mientras que la segunda cuenta con alrededor de 45 plantas de *Rubus glaucus* (moras de castilla) en una superficie cercana a los 624 m<sup>2</sup>, resultando en áreas similares para ambos cultivos. Es importante destacar que los individuos de tomate de árbol en la primera parcela están en proceso de crecimiento, ya que fueron recientemente sembrados, a diferencia de las moras de castilla, que tiene aproximadamente 16 años de establecidas.

**Tabla 2.** Diagnóstico Biofísico de frutales.

Código	Fecha	Tipos de frutales	# total de árboles	Área total (m2)
DBAF1	14/03/2023	Tomate de árbol	117	648
DBAF2	14/03/2023	Moras de castilla	45	624

De acuerdo con Morales et al. (2018), la mora es socioeconómicamente relevante en Ecuador debido a su alta productividad en áreas reducidas. Esta fruta se encuentra en zonas agroclimáticas que van desde los 2.000 hasta los 2.800 msnm, con temperaturas entre 12 y 14°C. Por otro lado, según el INIAP (2014), el tomate de árbol requiere condiciones climáticas entre 1.000 y 3.000 msnm, con temperaturas de 14 a 20°C.

El predio de El Manzanal se encuentra a una altitud de 2.875 msnm, con una temperatura promedio de 8 a 10°C, lo que se ajusta a las altitudes mencionadas para ambos cultivos, aunque hay variación en la temperatura debido a la ubicación geográfica. No obstante, las visitas in situ confirman que ambos cultivos tienen altas probabilidades de producción en estas condiciones.

**Diagnóstico de arbustos y árboles:** En el predio existen diversas especies forestales, las cuales se detallan en la (Tabla 3), en donde preexisten siete especies diferentes de árboles y tres especies de arbustos. Entre los árboles, la mayoría son especies maderables forestales como *Myrcianthes rhopaloides* (arrayán), *Inga insignis*

(guaba) y *Eucalyptus globulus* (eucalipto). Entre los arbustos, destaca en cantidad *Euphorbia laurifolia* (lechero), que se utiliza principalmente como lindero.

**Tabla 3.** Diagnóstico de árboles y arbustos existentes.

Código	Fecha	Especie	N. científico	# Total
DBA1	18/03/2023	Arrayán	<i>Myrcianthes sp.</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
DBA10	18/03/2023	Moras de monte	<i>Rubus glaucus</i>	-

Según Muñoz et al. (2013), los árboles comúnmente hallados en altitudes entre 2.600 y 3.200 msnm incluyen *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Prunus serotina* (capulí), *Hesperomeles goudotiana* (cerote), *Hieronyma macrocarpa* (motilón), *Alnus acuminata* (aliso), *Myrcianthes rhopaloides* (arrayán) y *Cinchona pubescens* (cascarilla). La mayoría de estas especies se encuentran en el predio, siendo típicas de las regiones andinas del Ecuador. Sin embargo, en la actualidad, estas especies no tienen un propósito específico más allá de mejorar el paisaje del predio.

**Diagnóstico de animales:** El predio contiene un total de cuatro terneros y dos vaconas como se muestra en la (Tabla 4), todos ellos en fase de crecimiento. Para asegurar su nutrición óptima, es fundamental disponer de espacios apropiados y asegurar la disponibilidad de pasto de calidad para promover su desarrollo adecuado.

**Tabla4.** 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 de las parcelas del productor representa una opción para generar ingresos. Pero al realizar esta investigación se pudo observar que la familia lleva a cabo la cría de ganado a pequeña escala, lo cual implica la necesidad de prestar esencial atención a la alimentación de los animales. Sin embargo, al momento de realizar las entrevistas a la familia existe una discrepancia con los autores, debido a que la familia considera a estos animales como un recurso a recurrir en situaciones de emergencia, mas no lo ven como una fuente de ingresos esencial (venta). Debido a que prefieren centrarse en criarlos adecuadamente para obtener ingresos a través de la venta de leche (aprovechando el periodo de postparto) en lugar de venderlos. Argumentan que los precios en el mercado no son adecuados para esta última alternativa debido a las características de los animales.

## Diagnóstico biofísico 2

**Factores biofísicos del predio:** La parroquia de Caranqui, ubicada en la ciudad de Ibarra, se empleó como punto de referencia para recabar información edafoclimática del predio, utilizando datos del Instituto Geográfico Militar (Tabla 5). Se constató que las comunidades de Caranqui presentan suelos Mollisol, óptimos para la agricultura por su alto contenido de materia orgánica. El clima exhibe temperaturas entre 8 y 10°C, con una precipitación anual de 750 a 1.000 mm, propias de un clima ecuatorial de alta montaña debido a su proximidad a los páramos del cerro Imbabura. La pendiente del terreno es leve y no ejerce una influencia significativa en las áreas de cultivo.

**Tabla 5.** 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%

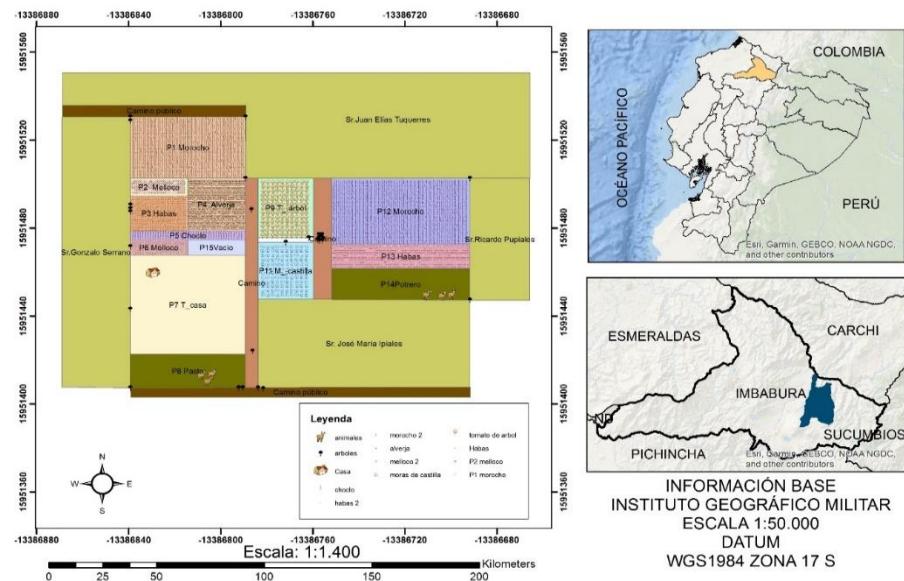
**Nota.** Información base del Instituto Geográfico Militar

Según Farfán (2018), en la región interandina del Ecuador, la temperatura guarda una relación directa con la altitud, fluctuando entre 10 y 16°C en altitudes de 1.500 - 3.000 metros. La precipitación, medida por pluviómetros, oscila entre 700 y 1.500 mm. Estos datos concuerdan con los rangos establecidos en el estudio, dado que Farfán abarca toda la zona interandina, que incluye la provincia de Imbabura. Según Pourrut et al. (1995), el predio exhibe un clima ecuatorial de alta montaña, en línea con los parámetros establecidos, aunque la altitud podría ser ligeramente inferior a los 3.000 msnm.

Como lo menciona Batis et al. (2014), el color del suelo desempeña un papel fundamental en la evaluación de sus propiedades físicas al indicar el contenido de materia orgánica, humus, temperatura y humedad. Esta relación es perceptible cuando el suelo presenta un tono oscuro, como en el caso de los suelos Mollisol del predio, lo que sugiere características físicas sobresalientes, comúnmente denominadas por el propietario como "tierra negra" debido a su coloración.

## Diagnóstico biofísico 3

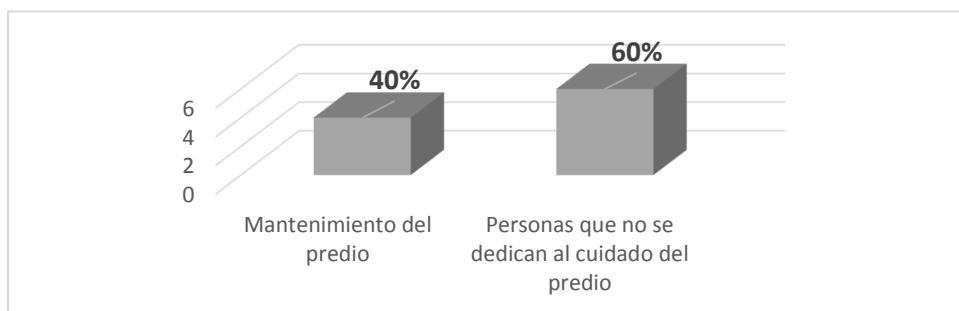
### Croquis



**Figura 1.** Croquis actual del diagnóstico biofísico.

## Diagnóstico Social

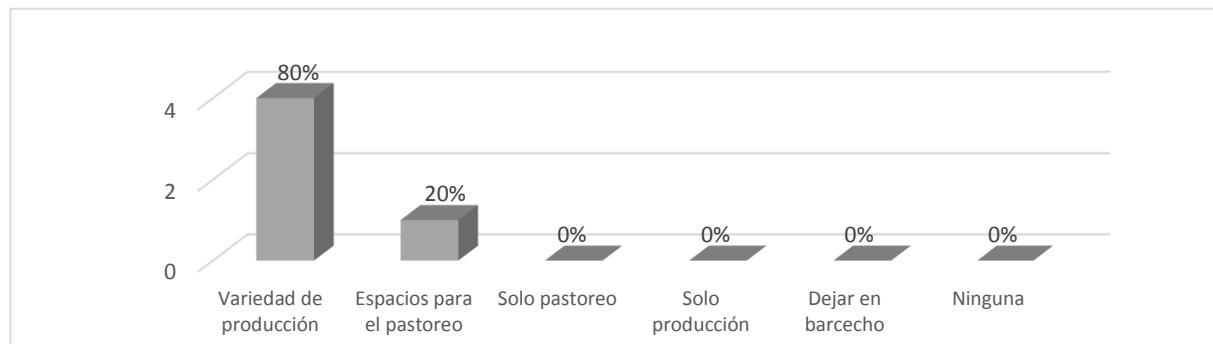
**Composición familiar del propietario del predio:** De acuerdo con la entrevista realizada a la familia Tuquerrez, su composición familiar incluye 3 hijos, 3 hijas, 1 cuñado y 6 nietos menores de edad, abarcando el total del núcleo familiar. Sin embargo, solo el 40% de los miembros, que comprende a la madre, 2 hijas y 1 cuñado, se dedican a las labores de gestión y cuidado del terreno (Figura 2). Los nietos no fueron considerados en este porcentaje debido a su compromiso con los estudios, mientras que los demás miembros de la familia tienen ocupaciones que no están relacionadas con el mantenimiento del predio.



**Figura 2.** Miembros comprometidos con el cuidado del predio.

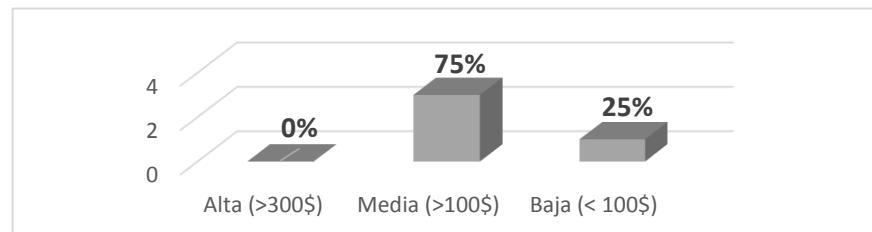
## ¿Cuál es la visión en el futuro de la finca?

El 80% de la familia manifiesta su interés en alcanzar una diversificación en la producción de cultivos (Figura 3), mientras que el 20% restante busca contar con un área apropiada para la cría de ganado. Estos objetivos se establecen con el fin de asegurar un suministro alimenticio tanto para el consumo familiar como para la comercialización.

**Figura 3.** Visión de la finca en un futuro

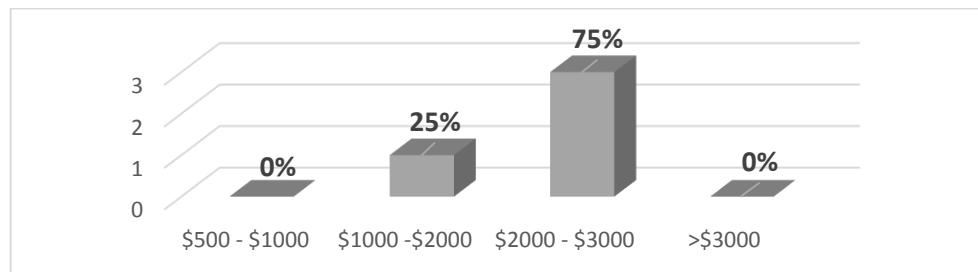
### ¿Cuál es la realidad económica?

Es relevante destacar que el 75% de la familia dispone de un presupuesto medio, superior a los \$100, como se ilustra en la (Figura 4). Estos ingresos principalmente provienen de la venta de productos agrícolas, especialmente de los cultivos de melloco y alverja, que generan mayores ganancias. Por otro lado, el 25% restante de la familia enfrenta una situación económica más precaria, con ingresos inferiores a los \$100. No obstante, están comprometidos a invertir los recursos necesarios para mejorar la producción agrícola.

**Figura 4.** Realidad económica de la familia.

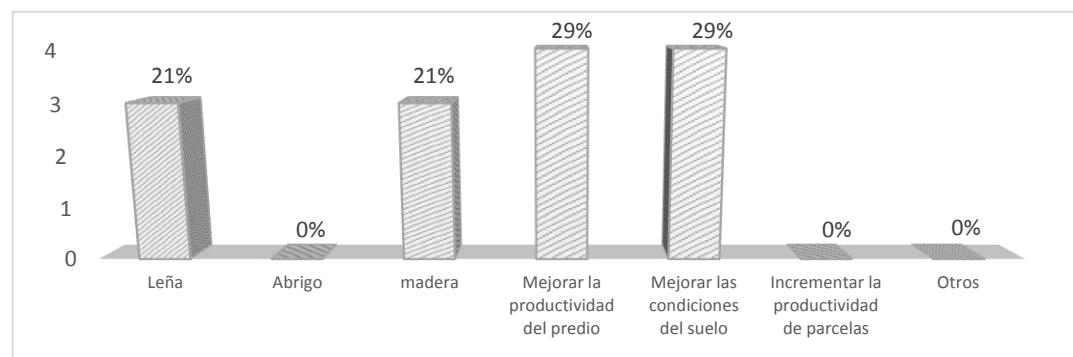
### ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a invertir?

Todos los entrevistados muestran una predisposición a invertir, como se observa en la (Figura 5). En este contexto, el 75% indica su disposición a invertir en una cantidad que oscila entre \$2.000 y \$3.000, mientras que el 25% restante manifiesta su disposición a invertir una cantidad comprendida entre \$1.000 y \$2.000.

**Figura 5.** Inversión económica.

### ¿Qué objetivo desean conseguir con el predio?

El 21% de los participantes persigue primordialmente la obtención de leña y madera, mientras que el 29% busca mejorar y aumentar la productividad del suelo, como se muestra en la (Figura 6). Al identificar estos objetivos, se vuelven críticos para considerar en el diseño agroforestal.



**Figura 6.** Objetivos para el predio.

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

Durante el análisis biofísico del terreno, se identificó una elevada dependencia de agroquímicos, como el herbicida agrícola *Gramoxone*, que contiene 25% de *Paraquat* y 75% de diluyentes, humectantes y estabilizantes. Además, se emplean fertilizantes en un esfuerzo por modernizar las prácticas agrícolas y aumentar los rendimientos, a pesar de los posibles impactos adversos en la salud y el ambiente. De acuerdo a la situación económica, la familia, con ingresos medios y una economía centrada en la agricultura, requiere una mayor inclusión. Según el IICA (2019), lo que podría promover es una agricultura más sofisticada, variada y sostenible en las zonas rurales marginadas.

La familia Tuquerres tiene tres objetivos principales para mejorar su terreno: incrementar la productividad de las parcelas, mejorar la calidad del suelo y obtener recursos maderables. Según Zurimendil et al. (2015), la presencia de árboles de alta calidad conlleva beneficios tanto en términos de productos maderables, como la producción de aserrío y tablones, así como de productos no maderables, como la miel, el forraje y las medicinas. La combinación de especies forestales con cultivos ofrece ventajas ambientales adicionales, incluyendo mejoras paisajísticas, conservación del suelo y captura de carbono y agua.

### Diagnóstico económico

#### Usos de los cultivos

En el análisis económico realizado a la familia (Tabla 6), se observa que la mayoría de los productos cultivados en las distintas parcelas se destinan al consumo alimentario, incluyendo morocho, melloco, alverja, habas y choclo. Sin embargo, se identificaron cinco productos (melloco, alverja, habas, choclo y moras de castilla) que se destinan al comercio y se llevan al mercado más cercano. Estos productos experimentan una demanda significativa en el mercado, lo que resulta en ingresos sustancialmente superiores para la familia. Por lo tanto, la presencia de estos productos es esencial en la finca.

**Tabla 6.** Usos de los cultivos.

Cultivos	Usos
Morochos	Alimenticio
Mellocos	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

Basantes (2015) destaca en su artículo sobre el Manejo de Cultivos Andinos en Ecuador que la alverja, habas, mellocos y choclo son los productos más representativos de la región andina, corroborando lo establecido por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES, 2020).

Se determinó que la alverja es el cultivo que más contribuye a la economía debido a su valor en el mercado local, siendo indispensable en la finca bajo condiciones climáticas favorables. Este hallazgo está respaldado por un estudio realizado por Sotelo (2019), que indica que este cultivo es viable en zonas rurales, ya que su precio mínimo supera los costos de producción, generando así mayores ganancias para los agricultores.

De igual manera Chafla y Quishpe (2021) destacan en su investigación sobre la cadena de valor de la mora de castilla que esta fruta tiene una alta demanda tanto en los mercados locales como nacionales. Esto ha motivado la adopción de técnicas como la poda y el entutorado para aumentar la productividad. La propietaria de la finca está de acuerdo con esta perspectiva, ya que implementa estas técnicas, lo que mantiene a las plantas en un constante estado de floración y, por ende, fructificación, lo que contribuye a los ingresos económicos.

### Gastos de animales

El predio objeto de estudio alberga cuatro terneros y dos vaconas (Tabla 7). Cada uno de estos animales demanda una inversión anual de \$21, que incluye los costos asociados con vacunas, sueros y vitaminas. Por lo tanto, el mantenimiento total de los animales suma un costo de \$126 por año.

**Tabla 7.** Gastos de animales en el predio

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

Según la FAO (2020), en su proyecto de Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI), se ha evidenciado la viabilidad de mejorar la ganadería de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente, mediante la promoción de prácticas adecuadas de manejo de pastizales y la garantía de una alimentación apropiada para el ganado. Sin embargo, en el predio en estudio se observa una situación opuesta en cuanto al manejo adecuado de pastizales, ya que la propietaria menciona que "la hierba se está agotando y que debe comprar este alimento a los vecinos para alimentar a sus animales". Por lo tanto, la implementación de un sistema silvopastoril podría mejorar las condiciones para el ganado y aumentar los ingresos.

### Usos de los arbustos y árboles

Las especies forestales presentes en el predio, no generan ingresos económicos, según lo reportado en la entrevista realizada (Tabla 8). Debido a que en su gran medida son utilizados principalmente como linderos y no reciben ningún manejo silvícola.

**Tabla 8.** Usos de las especies forestales

Espece	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

Campos et al. (2011) explican que el conocimiento tradicional ecológico abarca un conjunto de saberes, prácticas y creencias enfocadas en el ordenamiento de recursos y áreas de cultivo. Esto podría explicar por qué la propietaria no aprovecha las especies presentes en su terreno, ya que, en su conocimiento tradicional, estas especies se utilizan como linderos. Además, Romay (2011) señala que uno de los obstáculos para tener árboles de buena calidad en los linderos es la creencia de que estos pueden reducir la producción agrícola y competir por nutrientes con los cultivos.

Por lo tanto, se propone cambiar esta mentalidad mediante la implementación de un sistema agrosilvícola que integre la práctica en los linderos, seleccionando especies forestales adecuadas que no compitan con los cultivos de ciclo corto. Los indicadores de rentabilidad muestran un Valor Presente Neto (VAN) de \$ 24.337,88, una Tas a Interna de Retorno (TIR) de 43,1% y una relación Beneficio – Costo (B/C) de \$ 2,83. Estos resultados confirman la viabilidad de la implementación de este diseño agroforestal, anticipando una mejora en la situación económica de la familia a mediano y largo plazo.

El análisis del flujo de caja proporcionó un registro de ingresos y egresos relacionados con los sistemas agroforestales, que se extiende desde el período inicial hasta los quince años. Durante este periodo, se alcanza una máxima productividad neta de \$ 10.809,14, ya que el sistema opera en su pleno rendimiento, (Carvajal, 2023). 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, (Mugmal, 2023).

### Propuesta del diseño del sistema agroforestal

Sistema donde se combinan árboles con cultivos agrícolas en el mismo sitio. Es posible asociar cultivos agrícolas, en forma de callejones, entre las hileras de los árboles o estableciéndolos en la colindancia de los bloques de producción de árboles maderables, (Paredes, 2018).

- **Establecer los propósitos:** Los miembros de la familia expresaron sus perspectivas sobre los objetivos futuros para el predio durante la entrevista, coincidiendo en tres de los cuatro propósitos establecidos: mejorar la diversificación de productos, mejorar el suelo e incrementar la productividad de las parcelas existentes
- **Establecimiento de los sistemas y/o prácticas agroforestales:** De acuerdo con los datos recolectados en el campo, se recomienda implementar dos sistemas agroforestales en el predio: el sistema agrosilvícola, que beneficia la producción de cultivos de ciclo corto, y el sistema silvopastoril, especialmente adecuado debido a la presencia de animales bovinos en el predio. Estos sistemas proporcionarán las condiciones óptimas para el desarrollo del ganado y simultáneamente generarán ingresos económicos.

### El sistema agrosilvícola

Se hace referencia principalmente a la integración de árboles y arbustos con cultivos, con el objetivo de lograr rendimientos a corto y largo plazo. Después de llevar a cabo el diagnóstico, la práctica más recomendable para incorporar en el diseño de este sistema son las cercas vivas

- **Práctica de cercas vivas:** Consiste en sembrar árboles en una o varias hileras paralelas a lo largo de todo el perímetro del terreno. La propiedad cuenta con múltiples accesos sin restricciones, lo que ocasiona dificultades. Para abordar esta situación, se implementarán cercas vivas utilizando especies forestales estratégicamente seleccionadas para restringir el acceso de animales y mitigar los impactos adversos.
- **Especies a utilizar:** Es importante considerar que existen dos tipos de cercas: simples (con una sola especie) y mixtas (con varias especies). En este caso, se optará por instalar cercas mixtas utilizando las especies *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, ya que en este punto han desarrollado adecuadamente su sistema radicular, lo que facilita el proceso de trasplante. Durante la siembra, se crearán hoyos con dimensiones de 30x30x30 centímetros, manteniendo un espaciado establecido de 1,5 metros entre cada planta. Es importante señalar que esta práctica implica otras técnicas como la poda superior del árbol, la eliminación drástica de ramas y el raleo.

### 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 del animal, al tiempo que benefician al suelo. La práctica a implementar se ha definido en función de las particularidades y requisitos específicos del predio.

- **Árboles en pasturas:** Esta práctica se fundamenta en establecer una relación simbiótica entre especies arbóreas o leguminosas forrajeras y los pastizales, con el propósito de mejorar su estado mediante el pastoreo selectivo de los animales. A través de esta estrategia, las especies pueden desempeñar diversas funciones en el suelo, como la fijación de nitrógeno, la mejora de su calidad y la diversificación del paisaje.

- **Especies a utilizar:** En la actualidad, los sistemas silvopastoriles desempeñan un papel crucial al mantener una cobertura vegetal continua sobre el suelo, lo que potencialmente conduce a un aumento de la fertilidad a mediano plazo y, simultáneamente, genera ventajas para la producción animal. Este efecto se destaca especialmente cuando se emplean especies leguminosas, cuyas raíces mejoran el suelo mediante la simbiosis con microorganismos llamados micorrizas, capaces de fijar nitrógeno atmosférico en sus raíces. Es por estas características que se ha optado por la especie *Erythrina edulis* (porotón), debido a su valor como forraje y la utilidad de sus frutos tanto para el ganado como para los seres humanos.
- **Técnicas:** Dada la necesidad de enriquecer la dieta animal mediante la expansión de las fuentes de forraje, se procederá a la adquisición de árboles de vivero con una altura de 40 centímetros. Esta decisión se fundamenta en el desarrollo apropiado del sistema radicular en esta etapa. Durante la siembra, se excavarán hoyos de 30x30x30 centímetros, con una separación de 8 metros entre hileras y 10 metros entre cada planta. Se implementarán técnicas de manejo y poda como parte de esta práctica.

## Diseño

Para llevar a cabo la propuesta del diseño agroforestal en el terreno de la familia Tuquerres, se llevó a cabo un exhaustivo diagnóstico biofísico para evaluar todas las características del terreno. Además, se realizó un diagnóstico social y económico para comprender el nivel de vida de la familia. Considerando estas variables, se sugirió la implementación de dos sistemas agroforestales: uno orientado a mejorar la producción de cultivos (sistema agrosilvícola) y otro destinado a mejorar el sector ganadero (sistema silvopastoril). Sistema donde se integran pastos para ganado en una misma unidad de tierra, en asociación con árboles para leña, madera, frutos y forraje, (Paredes, 2018).

En la (Figura 7) se presenta la primera práctica propuesta, que implica la instalación de cercas vivas mixtas. Se recomienda el uso de tres especies: *Alnus acuminata* (aliso), *Buddleja incana* (quishuar) y *Erythrina edulis* (porotón), con un espaciado de 1,5 metros entre cada planta según lo sugerido por Paredes (2021). Para cumplir con estos espaciados en el diseño propuesto, se intercalaron 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 *Erythrina edulis* (porotón). Esto generará una cerca viva alrededor del predio y delimitará adecuadamente la propiedad.

Para la segunda práctica propuesta, se sugiere la integración de árboles en áreas de pastoreo, como se ilustra en la (Figura 7), con el propósito de mejorar el rendimiento del sector ganadero. Se recomienda la especie *Erythrina edulis* (porotón) debido a su valor como forraje y su capacidad de fijación de nitrógeno en el suelo. En el diseño, se estableció un espaciamiento de 8 metros entre hileras y 10 metros entre cada planta. Las especies forestales fueron identificadas y verificadas en los laboratorios en El Herbario de la Universidad Técnica del Norte, cuenta con una amplia base de datos y muestras botánicas, que están siendo usadas para la formación de futuros ingenieros forestales del Ecuador con conocimientos y prácticas de procesos de colecta, montaje e identificación de especies arbóreas (Paredes, 2023).

Es fundamental tener en cuenta que este diseño de siembra se ha concebido considerando los requisitos del pasto, la cual, al estar asociada con esta práctica y pertenecer al grupo de las gramíneas, requiere luz solar para su óptimo crecimiento. Además, respecto a la carga animal, Flores (2015) recomienda un máximo de

tres cabezas por hectárea en la región de la Sierra. Por ende, se debe mantener esta cantidad en la propuesta actual para evitar el sobrepastoreo, dado que actualmente hay seis cabezas de ganado.

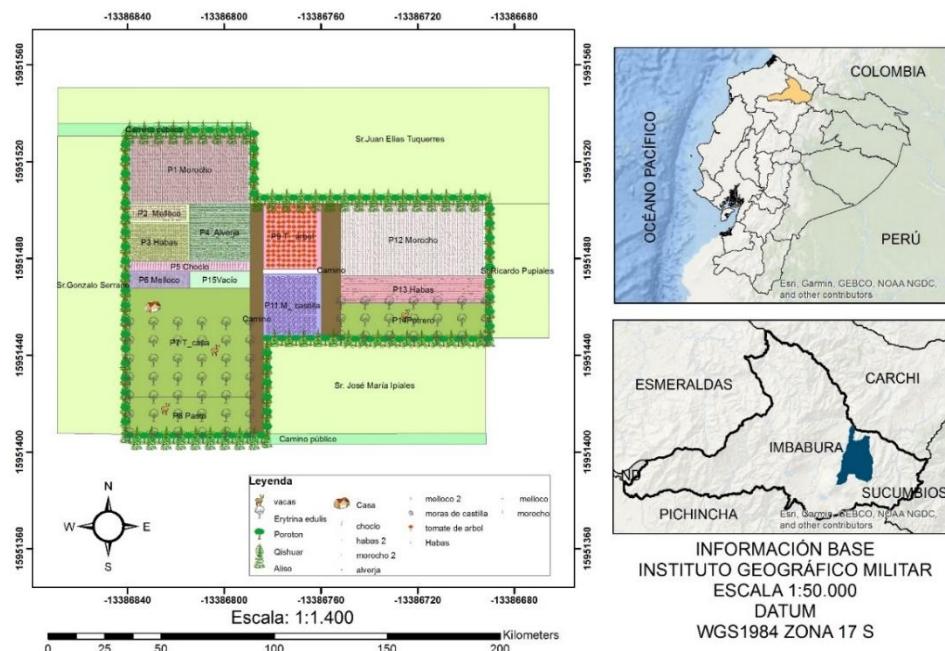


Figura 7. Diseño agroforestal del predio.



Figura 8. Diseño final propuesto para el predio.

El objetivo de este diseño agroforestal es mejorar las condiciones integrales del predio, abarcando aspectos como los cultivos, la calidad del suelo y la producción de madera. Es relevante destacar que los sistemas

agroforestales ofrecen múltiples ventajas, y para establecer un sistema efectivo, es crucial realizar un diagnóstico preciso.

Según Quinde (2017), las cercas vivas suelen estar compuestas por 2 a 5 especies forestales. Las especies arbóreas más frecuentes son *Euphorbia latifolia* (lechero) con una frecuencia del 28,57%, seguidas de *Alnus acuminata* (aliso) y *Prunus serotina* (capulí) con un 14,29% cada una. En cuanto a los cultivos asociados, se sugiere la inclusión de 2 a 4 especies, tales como *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (fréjol), *Vicia faba* (habas), *Lupinus mutabilis* (chocho) y *Cucurbita ficifolia* (zambo).

En este diseño se ha elegido la especie *Alnus acuminata* (aliso) debido a su capacidad, señalada por Granada et al. (1987), para desarrollar nódulos en las raíces que permiten la fijación de nitrógeno atmosférico. Estos nódulos son inducidos por una *Actinomiceta* del género *Frankia*, que coloniza el parénquima cortical de las raíces y promueve la formación de nódulos donde ocurre la fijación.

La incorporación de *Alnus acuminata* en el sistema contribuirá a mejorar la calidad del suelo, lo que beneficiará el crecimiento y la salud de los cultivos. Investigaciones indican que esta especie puede fijar anualmente entre 69 y 320 kg de nitrógeno por hectárea, llegando en ocasiones hasta los 789 kg de nitrógeno en un período de cinco años en condiciones de campo (Molina et al., 2006). Además, el aliso es una especie semicaducifolia, cuyas hojas descompuestas se convierten en una fuente de abono natural con un contenido de nitrógeno entre el 2,4% y 3,3% (Botero y Dussán, 2001). Esto favorecerá una mejor producción, ya que en las zonas rurales suele recurrirse a fertilizantes ricos en N, P y K, mientras que con esta especie se pueden obtener estos nutrientes de manera natural.

La especie *Buddleja incana*, es destacada por su capacidad para generar materia orgánica según Arica (2016), es fundamental. Un estudio en la microcuenca del río Chimborazo revela que esta especie aporta significativamente al suelo con un 91% de materia orgánica y una relación carbono/nitrógeno de 9,6, lo que indica procesos de mineralización (Gómez, 2007). Además, la madera de *Buddleja incana* es de alta calidad y tiene diversos usos, como construcción, herramientas agrícolas, artesanías, leña y carbón de primera calidad. *Erythrina edulis* ofrece una variedad de beneficios. Según Cárdenas (2012), esta especie tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo a través de la formación de nódulos en sus raíces, donde residen bacterias *Rhizobium* que se asocian con la planta para aprovechar el nitrógeno del aire y mejorar la fertilidad del suelo. Basándose en la investigación mencionada, el uso de esta especie puede contribuir a mejorar las condiciones del suelo y proporcionar una alternativa para obtener recursos no maderables, como la producción de miel de alta calidad, que puede ser comercializada mientras se espera el aprovechamiento de los árboles.

Para alcanzar una implementación efectiva de las cercas vivas mixtas con las tres especies forestales mencionadas, González y Camacho (1995) resaltan una serie de consideraciones técnicas. Estas abarcan la adquisición de árboles en viveros con una altura de 20 o 30 centímetros, así como la aplicación de la estrategia de gestión denominada "rodajales", que implica la creación de un círculo de un metro de diámetro alrededor de cada árbol para mantener el entorno limpio. Además, se sugiere llevar a cabo chapeos (eliminación de maleza) y podas alrededor de los dos años de edad de las especies plantadas.

En el caso del sistema silvopastoril, la especie *Erythrina edulis* (porotón) responde de manera positiva a las podas intensivas, lo que previene que el crecimiento del pasto se vea afectado por la sombra. Además, al ser asociada con el ganado, estos realizan un ramoneo excesivo en los rebrotes de la corteza del porotón, lo que incrementa la alimentación del ganado. Por este motivo, el diseño del sistema en pasturas contempla un espaciamiento de 8 metros entre hileras y una distancia de 10 metros entre plantas, facilitando la entrada de

luz solar y mejorando la calidad del pasto. Como resultado, se obtienen productos de calidad derivados de los animales.

Además, los animales contarán con una alimentación balanceada, dado que, al consumir las hojas de los árboles, estas contienen un 24% de proteína, 29% de fibra cruda y 21% de hidratos de carbono (Iniciarte et al., 2015). Es importante destacar que investigaciones han determinado que una vaca con acceso a sombra y temperatura corporal adecuada consume un 13% más en un día en comparación con aquellas que tienen una temperatura corporal elevada debido a la falta de sombra (Payne, 2013).

Las técnicas juegan un papel crucial en el establecimiento eficaz de asociaciones entre árboles y pasturas, según las directrices del IICA (2016) y Csasola et al. (2005). Estas incluyen adquirir árboles de vivero con una altura de 40 centímetros, instalar cercas ligeras para proteger los árboles hasta que alcancen la madurez para el pastoreo, realizar control de maleza alrededor de cada árbol y comenzar la poda a los 18 meses después de la siembra para promover la producción de forraje y reducir la sombra. Además, se recomienda realizar un raleo cuando los árboles alcancen una altura de 7 a 9 metros para mejorar la disponibilidad de recursos en el suelo.

Con respecto a la presencia del ganado, se recomienda realizar la corta de pastos para reducir la presencia de animales en las áreas donde se han plantado los árboles (mediante la utilización de estacas para atar a los animales), con el fin de controlar su movimiento e incentivar a que se alimenten fuera de dicha zona.

Finalmente, la incorporación de árboles fijadores de nitrógeno (AFN) en este diseño agroforestal conlleva diversas ventajas, como indican Botero y Russo (2002). Estas incluyen un aumento en la concentración de nitrógeno en el suelo, dado que los AFN tienen la capacidad de capturar este elemento a través de una simbiosis con bacterias presentes en sus raíces. Además, contribuyen a mejorar las propiedades físicas del suelo, como la porosidad y la densidad, y generan un microclima beneficioso para los animales. También facilitan el ciclaje de nutrientes mediante la descomposición de restos de cultivos agrícolas, forrajes, desechos orgánicos y heces de los animales.

En relación con la competencia por nutrientes, esta problemática puede surgir cuando los cultivos agrícolas y los AFN tienen requerimientos similares. Sin embargo, esta competencia puede mitigarse mediante la caída natural de las hojas y la realización de podas, lo cual contribuye al mantenimiento de un equilibrio adecuado entre el suministro de agua, luz y nutrientes para todos los componentes del sistema. Por lo tanto, es crucial seleccionar cuidadosamente las especies apropiadas y aplicar las técnicas correspondientes para cada una de ellas, dado que esto determinará el funcionamiento óptimo del sistema agroforestal propuesto.

## Conclusiones

Al implementar la metodología de Somarriba para diagnóstico y diseño agroforestal (D&D), se comprobó que el predio evaluado cumple con todos los requisitos necesarios para proponer 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 *Erythrina edulis*, las cuales son reconocidas por su capacidad de fijación de nitrógeno y contribución significativa a la generación de materia orgánica al suelo.

Se implementa un sistema silvopastoril que incorpora la práctica de árboles en pasturas, utilizando la especies *Erythrina edulis*, misma que aportará nitrógeno al suelo, además de servir como fuente de forraje para la adecuada alimentación de los animales en los espacios designados.

### Recomendación

Se sugiere la implementación y gestión del sistema agroforestal propuesto, incluyendo un monitoreo constante y ajustarlo según las condiciones cambiantes del entorno con el fin de maximizar su potencial productivo y ambiental.

Se recomienda realizar capacitaciones al personal involucrado del predio en estudio, con el afán de fortalecer sus habilidades y destrezas vinculadas a la agricultura y a la gestión de especies forestales, con el propósito de garantizar la ejecución exitosa de los sistemas propuestos.

### Agradecimientos

A la comunidad andina Quichua de El Manzanal, perteneciente a la parroquia de Caranqui, en el cantón Ibarra, provincial de Imbabura, en Ecuador. De manera especial a la familia de la Sra. Zoila Tuquerres, y a todos quienes contribuyeron con información oral, mostrando así su generosidad de compartir su conocimiento ancestral.

### Referencias

- Arévalo, L. (s.f.). *INIA. Obtenido de Definición y clasificación de sistemas agroforestales:* <https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-i4/inia-i4-02.htm#TopOfPage>
- 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>
- 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>
- Basantes, M. (Junio de 2015). *Repositorio ESPE.* Recuperado el 18 de Agosto de 2023, de Manejo de cultivos andinos del Ecuador: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.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>
- 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](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/6012/1/TDUEX_2017_Benitez_Bastidas.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>
- Botero, C., & Dussán, J. (2001). Recuperado el 28 de Junio de 2023, de La mazorización del aliso (*Alnus acuminata*) H.B.K. subsp. *acuminata* Con suelos nativos y su influencia sobre el crecimiento:

- file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/cariassanchez,+329597-Texto+del+art%C3%ADculo-134712-1-10-20171109\_compressed.pdf
- Campos, M., Velásquez, A., Bocco, G., & Santander, Á. (Enero de 2011). *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](https://www.researchgate.net/publication/235334128_Rural_People's_Knowledge_and_Perception_of_Landscape_A_Case_Study_From_the_Mexican_Pacific_Coast)
- 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](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)
- Carvajal Benavides, J. G., Paredes Rodríguez, H. O., Rosales Enríquez, O. A., Mugmal Farinango, Y. C., Layana Bajaña, E. M., & Varela Molina, E. M. (2023). Análisis de rentabilidad de un modelo agroforestal tradicional, en La Comunidad Quichua El Manzanal, Ibarra - Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(7), 238–253. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.934>
- 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>
- 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>
- Comisión Forestal Nacional . (2012). Obtenido de Estrategia Nacional de Agrosilvicultura: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/5/4151Estrategia%20Nacional%20de%20Agrosilvicultura.pdf>
- 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](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)
- 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/fao-stories/article/es/c/1276875/>
- Flores, M. (15 de Diciembre de 2015). *Repositorio USFQ*. Recuperado el 24 de Junio de 2023, de Evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (*Bos taurus*) en Machachi, Pichincha: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5041/1/122435.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&tlang=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-40182012000100007&lng=es&nrm=iso&tlang=en)
- 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](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2871/Linderos_maderables.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Granada, E., Amezquita, 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
- IICA. (Noviembre de 2016). *Biopasos*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2023, de Establecimiento y uso de Sistemas Silvopastoriles en República Dominicana: <https://www.biopasos.com/documentos/086.pdf>
- 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](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)
- Leyva, T., Vázquez, P., Bezerra, C., & Formighieri, G. (Agosto de 2020). *Scielo*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México: <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n50/1405-2768-polib-50-279.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>
- 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>
- Moreira, D., & Castro, C. (2017). *IICA*. Obtenido de Sistemas agroforestales Adaptación y mitigación en la producción de banano y cacao: [https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3049/BVE17068963e.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20sistemas%20agroforestales%20\(SAF\)%20son,%2D%20ci%C3%B3n%20sosteniblemente%20\(SAGARPA%20s.%20f.\)](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3049/BVE17068963e.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Los%20sistemas%20agroforestales%20(SAF)%20son,%2D%20ci%C3%B3n%20sosteniblemente%20(SAGARPA%20s.%20f.))
- 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](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902006000100005)
- Mugmal Farinango, Y. C. (2023). *Diseño de un sistema agroforestal, en la comunidad quichua Caranqui del manzanal, Imbabura* (Bachelor's thesis). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15315/2/03%20FOR%20373%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- 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>
- 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/>
- Paredes, H., Chagna, E., Carvajal, J., & Yépez, R. (2018). Sistemas agroforestales para la implementación de sistemas agroforestales en la provincia de Imbabura. *Ibarra, Ecuador*. <https://issuu.com/utnuniversity/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 Multidisciplinaria*, 7(3), 1167-1184. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6262](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6262)
- Paredes, H. (2021). *CONGOPE*. Recuperado el 24 de Junio de 2023, de Plan de forestación y reforestación de la provincia de Imbabura: <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/CONGOPE%20PLAN%20FORESTAL.pdf>
- 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>
- 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/ex1-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/divers2/010014827.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/ex1-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014827.pdf)
- Quinde, M. (2017). *Repositorio utn*. Recuperado el 25 de Junio de 2023, de Caracterización de sistemas agroforestales tradicionales en la parroquia de San Pablo del Lago, provincia de Imbabura, Ecuador: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7444/1/03%20FOR%2020262%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Ramírez, L., Alvarado, A., Pujol, R., McHugh, A., & Brenes, G. (2008). Indicadores para estimar la sostenibilidad agrícola de la Cuenca media del río Reventado, Catago, Costa Rica. *Redalyc*, 1-4. Recuperado el 11 de Marzo de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43632206>
- 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](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892011000200002&lng=es&nrm=iso)
- 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](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3922/1/20061127165944_Produccion%20ganadera%20sostenible%20silvopastoreo.pdf)
- Somarriba, E. (2009). *Planificación Agroforestal De Fincas*. Turrialba: CATIE. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/324263337\\_Planificacion\\_agroforestal\\_de\\_fincas](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>
- Vásquez, A., Mejía, C., Herrera, F., & Mélendez, 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/>
- 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](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400010)