



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTAL**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

TEMA:

“Evaluación de sostenibilidad de tres sistemas agro silvícolas asociadas con *Coffea arabica* y calidad de café, en la provincia de Imbabura”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingenieros Forestales

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario forestal sostenible

Autor: Ayala Echeverria Kevin Saith
Torres Ruiz Kelly Yeseña

Director: Ing. Mario José Añazco Romero PhD.

Ibarra-mayo-2025



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA 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:	1004440788 1004615694		
APELLIDOS Y NOMBRES	Ayala Echeverría Kevin Saith Torrez Ruiz Kelly Yeseña		
DIRECCIÓN:	Juan de Salinas y Cristóbal Colón Río Amazonas y Río Mira		
EMAIL:	ksayalae@utn.edu.ec kytorresr@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0992577048 0962729324

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de sostenibilidad de tres sistemas agro silvícolas asociadas con <i>Coffea arabica</i> y calidad de café, en la provincia de Imbabura
AUTORES	Ayala Echeverría Kevin Saith Torrez Ruiz Kelly Yeseña
FECHA: AAMMDD	2025/mayo/05
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros Forestales
DIRECTOR:	Ing. Mario José Añazco Romero PhD.

CONSTANCIAS

Los autores manifiestan 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 son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 5 días del mes de mayo de 2025.

LOS AUTORES:

.....

.....

Nombre: Kevin Saith Ayala Echeverría

Nombre: Kelly Yeseña Torres Ruiz



CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 05 de mayo de 2025

Ing. Mario José Añazco Romero PhD.

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. Mario José Añazco Romero PhD.
C.C.: 0701574329



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular "Evaluación de sostenibilidad de tres sistemas agro silvícolas asociadas con *Coffea arabica* y calidad de café, en la provincia de Imbabura" elaborado por Ayala Echeverría Kevin Saith, Torres Ruiz Kelly Yeseña, previo a la obtención del título del, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

.....
Ing. Mario José Añezco Romero PhD.
C.C.:0701574329

.....
Ing. Guillermo David Varela Jácome MsC.
C.C.: 1003648712



DEDICATORIA

La presente investigación es dedicada a toda mi familia que fue el sostén motivacional, aquellas personas que brindaron el gran apoyo en el transcurso de esta etapa académica e inicio de la vida profesional y a Dios por brindarme esta bendición.

Saith

A mi querida Angie Gabriela Maiquez Torres, por ser mi inspiración y motivación para poder cumplir cada una de mis metas, incluyendo la de formación académica. A Dios, a mis padres, hermanos y amigos, que de una u otra manera han estado conmigo apoyándome y motivándome.

Con cariño,

Kelly.



AGRADECIMIENTO

Brindamos un extenso agradecimiento a nuestro director y asesor, cuyos consejos y seguimiento han permitido el éxito de este trabajo. A quienes conforman Hostería Cananvalle, por su generosa apertura al desarrollo de la investigación, compartiendo conocimiento y ciencia en el campo y al personal docente de la carrera de Ingeniería Forestal, al impartir las bases que sirvieron de guía en el desarrollo de nuestra formación académica.



RESUMEN

El estudio sobre la sostenibilidad en sistemas agro-silvícolas asociados con *Coffea arabica* en Imbabura es limitado y los caficultores priorizan la producción sin considerar la calidad. Ante esta problemática, se evaluó la sostenibilidad y calidad de café en taza de tres sistemas del cantón Ibarra. Para el estudio se realizó una caracterización de cada sistema, según cuatro criterios: socioeconómico, ecológico, estructural y funcional. Un análisis financiero (VAN, TIR, B/C y VET), un análisis ecológico: suelo (Propiedades químicas-físicas); biodiversidad (aves, insectos y mamíferos); microclima (humedad relativa y temperatura); y finalmente, se realizó la evaluación de calidad de café en taza (cata). Dando como resultados que, a pesar de algunas diferencias estructurales existen interacciones ecológicas mutualistas y un gran potencial productivo maderable y no maderable, lo que contribuye a mejorar la rentabilidad financiera, la cual es más evidente en los dos sistemas agro silvícolas ubicadas en la Hostería Cananvalle debido a su mayor control en la cadena productiva. Mientras que, el análisis ecológico en los tres sistemas estudiados han demostrado resiliencia ante los consecuencia de la variación climática, en el tiempo evaluado, al presentarse propiedades físicas-químicas adecuadas que permitieron que en los sistemas haya una producción continua, una riqueza media predominante de biodiversidad, y un microclima constante que ha favorecido al cultivo perenne, no solo en productividad, sino también, en calidad, la cual se evidencia con los resultados positivos de la cata, en este sentido se observa una relación entre sostenibilidad y calidad en los sistemas de la Hostería Cananvalle.

Palabras clave: Agroforestería, calidad, sostenibilidad, procesos, evaluación, análisis, social, ecológico, económico.



ABSTRACT

The study on sustainability in agro-forestry systems associated with *Coffea arabica* in Imbabura is limited and coffee growers prioritize production without considering quality. In view of this problem, the sustainability and quality of coffee in cup of three systems in the canton of Ibarra was evaluated. Each system was characterized according to four criteria: socioeconomic, ecological, structural and functional. A financial analysis (NPV, IRR, B/C and TEV), an ecological analysis: soil (chemical-physical properties); biodiversity (birds, insects and mammals); microclimate (relative humidity and temperature); and finally, the evaluation of coffee cup quality (cupping) was carried out. The results show that, in spite of some structural differences, there are mutual ecological interactions and a great timber and non-timber productive potential, which contributes to improve financial profitability, which is more evident in the two agroforestry systems located in the Hostería Cananvalle due to its greater control in the productive chain. Meanwhile, the ecological analysis in the three systems studied have demonstrated resilience to the consequences of climatic variation, in the time evaluated, by presenting adequate physical-chemical properties that allowed the systems to have a continuous production, a predominant average richness of biodiversity, and a constant microclimate that has favored the perennial crop, not only in productivity, but also in quality, which is evidenced by the positive results of the tasting, in this sense a relationship between sustainability and quality is observed in the systems of the Hosteria Cananvalle.

Key words: Agroforestry, quality, sustainability, processes, evaluation, analysis, social, ecological, economic.



LISTA DE SIGLAS

FAO: Food and Agriculture Organization

SCAA: Speciality Coffee Association

CENICAFE: Centro Nacional de Investigación del Café. (Colombia)

SAF: Sistema Agroforestal

PFNM: Productos forestales no maderables

ISO: Organización Internacional de Estandarización

AMUCAFE: Alianza de Mujeres en Café (Honduras)

UTM: Universal Transversal de Mercator

ICAFE: Instituto del Café en Costa Rica

SCA: Specially Coffe Association



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR	3
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	15
Problema de investigación	16
Formulación del problema de investigación.	17
Justificación	18
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Preguntas directrices	19
CAPITULO I	20
MARCO TEÓRICO	20
1.1 Sostenibilidad	20
1.2 Agroforestería	22
<i>1.2.1 Biodiversidad en sistemas agroforestales</i>	23
<i>1.2.2 La Agroforestería y el Microclima</i>	23
<i>1.2.3 Caracterización de sistemas agroforestales</i>	24
<i>1.2.4 Agroforestería en el Ecuador</i>	24
<i>1.2.5 Coffea arábica L. en sistemas agroforestales en Ecuador</i>	24
1.3 Importancia de la calidad de café	25
<i>1.3.1 Calidad de taza</i>	26
1.4. Estudios previos sobre sostenibilidad en sistemas agroforestales	26
CAPITULO II	28
MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios	28



2.2 Ubicación del lugar	28
2.2.1. Política	28
2.2.2. Geografía del sitio investigación: coordenadas y mapa	28
2.2.2. Límites	30
2.3. Caracterización edafoclimática del lugar	31
2.3.1. Suelo	31
2.3.2. Clima	31
2.4. Materiales, equipo y software	32
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.	32
2.5.1. Universo-población.	32
2.5.2. Tamaño de la muestra	32
2.5.3. Muestreo	35
2.5.4. Trabajo en campo y gabinete.	35
2.6. Variables	35
2.6.1. Caracterización de los sistemas agro-silvícolas en tres sitios localizados en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.	35
2.6.1.1. Criterio socioeconómico.	36
2.6.1.2. Criterio ecológico.	36
2.6.1.3. Criterio funcional.	36
2.6.1.4. Criterio estructural.	36
2.6.2. Análisis de la rentabilidad financiera de los tres sitios en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.	37
2.6.3 Análisis ecológico de los tres sistemas agro-silvícolas.	38
2.6.4. Determinación de la calidad de café de los tres sistemas agro-silvícolas a estudiar.	40
CAPÍTULO III	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. Caracterización de los sistemas agro-silvícolas en tres sitios localizados en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.	46
3.1.1. Criterio socioeconómico.	46
3.1.2. Criterio Ecológico	53
3.1.3. Criterio Funcional	56
3.1.4. Criterio Estructural	61
3.2. Análisis de la rentabilidad financiera de los tres sitios en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.	64



3.3 Análisis ecológico de los tres sistemas agro-silvícolas	66
3.3.1 Suelo	66
3.3.2 Microclima	69
3.3.3 Biodiversidad	72
3.4. Calidad de café de los tres sistemas agro-silvícolas a estudiar	75
Capitulo IV	79
Conclusiones y recomendaciones	79
4.1. Conclusiones.....	79
4.2. Recomendaciones.....	80
Referencias bibliográficas	81
Anexos.....	92



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales, equipos y software.	32
Tabla 2 Factores ponderados.....	33
Tabla 3 Muestras de plantas de café.	35
Tabla 4 Rango de valores e interpretación de cada índice de biodiversidad.	39
Tabla 5 Factores ponderados dimensión social.....	43
Tabla 6 Factores ponderados dimensión económica-financiera.	44
Tabla 7 Factores ponderados dimensión ecológica-ambiental.	44
Tabla 8 Resumen de puntajes por dimensión y calidad.	45
Tabla 9 Rango etario de personas que realizan actividades en los sistemas.	48
Tabla 10 Modalidad de trabajo de las personas que realizan actividades en los sistemas.....	50
Tabla 11 Nombres comunes y científicos de las componentes vegetales registradas con sus interacciones mutualistas.	54
Tabla 12 Potencial de productos en los sistemas agro-silvícolas, de acuerdo con las tecnologías agroforestales.	59
Tabla 13 Tecnologías identificadas, disposiciones y componentes vegetales identificados en los tres sistemas agro-silvícolas.	62
Tabla 14 Especies de los componentes vegetales que comprenden las tecnologías identificadas en los sistemas agro-silvícolas.....	63
Tabla 15 Indicadores financieros.	65
Tabla 16 Resumen de análisis de suelo.....	67
Tabla 17 Resumen de variables micro climáticas dentro y fuera de los tres sistemas agro-silvícolas.	69
Tabla 18 Índices de biodiversidad de aves en los tres sistemas agro-silvícolas.	73
Tabla 19 Índices de biodiversidad de insectos en los tres sistemas agro-silvícolas.	73
Tabla 20 Índices de biodiversidad de mamíferos en los tres sistemas agro-silvícolas.	74
Tabla 21 Resultados de cata de las muestras de café seleccionadas.	75
Tabla 22 Cuadro de interpretación de puntajes.....	76



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del sistema agro-silvícola Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies).....	29
Figura 2 Mapa de ubicación de sistema agro silvícola Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.).....	30
Figura 3 Mapa de ubicación de sistema agro silvícola Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies).....	30
Figura 4 Procesos para mejorar la calidad en taza del café.	40
Figura 5 Tipos de proyectos y origen de creación de los sistemas agro-silvícolas estudiados.	46
Figura 6 Genero de las personas que realizan actividades en los sistemas.....	49
Figura 7 Tipo de productos aprovechados.	52
Figura 8 Uso de los productos.	53
Figura 9 Registro de integraciones mutualistas entre especies vegetales y macrofauna observadas en los tres sistemas.	55
Figura 10 Medias de Humedad relativa de los tres sistemas agro-silvícolas durante el periodo noviembre 2023 y junio 2024.	70
Figura 11 Medias de temperatura de los tres sistemas agro-silvícolas durante el periodo noviembre 2023 y junio 2024.	71
Figura 12 Relación entre las Dimensiones de Sostenibilidad y Calidad en los Sistemas Agro-silvícolas Estudiados.....	77



INTRODUCCIÓN

El concepto de sostenibilidad ha sido objeto de debate durante siglos, la FAO (2013) destaca a Hans Carl von Carlowitz como el pionero en definirlo en 1713, quien, preocupado por la disminución de la producción de madera, propuso en su obra “Sylvicultura oeconomica” la necesidad de un plan de ordenación forestal para asegurar una fuente de ingresos constantes y un mayor abastecimiento de recursos forestales maderables. En este contexto, Carlowitz creó el término sostenibilidad, a partir de la palabra alemana “nachhaltig”, que significa “sostenible” “duradero” o “que se mantiene”.

La difusión de este concepto a nivel mundial permitió la creación de organizaciones que promovieron su aplicación en diversos ámbitos. En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas se refiere a la sostenibilidad como una estrategia clave frente a la variabilidad climática y para garantizar el uso adecuado de los recursos naturales, sin perjudicar a las futuras generaciones de beneficiarse de los mismos (Zarta, 2018).

Dentro de las estrategias para promover la sostenibilidad, la agroforestería emerge como una alternativa interesante, aprovechando el espacio de la tierra para establecer interacciones económicas y biológicas que promuevan una mayor sostenibilidad. El desarrollo sostenible hace referencia a mejorar el bienestar social a través del incremento económico (Gallopín, 2003).

La sostenibilidad en la agroforestería ha cobrado relevancia también en el cultivo de café. Tigroso, (2021) señala que los indicadores, índices y técnicas para evaluarla deben acoplarse a realidades particulares. En este sentido, Jeezer y Verweji, (2015) sugieren que la plantación de árboles de sombra es una estrategia sostenible y económicamente viable, permitiendo a los pequeños productores de café enfrentar problemáticas ambientales y tecnológicas, especialmente cuando tienen un acceso limitado a recursos.

En este sentido, la plantación de *Coffea arabica* L. en sistemas agro-silvícolas ha demostrado una buena adaptación, beneficiándose en varios aspectos. Entre ellos, se destaca el aumento en el tamaño de la drupa del café y la mejora de sus características organolépticas, lo que se traduce en una bebida especial con estándar de calidad alto (Muñoz *et al.*, 2021), la cual aumenta a mayor altitud (Duicela *et al.*, 2017), gracias a las condiciones micro climáticas y edáficas de estos sistemas. Además, la interacción entre especies leñosas y no leñosas favorece



el reciclaje de nutrientes, incrementando la riqueza del suelo y reduciendo el agotamiento vegetal (Vargas *et al.*, 2022).

Estos beneficios no solo impactan en la producción y atributos, sino que también influyen directamente en su valor del mercado. Para obtener una bebida de alta calidad, es fundamental que el caficultor implemente prácticas adecuadas en el transcurso de la cadena productiva, lo que permite obtener un producto de mayor valor (Osorio, 2021) teniendo en cuenta que para ser considerado que es de calidad hay que someterlo a un proceso de evaluación estandarizado internacionalmente como lo es el propuesto por SCA (Specially Coffe Assosiation) mediante el uso sus protocolos, esto en consecuencia, genera ingresos significativos (Farfán, 2014). En este sentido, el cultivo de *Coffea arabica* L. en un sistema agroforestal no solo aporta ventajas ecológicas, sino que también contribuye a la economía de los productores (DaMatta, F & Rodríguez, 2007). A su vez, crea una oportunidad para acceder a mercados que valoren la calidad bajo procesos sostenibles (Jeezer y Verweji, 2015).

No obstante, los sistemas agroforestales deben ser manejados cuidadosamente para evitar efectos adversos. Muschler, (1997) indica que la exposición excesiva a la temperatura y los vientos puede reducir la producción de café, mientras que un uso inapropiado de sombra puede aumentar la susceptibilidad a ataques de hongos. Por ello, es esencial seleccionar adecuadamente las especies leñosas que acompañarán al café. Miguel *et al.*, (1995) señalan que tomar en cuenta el sistema radicular de los árboles, reduce la competencia por nutrientes, incrementa la retención de agua en el suelo, garantizando la productividad del cafeto.

Problema de investigación

Problemática a investigar.

En Imbabura, se evidencia una falta de percepción sobre la importancia del análisis de sostenibilidad en sistemas agroforestales. Esta carencia ha dado lugar a prácticas agrícolas no sostenibles, contribuyendo a la degradación del medio ambiente. Aunque existen varios estudios que resaltan la agroforestería como un enfoque crucial para la producción agrícola sostenible, los caficultores muestran escaso interés en llevar a cabo evaluaciones ambientales y comprender los beneficios sociales asociados con la toma de disposiciones informadas para el adecuado manejo de sus cultivos.

Este desconocimiento ha llevado al uso excesivo de agroquímicos, generando el debilitamiento de recursos naturales, la reducción de biodiversidad, la degradación del suelo y otros impactos negativos que afectan tanto la productividad como el equilibrio ecológico. La



falta de prácticas adecuadas en los sistemas productivos reduce la importancia de los atributos y cualidades del producto final. Este fenómeno carece de relevancia en Imbabura, ya que la mayoría de los caficultores buscan maximizar la cantidad de productos para recuperar la inversión con un margen de ganancia, sin considerar en gran medida la calidad.

La demanda local se orienta hacia la obtención de mayor cantidad de productos, y hay poco interés en consumir café de alta calidad. Esta situación se relaciona con un problema de desconocimiento, y el grupo de personas que aprecia un café con buenas características organolépticas es reducido. Aquellos que pueden reconocer estas características prefieren consumir café de marcas exportadas o de otras provincias, como Loja.

Aunque el café en Ecuador ha tenido impactos significativos en la economía del país, siendo el tercer mayor ingreso agrícola, los elevados costos de producción para la integración en el mercado internacional y la preferencia por el café industrializado de menor calidad han debilitado la cultura cafetalera en Ecuador. Esto ha llevado a una importante industria que procesa café para convertirlo en soluble, siendo el 90% de la materia prima procesada importada. Esto ha generado un desinterés en inversión para mejorar la calidad del café proveniente en sistemas agroforestales, considerándolo como un ingreso secundario o para consumo familiar.

A pesar de que la agroforestería se presenta como una alternativa, su desarrollo tecnológico e investigativo es lento y precario en el país. La aplicación correcta de esta es limitada, ya que la difusión de información no llega a la mayoría de los productores campesinos. Además, innovar en una cultura tradicional resulta difícil, contribuyendo al escaso conocimiento de la relevancia del análisis de sostenibilidad en sistemas agro silvícolas asociadas con *Coffea arabica* L. y sus diferentes variedades, así como su influencia en la calidad del café. Estas razones resaltan la limitada investigación sobre la relación entre sostenibilidad y calidad en el café de altura, especialmente sobre los 2.000 metros sobre el nivel del mar, en Ecuador.

Formulación del problema de investigación.

¿Cuáles son los aspectos importantes que impactan la sostenibilidad de cada uno de los sistemas agro silvícolas asociadas con *Coffea arábica* L. en los sistemas evaluados?

¿De qué manera se relaciona la sostenibilidad y la calidad de café en los sistemas agro silvícolas evaluadas?



Justificación

La evaluación de sostenibilidad de sistemas agro-silvícolas asociados con *Coffea arabica* y calidad de café en la provincia de Imbabura, permitirá ampliar la información acerca de un uso adecuado de los recursos naturales y procesos orientados a mejorar la calidad de la bebida, Esto contribuirá a que los agricultores alcancen un crecimiento económico, fomenten el desarrollo social y adopten prácticas con responsabilidad ambiental, garantizando así la preservación de los sistemas.

En este contexto, al finalizar la fase de estudio, los administradores de los predios podrán tomar decisiones a partir de los resultados de la investigación. El análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo les permitirá identificar posibles deficiencias nutricionales, así como su capacidad para favorecer el crecimiento de las plantas, el adecuado tránsito de agua y nutrientes para ajustar las prácticas de manejo, el estudio de rentabilidad financiera les ayudara a conocer si su proyecto es viable y que acciones pueden adoptar para promoverla.

El Ecuador, gracias a su diversidad climática y a su biodiversidad, es un país adecuado para el cultivo de café en diversas provincias. Sin embargo, a pesar de su potencial, se comercializa más de forma soluble (Perfect Daily Grind, 2024). Según el Banco Central del Ecuador, en los primeros tres meses del 2024 se exportaron 3,5 toneladas de café, lo que representó ingresos de 32,4 millones de dólares (Banco Central del Ecuador, 2024).

Por ello el estudio también busca fomentar una cultura de consumo de café de especialidad, el cual además de un buen sabor tiene beneficios en la salud, siendo el más destacado el de generar un cambio positivo en el estado del ánimo, disminuir el cansancio (Carrillo, Ramírez, & Magaña, 2013), y mejorías en el sistema digestivo (Preddy, 2014).

En la provincia de Imbabura, la falta de información técnica sobre el manejo del cultivo de café enfocado en la mejora de la calidad es un obstáculo clave. Además, el uso excesivo e inadecuado de insumos químicos, originado por la desinformación, ha llevado a muchos agricultores a creer que una mayor aplicación de estos insumos incrementará el rendimiento del cultivo. Esta práctica no solo afecta negativamente el ecosistema, sino que afecta su economía.

A esta situación se suman otros problemas recurrentes, como el abandono progresivo de los sistemas agroforestales, la deficiencia en el acceso y manejo del riego, el descuido en la cosecha, que provoca que los frutos permanezcan demasiado tiempo en la planta hasta deteriorarse. Estos factores limitan significativamente el aprovechamiento del potencial



productivo del café y afectan la sostenibilidad del sistema en su conjunto.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad de tres sistemas agro silvícolas asociadas con *Coffea arabica* y calidad del café en la provincia de Imbabura.

Objetivos específicos

- Caracterizar los sistemas agro-silvícolas en tres sitios localizados en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.
- Analizar la rentabilidad financiera de los tres sitios en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.
- Realizar análisis ecológico de los tres sistemas agro-silvícolas.
- Determinar la calidad de café de los tres sistemas agro-silvícolas a estudiar.

Preguntas directrices

- ¿De acuerdo con la caracterización realizada, los sistemas agro-silvícolas evaluados tienen la posibilidad de ser sostenibles?
- ¿Cuál de los sistemas agro-silvícolas estudiadas es el más rentable?
- ¿Cómo influyen los sistemas agro-silvícolas evaluadas en las características ecológicas de cada sitio?
- ¿Existe relación entre sostenibilidad y calidad del café de los tres sistemas evaluados?



CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Sostenibilidad

Hans Carl von Carlowitz a través de su obra *Sylvicultura oeconomica* impulso el término "sostenibilidad", en la cual, explicó que este debe aplicarse a la gestión del bosques de manera que se generen recursos, como la madera, de forma continua, sin agotar la capacidad de regeneración del ecosistema, garantizando la producción y al mismo tiempo una fuente permanente de ingresos económicos.

De este modo, a partir del siglo XX, en un contexto de creciente preocupación por la mitigación del cambio climático, se implementa la teoría de "desarrollo sostenible", planteado por la Comisión Brundtland, que proyecta el requerimiento de satisfacer las necesidades del presente sin afectar a las futuras generaciones (Zarta,2018).

El termino sostenibilidad o sustentabilidad, el cual se cuestiona, realmente son un solo término, sus diferencias recaen en contextos y conceptualizaciones dados, debido a la traducción de ingles al español. Concluyendo así que los términos hablan del equilibrio que debe existir entre lo social, ambiental y económico (Zarta,2018). Su desarrollo aparece a finales de la década del 80 en Canadá (Quiroga,2001). A nivel de las naciones unidas también se ha logrado avances relacionados al tema, partiendo del reporte "Nuestro Futuro Común" de 1987, posteriormente en junio de 1992 en Rio de Janeiro se creó la comisión de desarrollo sostenible en la cual aparece la agenda ambiental 21, si bien esta agenda es una propuesta que sugiere incrementar la calidad de vida en el tiempo, generando ingresos a partir de recursos naturales, no en todos los países se ha cumplido (Quiroga, 2001). Actualmente se maneja la Agenda 2030 bajo 17 objetivos que buscan resolver varias problemáticas mundiales.

La evaluación de la sostenibilidad debe permitir tomar decisiones que aporten claridad, coherencia y transparencia a la hora de la producción y consumo de un producto, con un proceso sostenible. Para un análisis de sostenibilidad es importante tener en cuenta indicadores que faciliten la interpretación de los impactos sociales, económicos y ambientales, existentes en el área estudiada; para posteriormente conocer si el manejo que se realiza en un sistema en específico es respetuoso con el medio ambiente (Dong & Hauschild,2017). Por otra parte, Verma & Raghubanshi (2018), Mencionan en su artículo que los indicadores resultan útiles



para alcanzar los objetivos de la sostenibilidad y que, además, proporcionan información del estado actual del ecosistema que se está estudiando.

Según Quiroga (2001) cita al nuevo marco de indicadores por tema comisión de desarrollo sostenible, en la dimensión social aborda temáticas como la equidad, en ella habla del salario promedio por género, en dimensión ambiental, tema de tierra, resalta los siguientes indicadores: uso de fertilizantes y pesticidas, desertificación y área forestal como porcentaje de suelo, abundancia de especies claves seleccionadas en tema de biodiversidad de fauna y flora, en la dimensión económica se resalta indicadores como : el balance de comercio en bienes y servicios, nivel financiero, consumo de materiales y su intensidad de uso, uso de energía anual, reciclaje y reutilización de residuos, las dimensiones mencionadas deben lograr una armonía que persista en el tiempo, la misma que satisfaga necesidades humanas, gracias al uso eficiente de los recursos naturales (Verma & Raghubanshi ,2018).

El análisis científico de la sostenibilidad se basa en la investigación de la utilización de los recursos y entender como estos interactúan con el medio ambiente y la sociedad (Muhamad, Syihab, & Ibrahim, 2020). Esta ha permitido el desarrollo de nuevas ciencias, tal es el caso de, la economía ecológica que apareció entre los años 1960-1970 tras la aparición de los movimientos ambientalistas o ecologistas (Labandeira, León, & Vázquez, 2019). Esta ciencia se encarga de estudiar y evaluar los procesos que se realizan para obtener un producto y distribuirlo, considerando el desgaste que esto provoca al medio ambiente, además, del uso eficiente y equitativo de recursos naturales (Figuroa, 2005). La ecología verde o ambiental como algunos la nombran busca contribuir al bienestar de la sociedad, preocupándose a la vez de reducir los impactos de la contaminación, tomando medidas en las que se pueda aprovechar los recursos naturales, sin dañar el ecosistema, para de esta manera cumplir con un desarrollo sostenible (Lavrinenko *et al*, 2019).

La importancia de conocer el concepto de sostenibilidad recae en permitir entender que manejar adecuadamente un área de terreno es vital, ya que en ella existe vida y es importante mantener una conexión equilibrada entre humano y la naturaleza mediante leyes gubernamentales (Mendoza, 2021). Ya que garantizar el cuidado de la biodiversidad, es relevante para propuestas políticas en las que consideren el desarrollo sostenible, de manera que estas fomenten la implementación se sistemas ambientales productivos (Xiaoman *et al*, 2021). Los sistemas agroforestales representan una opción para el manejo y conservación ambiental (Villavicencio, 2013).



1.2 Agroforestería

La agroforestería ha tenido presencia en la historia de la humanidad mucho antes de su conceptualización, la cual aparece a finales de la década de 1970, explicada por Combe y Budowski (1979) en la cual recalca de manera clara la presencia de árboles con cultivos y/o ganadería; a través del tiempo, varios autores han pretendido dar una definición del término, explicando así que: la agroforestería constituye un método de gestión integral de la tierra con el propósito de aprovechar los beneficios derivados de las interacciones de los cultivos y los árboles (Detlefsen & Somarriba, 2015). Entre sus principales aportes se encuentra la conservación de la biodiversidad, ya que estos sistemas favorecen la creación de corredores biológicos que fortalecen los ecosistemas (Gonzales *et al.*, 2024)

La agroforestería permite distribuir las especies de mejor manera, con el propósito de aumentar la biodiversidad de una determinada área, aumentar la capacidad del suelo de absorber nutrientes ya que, al haber combinaciones de diferentes plantas, existen mayores servicios ecosistémicos, cada individuo cumple con una función en específico, una de ellas, la fijación de nitrógeno (Fournier, 1981). El arreglo espacio temporal de los sistemas agroforestales permiten aprovechar los recursos naturales de manera sostenible generando así, beneficio social, ya que aumenta la producción y calidad del producto final (Corella, 2016).

La seguridad alimentaria es un tema importante que se puede asegurar con el uso adecuado de la tierra, ya que, al combinar las especies arbóreas y agrícolas, de manera eficiente se requiere de menos pesticidas y químicos que estén perjudicando a la misma (Corella, 2016). Así mismo, los sistemas agroforestales ayudan a combatir problemas ambientales, gracias a las diferentes funciones ecológicas, y también socioeconómicas; Desde una perspectiva biológica, pueden encontrarse varias interacciones: tales como el ciclaje de nutrientes y mayor diversidad de especies lo cual mantiene la fertilidad del suelo (Navia, 2000).

La biodiversidad está estrechamente ligada con la sostenibilidad agrícola, por ello que los sistemas agroforestales son considerados de alguna manera contribuyente a la conservación del medio ambiente, regeneración del suelo y mayor productividad con mejores características del cultivo; una buena distribución de especies arbóreas y agrícolas en un área específico, aumenta las propiedades del suelo ya que algunos árboles se asocian con micorrizas (Udawatta, Rankoth, & Jose, 2019). Las micorrizas son hongos que ayudan a absorber mejor los nutrientes, como nitrógeno, potasio, protección contra microorganismos perjudiciales para la planta, por último, disminuyen el estrés de la planta causado por la sequía (Álvarez *et al.*, 2021).

Los sistemas agroforestales no solo representan biodiversidad florística, también,



diversidad de fauna (Udawatta, Rankoth, & Jose, 2019). De Melo *et al.* (2014), menciona que estos sistemas generan condiciones de microclima favorables, lo cual crea ambientes más cómodos para la avifauna local, además de tener beneficios ambientales, la agroforestería contribuye a incrementar la rentabilidad financiera mediante la diversificación de productos, condicionada a una correcta adecuación a las necesidades sociales y a un manejo adecuado (Cialdella *et al.*, 2023). Soncim *et al.* (2019) resaltan que este tipo de sistemas, al ser más complejos, permiten generar mayores ingresos respetando el medio ambiente, en comparación con la agricultura intensiva.

1.2.1 Biodiversidad en sistemas agroforestales

La agroforestería representa un rol vital en la protección de la biodiversidad al crear hábitats diversos para muchas especies sin detener la producción agrícola (Ramirez *et al.*, 2016). Esta es multidimensional y abarca diferentes perspectivas: dentro de las especies, entre estas y a diferentes escalas. Esto incluye la riqueza de entidades, la distribución de la abundancia (Torres, 2024). A través de las métricas alfa usadas; índice de Simpson que parte del concepto de dominancia el cual nos indica que tan común es encontrar una especie a comparación de varias presentes en el área (Moreno, 2001); el índice de Shannon proporciona una visión más amplia de la distribución de especies determinada bajo el argumento de equidad en riqueza. (Peet, 2003)

Los sistemas agroforestales benefician a plantas y a la fauna de su alrededor. Varios ejemplos subrayan cómo los sistemas agroforestales (SAF) no solo contribuyen a la biodiversidad de plantas, sino que también ofrecen corredores biológicos y protegen especies que podrían estar en peligro en ecosistemas más modificados. (Villanueva *et al.*, 2023).

1.2.2 La Agroforestería y el Microclima

Un sistema agroforestal tiene la capacidad de mejorar el microclima al disminuir la temperatura y el impacto del viento en los cultivos, además de cuidar el suelo de la erosión eólica (Wang *et al.*, 2022). Esta mejora en las condiciones ambientales también puede variar dependiendo de las especies de árboles seleccionadas, ya que su estructura de copa influye en la forma en que se dispersa la luz solar y se modula el flujo de aire (Merle *et al.*, 2022)

Así mismo, la agroforestería tiene el potencial de disminuir el riesgo de estrés térmico al moderar el aumento diario de la temperatura, logrando reducciones de hasta 4 °C durante las horas más calurosas de los días más cálidos. Sin embargo, es importante señalar que este



sistema también puede presentar desventajas, ya que podría aumentar el riesgo de una desaceleración en el rendimiento de los cultivos si las noches no son lo suficientemente frías para ciertos cultivos (Gomes *et al.*, 2016).

1.2.3 Caracterización de sistemas agroforestales

La caracterización de los sistemas agroforestales debe abordar cuatro criterios esenciales: el criterio ecológico, que evalúa los aspectos relacionados con el ambiente y los recursos naturales; el criterio estructural, que describe la organización física y la disposición de las especies dentro del sistema, incluyendo la diversidad y la interacción entre ellas; el criterio funcional, que se enfoca en los productos que pueden encontrarse en estos sistemas; y el criterio socioeconómico, que analiza los aspectos de inclusión de género, beneficios (Ospina, 2006).

1.2.4 Agroforestería en el Ecuador

En el Ecuador se ha desarrollado el monocultivo tradicional en sus tres regiones por periodos largos de tiempo hasta el día de hoy a consecuencia de los cambios que ha traído el desarrollo del modelo de agricultura reconocido como “revolución verde” (Añazco *et al.*, 2017), pero existen antiguas prácticas de los SAF en comunidades que dan el valor socioeconómico a especies forestales, en la región andina están presentes en fincas de pequeños productores con superficies menores a 3 hectáreas (Checa, 2008) en el cual el componente leñoso se limitó al uso doméstico.

En la región litoral García (2008) menciona que los sistemas agroforestales poseen una gran biodiversidad vegetal sobre todo en huertas mixtas con especies representativas como: LLantén (*Plantago major*), Guayaba (*Psidium guajava*, L.), Guanábana (*Annona muricata*, L.) y 60 especies maderables adicionales.

El potencial forestal maderable y PFMN en sistemas agroforestales del Ecuador es indiscutible, al igual que las regiones mencionadas, en la amazonia también mantienen sistemas agroforestales de producción con: cacao, café y ganadería como principales productos. Según De Melo *et al.*, (2014), en las Provincias de Orellana, Napo y Sucumbíos, de la región amazónica, se ha evidenciado que el 70% de las fincas con café, están asociados con árboles maderables, frutales y otros cultivos.

1.2.5 Coffea arábica L. en sistemas agroforestales en Ecuador

En Ecuador se cultiva *Coffea arabica* L. (arábica) y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (robusta) en sus cuatro regiones. Cada vez la producción de cafetos y especies leñosas



se vuelven la mejor manera de aprovechar los espacios productivos y al mismo tiempo brindar un aporte de conservación a la biodiversidad, debido su compleja estructura y diversidad de especies de la región (Villavicencio, 2012). Según Ponce et al., (2018) a lo largo de la historia del Ecuador ha predominado el cultivo de café bajo sombra en sistemas agroforestales, comenzando con producciones altas y actualmente reducidas por diversos factores.

Según Cunuhay, Coronel, & Cruzatty, (2009) una búsqueda por encontrar una mejor producción, tanto en *Coffea arabica* L. y en madera, implica una buena distribución de las especies arbóreas, pues estas al proporcionar sombra al cultivo, deben ser seleccionadas estratégicamente para optimizar el microclima, favorecer la salud de los cafetos y obtener mayor rentabilidad del sistema. Las especies arbóreas usadas para sombra representan una gran contribución económica en la costa ecuatoriana, ya que su madera se considera de buena calidad. Algunos ejemplos de estas especies incluyen: Guayacán blanco (*Cybistax donnell-smithii* Rose.), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Wedd.), Laurel (*Cordia megalantha* Chadat.) y teca (*Tectona grandis* L.F.).

1.3 Importancia de la calidad de café

Es importante mencionar que la calidad del café se ve influenciada por tres factores, que incluyen material genético (variedades), el medio en el cual se cultiva, y el proceso pre y postcosecha (Guambi, Talledo, & Ávila, 2016). La calidad del producto permite la apertura de nuevos mercados. El consumo a nivel mundial de café de calidad representa una fuerte oportunidad para el sector cafetalero, representando mayores ingresos, debido a que el costo se eleva (Sánchez et al, 2018).

Para que los granos de café tengan un valor representativo en el mercado, estos deben ser de buena calidad, para lo cual se evalúan diferentes parámetros como: forma, tamaño, color y deterioro causado por insectos (Sánchez et al, 2018). Es necesario tener en cuenta que, un grano cultivado en condiciones ambientales desfavorables tendrá baja calidad, sin importar el proceso postcosecha (De Souza et al, 2020).

El consumo de café es parte de la cultura a nivel mundial, motivando así a que los consumidores busquen marcas de buena calidad (de Melo et al ,2020). Su incidencia en la cultura es dada, por diferentes beneficios en la salud humana, siendo así que, el consumo de esta bebida estimula el estado de alerta, mejora sus reflejos lo cual ocasiona una rápida respuesta, reduce el cansancio físico, mantiene al individuo despierto durante el día (Carrillo, Ramírez, & Magaña, 2013).



Preddy, (2014), en su libro "*Coffe in Health and Disease Prevention* " destaca algunos beneficios del consumo de café, que han sido objeto de estudio a lo largo del tiempo. Entre estos beneficios incorpora mejoras en el estado de ánimo, la reducción de riesgo de padecer enfermedades como Parkinson y Alzheimer, así como mejoras en la digestión. Además, señala que la búsqueda constante de la mejor de calidad de café fomenta a la investigación en relación de calidad y salud.

1.3.1 Calidad de taza

Para indicar que existe calidad hay que entender que no hay un solo proceso por el cual se la puede obtener, sino que se considera esta cuando se evalúa el proceso realizado para llegar al producto final (café de especialidad), sin embargo se puede garantizar una buena puntuación deseada controlando las fases de postcosecha, uno de los primordiales es la fermentación controlada la cual garantizan cualidades que aportan valor a la calidad del producto (Puerta, 2015).

A pesar de que existen estándares internacionales de calidad de café, todo va orientado al tipo de mercado al cual se apunte y las exigencias y características que este demande, pero a nivel nacional existen normas que regulan la calidad y certificación del café. Según la Organización Internacional de Café (2018) los criterios usados en las normas de calidad usados son: Número de defectos, sensorial (aroma, tostado, sabor). Sin embargo, en conjunto con la innovación se ha ido manejando protocolos y sistemas de puntuación con un amplio nivel de aceptación internacional como la propuesta por Specially Coffe Association (2024).

1.4. Estudios previos sobre sostenibilidad en sistemas agroforestales

La sostenibilidad en sistemas agroforestales se ve fortalecida por las interacciones entre el medio ambiente y la economía. Existen varios beneficios relacionados con el suelo, incluyendo el aumento en su fertilidad y nutrientes (Pantera *et al*, 2021). Fahad *et al*, (2022) resalta la importancia de usar la especie *Faidherbia albida* en sistemas agroforestales, gracias a un estudio realizado por Mariama Diallo y otros autores, el cual observó mejoras en los niveles de nutrientes del suelo, contribuyendo de manera significativa a su fertilidad. Al igual que Ocampo (2018) donde demostró mayor sostenibilidad y beneficios en cuanto nutrición, biodiversidad y rentabilidad financiera en un sistema silvopastoril que un monocultivo.

Un estudio realizado en Sucumbíos y Orellana evidencia que los sistemas agroforestales (SAF) son una estrategia clave para fortalecer la sostenibilidad agrícola, al mejorar la



diversificación de productos para autoconsumo y venta, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de los productores. Ecológicamente, estos sistemas aumentan la biodiversidad, lo que contribuye a un mejor control biológico de plagas y enfermedades, reduciendo la necesidad de usar agroquímicos. Además, mejoran la calidad del suelo mediante la conservación de restos orgánicos. en el ámbito social, los SAF generan empleo local y son bien aceptados por las comunidades (Vizuete,2024).

De acuerdo con Smith *et al.* (2022) la implementación de sistemas agroforestales es una estrategia para cumplir los objetivos de la sostenibilidad, resaltando que existe mayor eficiencia en el uso de la tierra, fomento al empleo local, por último, se menciona que para mayores beneficios se debe seleccionar adecuadamente los componentes del sistema, analizando la función y adaptabilidad de cada uno, ya que, de acuerdo a varias experiencias recopiladas, el costo se eleva al no tener una gestión eficiente.



CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de investigación según los siguientes criterios.

- **Enfoque o paradigma:**

El enfoque es mixto ya que se evaluó variables tanto cualitativas como cuantitativas; Las variables cualitativas tienen relación con la calidad del café y el ámbito social mientras que las variables cuantitativas tienen relación a las variables ecológicas que son los índices de, rentabilidad, productividad, densidad y abundancia.

- **Aspiración, objeto o finalidad:**

La aspiración de la investigación fue aplicada, ya que se hizo uso de teoría científica sobre sostenibilidad y calidad del café, la cual se ayudó a definir una metodología.

- **Alcance o nivel de profundidad:**

Explicativo, ya que se explica el porqué de los resultados obtenidos.

- **Diseño de investigación:**

No experimental ya que no se realizaron diseños experimentales como metodología en ninguno de los objetivos planteados.

- **El tiempo:**

Sincrónico/transversal ya que se realiza el tiempo que dura el plan de trabajo.

- **El lugar:**

Investigación en campo.

2.2 Ubicación del lugar de la investigación.

2.2.1. Política

- Hostería Cananvalle
El Sagrario, Ibarra, Imbabura
- Campus Experimental Yuyucocha
Caranqui, Ibarra, Imbabura

2.2.2. Geografía del sitio investigación: coordenadas y mapa

Las coordenadas de los sitios de investigación son; Campus experimental



“Yuyucocha”, con coordenadas 17N 819400,14 m E 36265,86m. N, Hostería Cananvalle con dos sistemas; uno con coordenadas: 17N 817303,37m E, 39643,35 m N, el segundo sistema con coordenadas: 17N 817331,74 m E 39818,23 m N. (Figuras 1,2 y 3).

Figura 1

Mapa de ubicación del sistema agro-silvícola Hostería Cananvalle (Coffea arabica L.- variedad de especies).

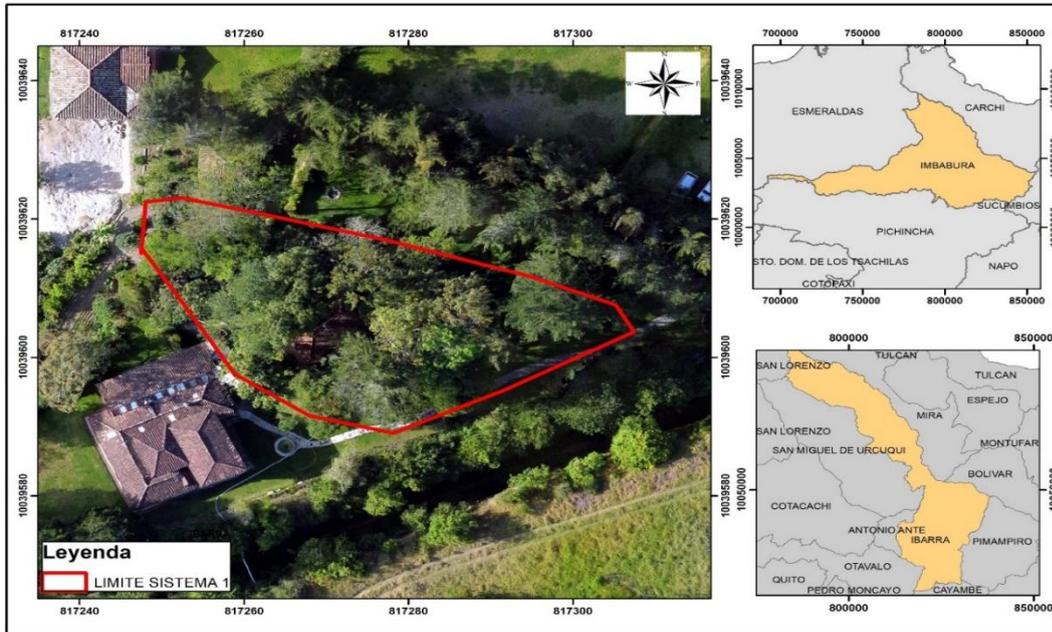


Figura 2

Mapa de ubicación de sistema agro silvícola Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-
Persea americana Mill.).

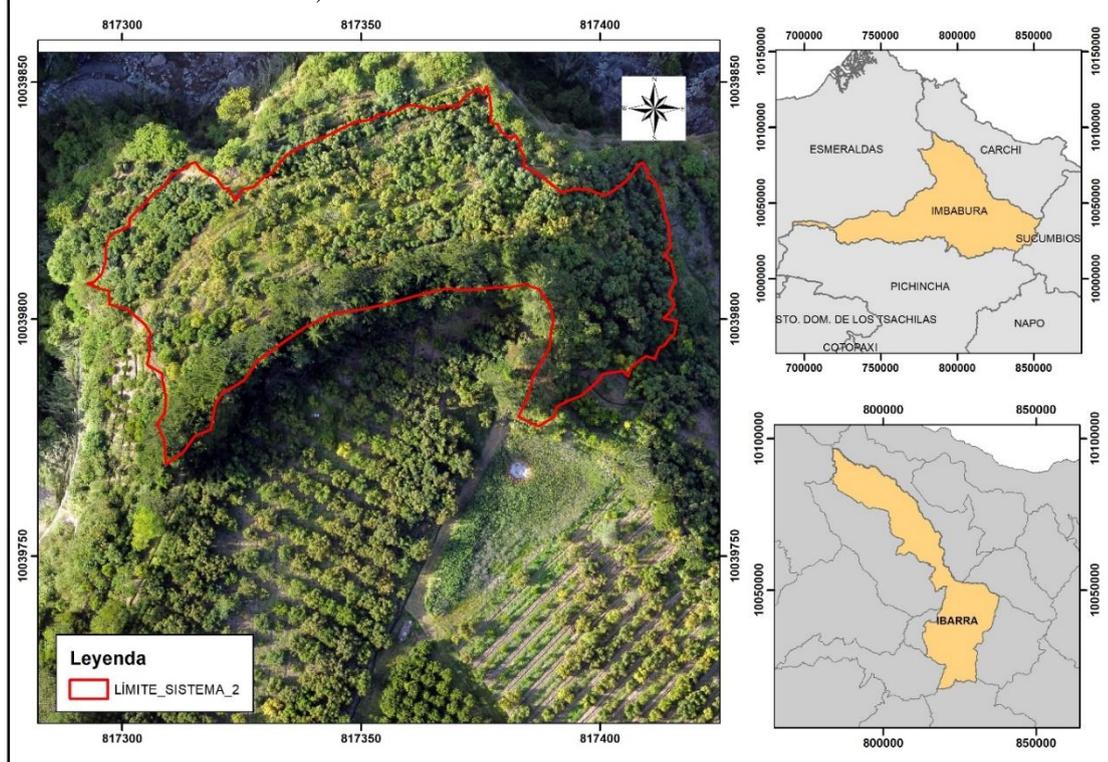
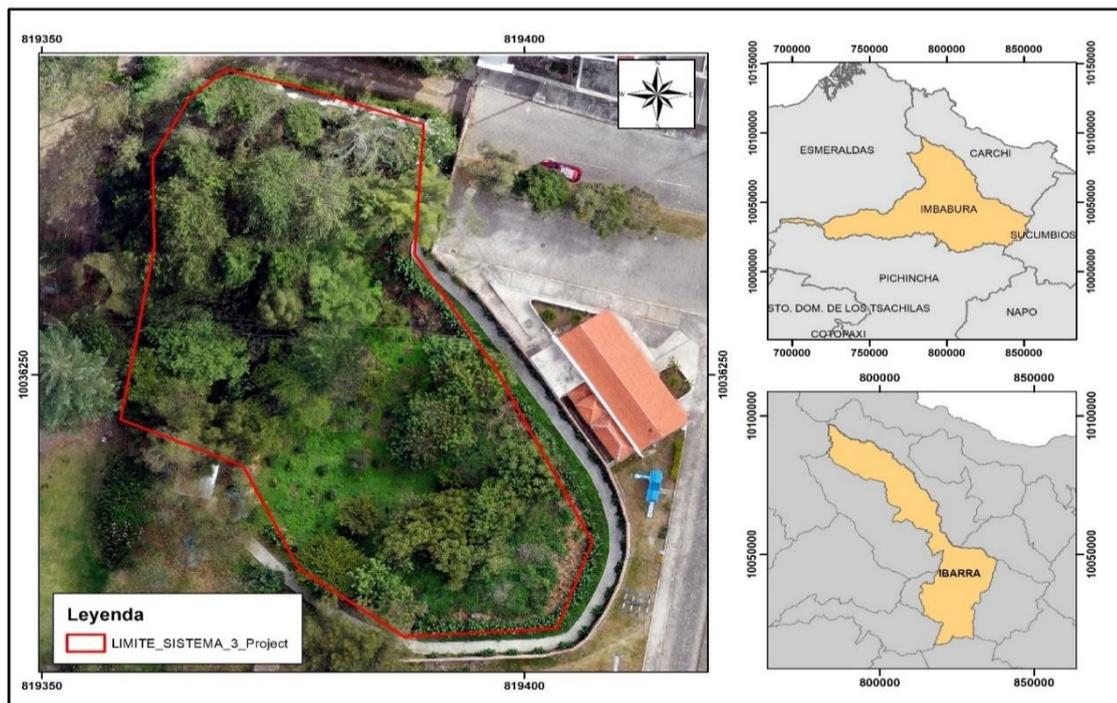


Figura 3

Mapa de ubicación de sistema agro silvícola Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-
 variedad de especies)





• **Limites**

Hostería Cananvalle

Este: limita con el predio de la Sra. Graciela Reascos.

Norte, sur y oeste: limita con el Río Chorlavi.

Campus Experimental Yuyucocha

Oeste: limita con lahar natural del volcán Imbabura.

Este: con la Ciudadela Municipal.

Norte: limita con la Avenida Armando Hidrobo.

Sur: limita con la calle Marco Tulio Hidrobo.

2.3. Caracterización edafoclimática del lugar

2.3.1. Suelo

Se determinó a partir del uso de shapefiles descargados del Geoportal del Gobierno Nacional del Ecuador (2013) los cuales fueron procesados en el software ArcMap 10.8.2 que el orden de suelo predominante en los tres sistemas es Molisol.

2.3.2. Clima

El clima, se determinó a través de un shapefile que se obtuvo del Geoportal del Gobierno Nacional del Ecuador (2013), el cual su procesamiento fue en ArcMap 10.8.2. dando como resultado: Ecuatorial mesotérmico semihúmedo en los tres sistemas estudiados.



2.4. Materiales, equipo y software

Tabla 1

Materiales, equipos y software.

Materiales de campo	Equipos	Software
Cinta métrica	GPS	Microsoft Excel
Hoja de campo	Medidor Ambiental	Microsoft Word
Funda Zipper	Medidor de grados brix	ArcGIS 10,8
útiles de escritorio	Computador	
Alcohol	Medidor de pH	
Pala	Medidor de temperatura	
Recipientes herméticos	Balanza digital	
Colador	Medidor de sombra	
Desinfectante orgánico	Clinómetro	
Marquesinas	Celular móvil	
Azadón	Despulpadora	
Recipiente	Tostadora de granos de café	
Vela	Máquina de expreso	
Encendedor	Trilladora	
Útiles de aseo	Bio contenedores con válvula desgasificadora	
Guantes		
Costales		
Fundas herméticas multicapas		
Tazas		

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos.

2.5.1. Universo-población.

En la presente investigación se tiene como universo seis sistemas agroforestales localizados, dos en la hostería Cananvalle, uno en el campus Yuyucocha, uno en Intag, uno en Salinas y uno en Pimampiro. (tabla 2).

2.5.2. Tamaño de la muestra

Para la determinación de la muestra se desarrolló el método de factores ponderados



utilizando como universo a cuatro sistemas agro-silvícolas que estén asociados con *Coffea arabica* variedad caturra rojo y especies forestales, visitados previamente.

Los factores considerados fueron los siguientes:

- Predisposición del dueño o encargado.
- Distancia.
- Accesibilidad.
- Variedad de café (Caturra roja)

Estos factores fueron calificados con una escala de 0:10 con un peso relativo (%) de 0:1 utilizando una tabla de puntuación para determinar cuáles sistemas fueron los más accesibles.

Tabla 2

Factores ponderados.

Factores	Peso Relativo (%)	Alternativas				
		Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)	Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies) (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	SAF Salinas (<i>Coffea arabica-Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. Willd.)	SAF Pimampiro (<i>Coffea arabica-Juglans neotropica</i> Diels.)	SAF Intag (Cafetal- <i>Alnus nepalensis</i> D.Don)
Predisposición del dueño o encargado	0,5	10(5)	10(5)	2(1)	2(1)	5(2,5)
Distancia	0,1	10(1)	8(0,8)	6(0,6)	5(0,5)	2(0,2)
Accesibilidad	0,1	10(1)	9(0,9)	8(0,8)	9(0,9)	4(0,4)
Variedad de café (Caturra roja)	0,3	10(3)	10(3)	10(1)	10(1)	10(3)
Puntuación Total		10	9,7	3,4	3,4	6,1

Se seleccionaron tres sistemas de los cuales se obtuvo submuestras del total de plantas de café.



Fórmula

Para calcular estadísticamente el tamaño de la submuestra, se implementó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{d^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Fuente: (Añazco, 2017).

Dónde:

N= Total de individuos.

n = tamaño de la submuestra

$Z^2 = 1,96^2$ (seguridad del 95%)

d = margen de error (10%)

p = proporción esperada (5% = 0,05)

q = 1 – P (1-0,05 = 0,95)

En los tres sistemas se identificó y enumero por variedad (tabla 3).



Tabla 3



Muestras de plantas de café.

Sistemas	Variedades	Población	Muestra
(Hosteria Cananvalle <i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)		383	17
(Hosteria Cananvalle <i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	Caturra roja	600	18
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)		90	15
	S1-28	74	15
	Bourbon sidra	34	12

2.5.3. Muestreo

El proceso de muestreo se realizó utilizando el método aleatorio simple mediante el software Microsoft Excel.

2.5.4. Trabajo en gabinete y campo.

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento y análisis de los datos recolectados durante las actividades realizadas en campo.

2.6. Variables

2.6.1. Caracterización de los sistemas agro-silvícolas en tres sitios localizados en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.

Para cumplir con este objetivo se adaptó la metodología propuesta por Ospina (2006); sobre caracterización de sistemas agroforestales a nivel de tecnología agroforestal dentro de la cual se propone cuatro criterios: socioeconómico, estructural, ecológico y funcional.



2.6.1.1. Criterio socioeconómico.

A través de entrevistas a personas involucradas en cada sistema agro-silvícola estudiado, se evaluó lo siguiente:

2.6.1.1.1. El origen de la tecnología agroforestal.

Se evaluó el origen de la tecnología agroforestal, identificando si la implementación de los sistemas agro-silvícolas fue una iniciativa propia o el resultado de un intercambio de ideas. Además, se investigó el propósito de cada proyecto para comprender su enfoque.

2.6.1.1.2. Personas que realizan actividades en los sistemas agro-silvícolas.

Para esta variable, se consideraron el rango etario de las personas que realizan actividades en los sistemas, su género y la modalidad en la que llevan a cabo dichas actividades.

2.6.1.1.3. Productos.

Se llevó a cabo un registro detallado de los productos aprovechados en los sistemas agroforestales, especificando el porcentaje destinado tanto al autoconsumo como al comercio

2.6.1.2. Criterio ecológico.

La variable de estudio fue la interacción, analizada mediante el mutualismo existente con una ficha de observación. Se registró la relación entre especies vegetales, avifauna y macrofauna en cada sistema, con una descripción general en distintos periodos de la mañana de 6:00 a 12:00 y la tarde de 12:00 a 18:00 pm.

2.6.1.3. Criterio funcional.

Se elaboró un listado de las tecnologías agroforestales presentes en cada sistema, junto con los productos que ofrecen. Cabe destacar que, aunque la mayoría de los productos mencionados no son aprovechados en su totalidad, el enfoque se centró en evaluar la funcionalidad de cada sistema agroforestal y su capacidad para cumplir con los objetivos establecidos en términos de sostenibilidad

2.6.1.4. Criterio estructural.

Las variables seleccionadas que componen este criterio fueron abordadas con



información recopilada mediante entrevistas usando un cuestionario y visitas a los sistemas para su respectivo registro e identificación de tecnologías agroforestales y que especies las componen con el uso de hoja de campo.

2.6.2. Análisis de la rentabilidad financiera de los tres sitios en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.

Las ecuaciones de los micro indicadores financieros utilizadas fueron:

2.6.2.1. Valor Acumulado Neto (VAN).

$$VAN = \sum \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^2}$$

Donde:

B= Beneficio en el año

Ct= Costos en el año

r= tasa de descuento aplicado

2.6.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$TIR = \sum \frac{(B_t - C_t)}{(1 + p)^2}$$

Donde:

B= Beneficio alcanzados en el año t

C= Costos incurridos en el año t

P= tasa interna de retorno aplicada

2.6.2.3. Beneficio Costo (B/C).

$$B/C = \frac{Tbe}{Tcd}$$

Donde:

B/C= Relación beneficio costo

Tbe= Total beneficios

Tcd= Total costos



2.6.2.4. Valor Esperado de la Tierra (VET)

$$VET = VAN * \frac{(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

VET= Valor esperado de la tierra

i= Tasa de actualización

n= Número de años

Para determinar los costos e ingresos se realizó entrevistas con el administrador de cada predio, se obtuvo información sobre los costos fijos y variables en cada uno de los sistemas agroforestales. Los datos recopilados fueron analizados utilizando los siguientes micro indicadores financieros: Valor Actualizado Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio Costo (B/C) y Valor Esperado de la Tierra (VET), los cuales son explicados e interpretados con ejemplos y teoría en Quiñonez *et al.* (2018).

El análisis de los micro indicadores financieros se realizó tanto para el componente leñoso como no leñoso. Para el componente forestal, se identificaron las especies de valor comercial y se hizo una proyección futura de la venta de madera, calculando el volumen del árbol y su valor comercial. En el caso del componente no leñoso (*Coffea arabica*), los cálculos se realizaron con base en la información proporcionada por la cosecha realizada en cada sistema, utilizando las plantas que resultaron de la submuestra indicada en la tabla 3.

2.6.3 Análisis ecológico de los tres sistemas agro-silvícolas.

2.6.3.1. Suelo.

Se realizó un estudio del suelo en cada sistema, tomando una muestra representativa de 1 kg por sistema, compuesta por varias submuestras obtenidas mediante el método zigzag. Las muestras fueron separadas, codificadas y enviadas para el análisis de sus propiedades químicas y físicas, conforme al protocolo establecido por el laboratorio de Agrocalidad (2024).

2.6.3.2. Microclima.

Las variables micro climáticas utilizadas fueron temperatura y humedad relativa, registradas con un medidor ambiental PROTMEX HT607. La toma de datos se realizó una vez a la semana, en tres horarios distintos: 6:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm, tanto dentro como fuera



de los tres sistemas durante un periodo de 8 meses.

2.6.3.3. Biodiversidad.

Para el análisis de las tres subvariables, se aplicaron los índices de biodiversidad de Shannon y Simpson en cada uno de los sistemas. Para su interpretación, se empleó el criterio establecido por Aguirre (2013), los rangos se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4

Rango de valores e interpretación de cada índice de biodiversidad.

ÍNDICES	RANGO	INTERPRETACIÓN
Shannon	0 -1,35	Diversidad baja
	1.36 – 3,5	Diversidad media
	> 3,5	Diversidad alta
Simpson	0 – 0,33	Diversidad baja
	0,34 – 0,66	Diversidad media
	> 0,67	Diversidad alta

Adaptada de Aguirre 2013.

2.6.3.3.1. Aves.

Para este indicador, se adaptó la metodología de Taylor (2003) marcando puntos de conteo en el área por periodos de tiempo determinados con micro lapsos de pausa sin capturar los especímenes. Se utilizó binoculares y cámaras de teléfonos móviles para observar e identificar las aves en cada sistema. La observación se realizó en un horario de 6:00 am a 6:00 pm, tomando en cuenta el canto de las aves, lo que facilitó su identificación mediante la aplicación Merlin Lab ID, desarrollada por el Laboratorio de Ornitología de Cornell, Estados Unidos; la misma que posee un amplio registro y base de datos a nivel mundial.

2.6.3.3.2. Insectos.

Se recolectaron insectos en el lugar con trampas pitfall. Estas fueron colocadas en puntos específicos y se dejaron durante un período de 14 días, lo que permitió registrar la microfauna entomológica presente en cada sistema. Los insectos recolectados fueron almacenados en recipientes herméticos e identificados a nivel de órdenes.

2.6.3.3.3. Mamíferos.

Se contabilizaron los mamíferos domésticos y silvestres presentes en el área mediante



observación directa y entrevistas con los propietarios. Las observaciones se realizaron una vez por semana durante un período de 4 semanas.

2.6.4. *Determinación de la calidad de café de los tres sistemas agro-silvícolas a estudiar.*

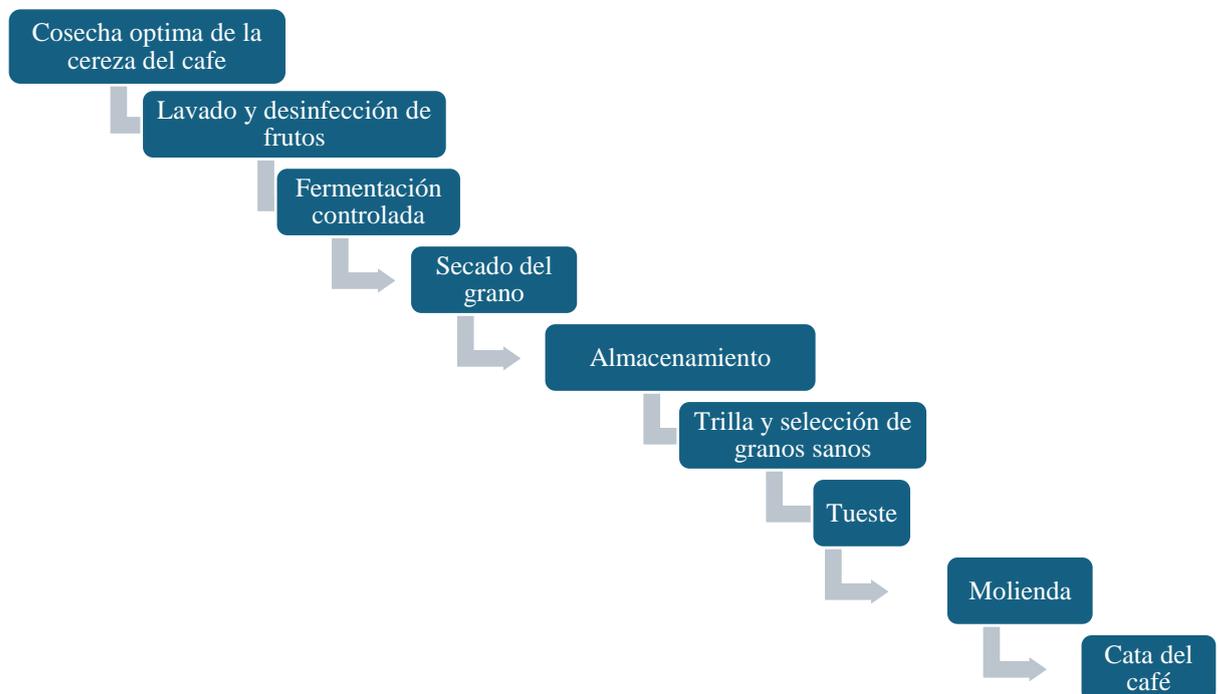
Para cumplir con este objetivo y vincularlo con la sostenibilidad, se trabajó en dos fases. La primera estuvo orientada al desarrollo del proceso necesario para obtener café con buena calidad de bebida. En la segunda, se sintetizaron los resultados de los otros tres objetivos, con el fin de integrarlos y establecer la relación entre sostenibilidad y calidad

2.6.4.1. **Proceso para garantizar la calidad de café.**

Se adaptó el protocolo propuesto por Soto (2023), quien enfatiza la importancia de cuidar cada etapa del proceso del café para garantizar una alta calidad en taza. En este sentido, se registraron los pasos clave a seguir, comenzando por una rigurosa selección de granos. (figura 4).

Figura 4

Procesos para mejorar la calidad en taza del café.



2.6.4.1.1. *Cosecha óptima de la cereza de café.*

Para garantizar una cosecha de alta calidad, se seleccionaron únicamente los frutos con un



contenido de azúcares entre 18 y 24 grados Brix, medido con un refractómetro, colocando el líquido extraído de la fruta y observando el resultado al dirigir el instrumento hacia la luz. Además, se consideró el color como criterio complementario, eligiendo solo aquellos granos con una tonalidad uniforme, similar a un concho de vino (ver Anexo 1).

2.6.4.1.2. Lavado y desinfección de granos.

Tras la cosecha, los frutos se sumergieron en una bandeja con agua limpia para eliminar impurezas. Durante este proceso, se retiraron aquellos que flotaron, ya que su menor densidad indica que podrían estar secos, enfermos o contener embriones muertos. Luego, los frutos fueron colocados en una malla para escurrir el exceso de agua y posteriormente desinfectados con ozono, (Anexo 2).

2.6.4.1.3. Fermentación controlada.

Se utilizaron recipientes herméticos con válvulas desgasificadoras y llaves de drenaje, lo que permitió la salida del líquido y la medición del pH. El proceso de fermentación se consideró finalizado cuando el pH del líquido obtenido estuvo entre 4 y 5. Posteriormente, los granos fueron despulpados utilizando una máquina adecuada para esta actividad. (Anexo 3).

2.6.4.1.4. Secado del grano

Una vez despulpados, los granos de café fueron trasladados a camas de secado dentro de un invernadero. Se distribuyeron uniformemente sobre una malla utilizando un rastrillo de plástico, con el objetivo de evitar su aglomeración y facilitar un secado homogéneo. Durante los primeros días, los granos fueron removidos periódicamente con el rastrillo para optimizar el proceso. El secado tuvo una duración de entre 15 y 22 días, considerándose finalizado cuando el contenido de humedad del grano alcanzó un rango de entre 10 y 12 %, determinado mediante un medidor de humedad para granos de café. (Anexo 4).

2.6.4.1.5. Almacenamiento

Los granos de café fueron almacenados en fundas herméticas, etiquetadas con información detallada sobre el sistema de cultivo, número de cosecha, pH al final de la fermentación y contenido de humedad del grano.

2.6.4.1.6. Trilla y selección de granos sanos.

Los granos de café fueron trillados en una máquina y, posteriormente, se retiraron manualmente los granos dañados, como se observa en el anexo 5. Para identificar los granos con defectos, se utilizó la descripción de granos de café defectuosos explicada por Osorio



(2021), la guía se encuentra en el anexo 6.

2.6.4.1.7. Tueste del café

Tras la trilla, se seleccionaron exclusivamente los granos sin defectos. Luego, se midió la densidad de los granos (masa/volumen), lo cual fue un indicador clave en la selección de las muestras, ya que una mayor densidad implica mayor concentración de nutrientes, favoreciendo la calidad del café en taza (Fórum del Café, 2024). Las muestras seleccionadas fueron llevadas a un especialista para su tueste, quien utilizó una tostadora de aire caliente marca IKAWA Pro V3, ajustando temperatura y tiempo para obtener un tueste medio, que resalta mejor las cualidades del café según el tostador. El certificado del especialista en tostaduría de café se adjunta en el anexo 7.

2.6.4.1.8. Molienda

Este proceso se llevó a cabo utilizando un molino manual, el cual permitió obtener una molienda fina del grano. Para cada taza se emplearon nueve gramos de café, cantidad calculada mediante una regla de tres, basada en la proporción recomendada por la Specialty Coffee Association (SCA, 2005) la cual establece el uso de 8,25 gramos por cada 150 ml de agua.

En cada molienda se utilizaron 36 gramos por muestra codificada, debido a que se realizaron tres repeticiones por cada una. Tomando en cuenta que los primeros nueve gramos se consideran “purga” y se los colocó en un recipiente aparte con el fin de evitar la mezcla de sabores provenientes de moliendas anteriores; estos no integraron el proceso de cata, es importante mencionar que se trabajaron con cuatro muestras.

Una vez colocados los nueve gramos de café por taza, se procedió a taparlas para evitar que su aroma se volatilice y se pueda conservar su perfil sensorial para el proceso de catación. (Anexo 8).

2.6.4.1.9. Cata del café

La evaluación fue realizada por un catador oficialmente certificado, cuya acreditación se encuentra en el anexo 9. Para este proceso, se empleó una ficha de cata estandarizada por la Specialty Coffee Association (2024). (Anexo 10).

2.6.4.2. Relación calidad- sostenibilidad.

Con el fin de llevar a cabo esta fase, se adoptó el enfoque propuesto por Astier *et al.* (2008), quienes destacan la importancia de integrar las dimensiones de la sostenibilidad mediante una escala común, que en esta investigación fue de 1 a 10, para elaborar un gráfico radial. En la asignación de cada puntaje de las dimensiones, se aplicaron factores ponderados,



detallados en las Tablas 5, 6 y 7, correspondientes a las dimensiones social, ecológica-ambiental, económica y financiera. En cuanto a la calidad, el puntaje obtenido en la cata se ajustó a la misma escala, lo que permitió generar el gráfico utilizando Microsoft Excel.

En la Tabla 5, correspondiente a los factores ponderados de la dimensión social, se evaluaron variables relacionadas con la caracterización del criterio socioeconómico. Como resultado, el sistema hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.- variedad de especies) obtuvo el puntaje más alto.

Tabla 5

Factores ponderados dimensión social.

FACTORES	Peso Relativo	SISTEMAS AGROSILVÍCOLAS					
		Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.- variado)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- variedad)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	
Personal (Fijo-ocasional)	0,2	6	1,2	8	1,6	8	1,6
Autores (Edad-género)	0,4	9	3,6	9	3,6	9	3,6
Aporte social	0,3	7	2,1	9	2,7	9	2,7
Productos potenciales del sistema	0,1	7,3	0,73	10	1	8,6	0,86
Puntuación Total			7,63		8,9		8,76

Los parámetros de evaluación de la dimensión económica-financiera se establecieron a partir de los resultados del análisis financiero del segundo objetivo y de parte del criterio socioeconómico de la caracterización (Tabla 6).

**Tabla 6**

Factores ponderados dimensión económica-financiera.

FACTORES	Peso Relativo	SISTEMAS AGROSILVÍCOLAS					
		Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.- variado)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- variedad)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	
Aprovechamiento(leña-madera-café-otros)	0,2	7,50	1,50	10,00	2,00	10,00	2,00
Comercialización/autoconsumo	0,2	5,00	1,00	10,00	2,00	10,00	2,00
Análisis financiero	0,6	0,00	0,00	8,00	4,80	10,00	6,00
Puntuación Total		2,50		8,80		10,00	

Los factores de la dimensión ecológica-ambiental se establecieron en función de las variables analizadas en el tercer objetivo y del criterio ecológico del primer objetivo, asignando la puntuación según los resultados obtenidos (Tabla 7).

Tabla 7

Factores ponderados dimensión ecológica-ambiental.

FACTORES	Peso Relativo	SISTEMAS AGROSILVÍCOLAS					
		Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.- variado)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- variedad)		Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	
Interacciones	0,25	10,00	2,50	10	2,5	10,00	2,50
Biodiversidad de fauna	0,25	7,60	1,90	8	2	7,30	1,83
Suelo	0,3	9,25	2,78	8,5	2,55	8,50	2,55
Microclima	0,2	10,00	2,00	10	2	10,00	2,00
Puntuación Total		9,18		9,05		8,88	



Una vez obtenidos los puntajes en la misma escala para cada dimensión, se elaboró una tabla resumen, la cual facilitó la creación del gráfico radial. (tabla 8).

Tabla 8

Resumen de puntajes por dimensión y calidad.

SISTEMAS	INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD			INDICADOR DE CALIDAD
	Social	Ambiental	Financiera	Puntaje de cata
Hostería cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L- Variedad de especies)	8,9	9,05	8,8	8,2
Hostería cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L- <i>Persea americana</i> Mill.)	8,76	8,875	10	8,65
Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.- variedad de especies)	7,63	9,175	2,5	8,6



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de los sistemas agro-silvícolas en tres sitios localizados en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura.

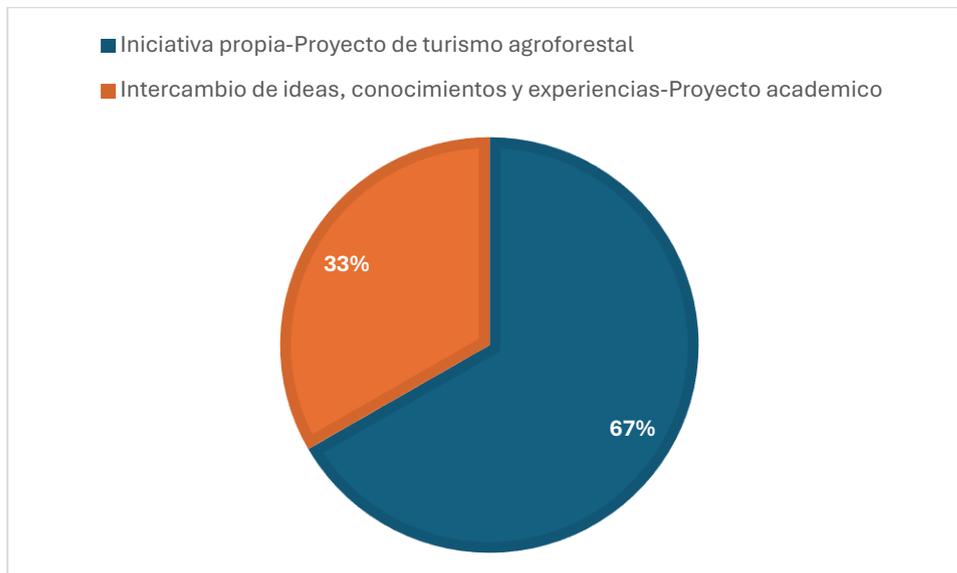
3.1.1. Criterio socioeconómico.

3.1.1.1. Origen y propósito de los sistemas agro-silvícolas.

La investigación se realizó en proyectos con diferentes enfoques. Dos de ellos correspondió a proyectos de turismo agroforestal que surgieron a partir de iniciativas propias, con visión en la innovación de la caficultura, mientras que uno se desarrolló en el marco de proyectos académicos, gracias al intercambio de ideas, conocimientos y experiencias (figura 5).

Figura 5

Tipos de proyectos y origen de creación de los sistemas agro-silvícolas estudiados.



Los proyectos agroforestales generan beneficios económicos y sociales al promover el bienestar general, la participación ciudadana y el fortalecimiento económico, además de motivar a los jóvenes a integrarse en actividades de investigación y aprendizaje que amplíen sus conocimientos (Del Cioppo & Bello, 2018).



Los sistemas agro-silvícolas en la Hostería Cananvalle, con su enfoque en el café y el turismo, ofrecen una doble ventaja: permiten a los consumidores disfrutar de café proveniente de un entorno natural y saludable, promoviendo la sostenibilidad. Estos sistemas no solo contribuyen a la conservación del medio ambiente al generar hábitats para aves y otras especies, sino que también protegen los suelos al prevenir su erosión. Además, al integrar otros cultivos junto con el café, como frutas, se diversifican los productos, lo que aumenta la rentabilidad y promueve un modelo económico más sostenible. En conjunto, esta estrategia potencia tanto la producción agrícola como el turismo sostenible, brindando beneficios tanto ecológicos como económicos.

Estos hallazgos coinciden con los planteamientos de Ponce et al. (2018) quienes subrayan la relevancia de la reactivación de la caficultura en sistemas agroforestales como una estrategia clave para combinar la sostenibilidad ambiental con beneficios económicos y sociales. Según su investigación, los sistemas agroforestales no solo son fundamentales para la producción agrícola, sino que también abren oportunidades para integrar el café en el ámbito turístico. De este modo, se confirma que estos sistemas agroforestales en la Hostería Cananvalle pueden servir como una plataforma para promover tanto el interés por el café como el ecoturismo, ofreciendo una experiencia que conecta al visitante con el origen y la historia del café.

Por otro lado, el sistema agro-silvícola ubicado en el campus experimental Yuyucocha representa a un proyecto académico, en este se resalta la importancia de que los docentes puedan impartir materias como la agroforestería, ecología del paisaje y genética. En este contexto, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar en el campo los conocimientos adquiridos en el aula, a menudo mediante estudios orientados a mejorar el producto principal, el café, y en la recolección de granos para generar nuevas plantas y sistemas productivos sostenibles además de realizar investigaciones que ayuden a ampliar sus conocimientos.

Esto concuerda a la investigación de Salgado & Sarmiento. (2015) quienes en su investigación recalcan la importancia de la implementación un sistema agroforestal en la universidad, ya que, a los escasos de este, los estudiantes no pueden poner en práctica la teoría impartida en clase y se ven en la necesidad de estudiarlos por fuera de la institución para aprender la práctica.



3.1.1.2. Personas que realizan actividades en los sistemas agro-silvícolas.

En los resultados se presentan diversas características de las personas que participan en actividades de los tres diferentes sistemas agro-silvícolas: Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L - variedad de especies arbóreas), Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - *Persea americana* Mill.) y Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas).

La Tabla 9 presenta la distribución etaria de las personas que realizan actividades en cada uno de los sistemas. Se observa que el grupo de edad en el Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas) se concentra principalmente entre los 18 y 24 años, ya que las actividades en este sistema son realizadas por estudiantes de distintos niveles académicos. No obstante, también se encuentra una persona de 36 años, quien desempeña el rol de Auxiliar Agrícola.

Tabla 9

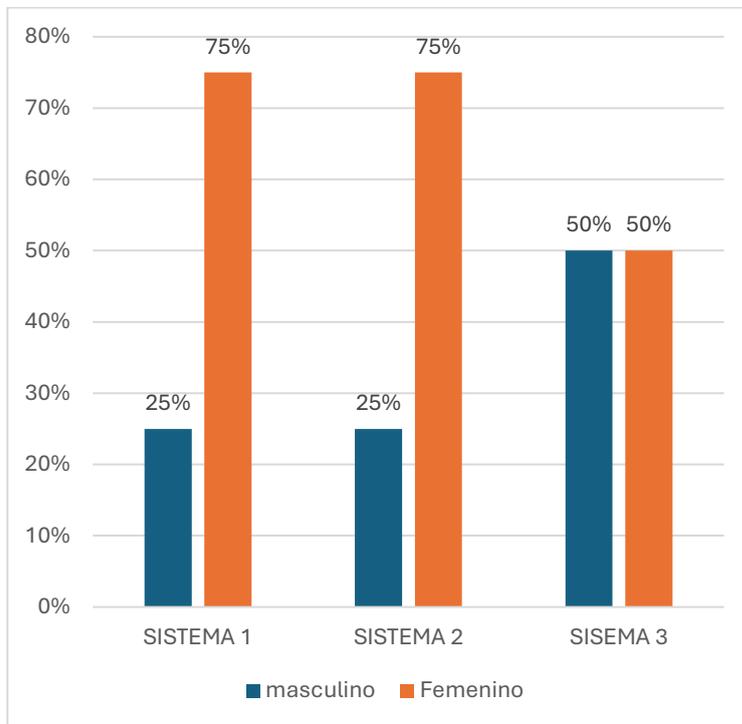
Rango etario de personas que realizan actividades en los sistemas.

Sistemas agro-silvícolas	Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> -variedad de especies arbóreas)	hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> -variedad de especies arbóreas)	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> - <i>Persea americana</i> Mill.)
Edad	18-24 y 36	21-55	21-55

Se destaca la participación de mujeres, con un mayor porcentaje en relación con la de los hombres en los sistemas agro silvícolas ubicadas en la hostería Cananvalle mientras que en el sistema del Campus Yuyucocha se observa una participación igualitaria al tratarse de una institución educativa, en donde ambos géneros tienen las mismas oportunidades de participar en las actividades prácticas. (figura 6).

Figura 6

Genero de las personas que realizan actividades en los sistemas.



Nota. El sistema 1 corresponde a la Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas); el sistema 2 a la misma Hostería, pero con *Coffea arabica* y *Persea americana* Mill; y el sistema 3 se refiere al Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas).

La modalidad de trabajo en los sistemas: Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - variedad de especies) y Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - *Persea americana* Mill.), la mayoría del personal es provisional (83,34%), mientras que solo un 16,66% corresponde a empleados fijos, lo que equivale a 2 personas de un total de 12. En el Campus Yuyucocha, hay un único trabajador fijo, y 15 estudiantes asignados a realizar diferentes actividades como forma de cumplir horas prácticas. (tabla 10).



Tabla 10

Modalidad de trabajo de las personas que realizan actividades en los sistemas.

SISTEMAS AGRO- SILVÍCOLAS	FIJO	OCASIONAL
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica- variedad de especies arbóreas</i>)	16,66%	83,34%
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica- Persea americana</i>)	16,66%	83,34%
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica- variedad de especies arbóreas</i>)	6,25%	93,75%

La participación de las mujeres en proyectos agroforestales es esencial para garantizar una gestión sostenible de los recursos naturales, cerrar brechas de género y fortalecer la agroforestería como estrategia socioambiental. Su rol en este ámbito va más allá de las tareas tradicionales, integrándose de manera crucial en la implementación de prácticas que promueven la sostenibilidad y la seguridad alimentaria (De la Riva *et al.*, 2024).

Reconociendo la importancia de las mujeres rurales en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, la FAO destinó en marzo de 2024 más de 8 millones de dólares para incentivar a esta población en América Latina y el Caribe. Los proyectos financiados buscan cerrar las brechas de género mediante la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, el acceso



a tecnologías innovadoras y el empoderamiento de las mujeres. Estas iniciativas no solo fortalecen a las comunidades rurales, haciéndolas más resilientes frente al cambio climático, sino que también contribuyen al desarrollo sostenible de la región, demostrando que la equidad de género es una herramienta clave para alcanzar la sostenibilidad ambiental y económica. (FAO, 2024).

Los tres sistemas agro-silvícolas estudiados comparten un aspecto importante: la inclusión de la mujer en sus actividades. En los sistemas agro-silvícolas de la Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. – variedad de especies forestales y *Coffea arabica* L.– *Persea americana* Mill.), a través de la entrevista realizada, el administrador destacó la relevancia de las mujeres en este proyecto, ya que son las principales responsables de la cosecha. Según explicó, las mujeres tienen un mejor sentido de la vista, lo que les facilita identificar los colores adecuados del grano de café al momento de la recolección. Por su parte, en el Campus Yuyucocha, al tratarse de una institución educativa, la participación femenina es igualitaria, representando el 50 % del total de participantes.

Involucrar a la mujer en sistemas agroforestales es importante, ya que están capacitadas en temas técnicos y de campo, además, desempeñan un papel crucial en la propagación de plantas, así como en la formación sobre agroforestería (Fortmann & Rocheleau, 1984).

Los resultados de la investigación evidencian el rol fundamental de las mujeres en los sistemas agro-silvícolas estudiados, alineándose con lo reportado en otros contextos. En Colombia y México, se ha identificado que las mujeres han asumido actividades tradicionalmente realizadas por hombres, como la siembra, cosecha y comercialización, aportando a la seguridad alimentaria y al bienestar económico de sus familias (Triana et al., 2006; Moreno *et al.*, 2020). De manera similar, en la Hostería Cananvalle, las mujeres desempeñan un rol clave en la cosecha del café, ya que su agudeza visual les permite cosechar los frutos en el punto óptimo de maduración, asegurando la calidad del producto. En el Campus Yuyucocha, la participación femenina también es destacada, contribuyendo a la inclusión social dentro del sistema agro-silvícola. Estos descubrimientos reafirman la importancia de la mujer en la sostenibilidad de estos sistemas, no solo desde una perspectiva productiva, sino también en términos de equidad y desarrollo social.

Un estudio realizado en Honduras por la Alianza de Mujeres en Café (AMUCAFE) reporta un aumento en la participación femenina en el sector cafetalero durante los últimos 10 años, con un rango de edad entre 19 y 45 años. Las mujeres en este sector desempeñan roles diversos como productoras, técnicas agrícolas, catadoras, tostadoras y baristas (Accerrenzi &



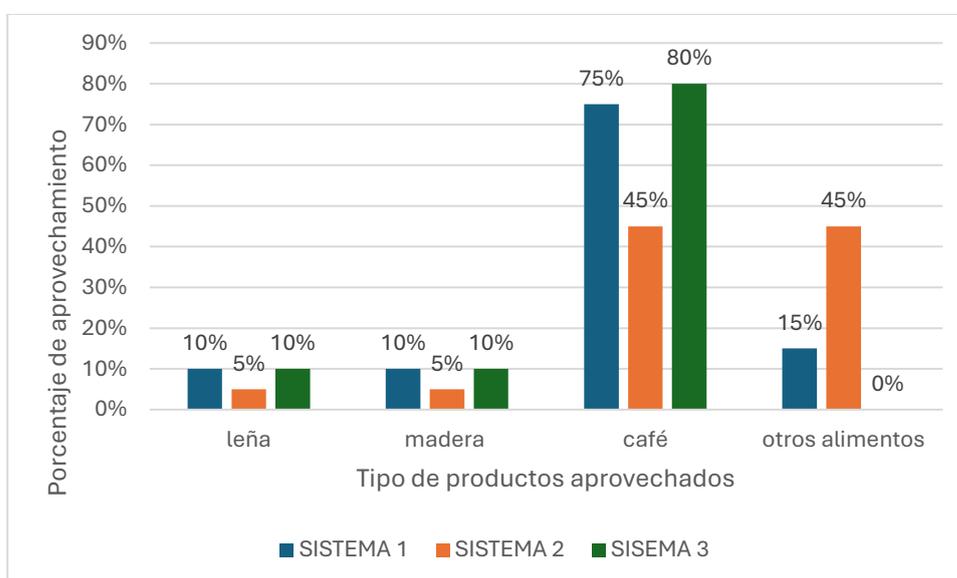
Duke, 2023). La participación de la mujer se visualiza en la investigación, en las actividades relacionadas con el manejo del café.

3.1.1.3. Productos.

El Sistema Uno se destaca por su alta producción de café (75%), seguida de un aporte moderado de otros alimentos (15%) y una baja producción de leña y madera. El sistema dos muestra un equilibrio, con un 45% tanto en café como en otros alimentos, manteniendo bajos niveles de leña y madera. Por su parte, el sistema tres existe un mayor aprovechamiento de café, alcanzando un 80%, sin registrar producción de otros alimentos y con un 10% de leña y madera. (figura 7).

Figura 7

Tipo de productos aprovechados.



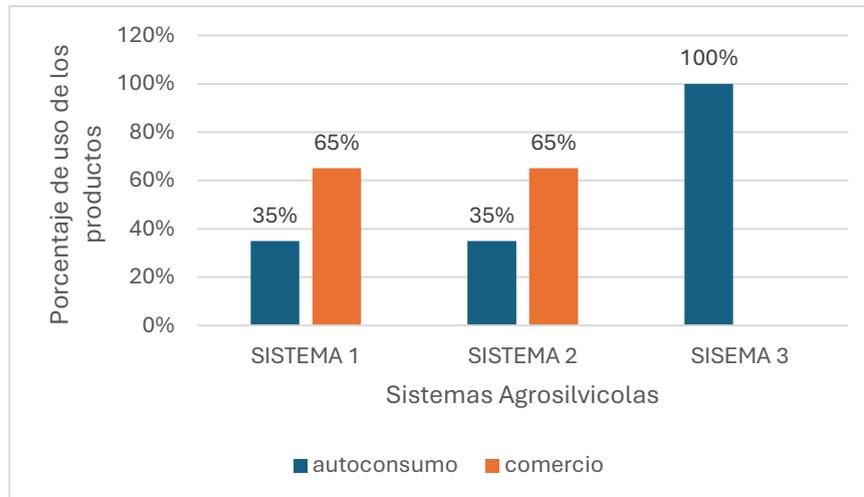
Nota. El sistema 1 corresponde a la Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas); el sistema 2 a la misma Hostería, pero con (*Coffea arabica* y *Persea americana* Mill.); y el sistema 3 se refiere al Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas).

La forma en que se destina la producción varía entre los tres sistemas, siendo el sistema tres el que más se orienta hacia el autoconsumo. (figura 8).



Figura 8

Uso de los productos.



Nota. El sistema 1 corresponde a la Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas); el sistema 2 a la misma Hostería, pero con (*Coffea arabica* y *Persea americana* Mill.); y el sistema 3 se refiere al Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies arbóreas).

Los proyectos agroforestales son una alternativa eficaz para mejorar la calidad de vida al generar una diversidad de productos destinados tanto al autoconsumo como al comercio. Entre estos productos destacan alimentos como frutas, café y otros cultivos básicos, así como madera y leña, que aportan un valor económico significativo. Las técnicas agroforestales permiten aprovechar el espacio de manera eficiente, tanto vertical como horizontalmente, al combinar especies arbóreas, arbustivas y agrícolas. Este enfoque incrementa la productividad, ya que los árboles no solo producen madera o frutos, sino que también crean condiciones ideales para el crecimiento de cultivos asociados. Al replicar las condiciones de un bosque, se favorece el reciclaje de nutrientes, lo que mejora la calidad del suelo y garantiza una producción sostenible a largo plazo. Estos sistemas no solo diversifican las fuentes de ingreso, sino que también aseguran la disponibilidad de recursos esenciales para la alimentación y el comercio (Fournier, 1981).

3.1.2. Criterio Ecológico

Se registraron las diferentes especies que conforman el componente vegetal de los sistemas, varias especies entre leñosas y no leñosas (tabla 11), evidenciando su variedad que, en conjunto con la macrofauna registrada, proporcionaron varias interacciones. (figura 9).



La información sobre la macrofauna se puede observar en el anexo 11.

Tabla 11

Nombres comunes y científicos de las componentes vegetales registradas con sus interacciones mutualistas.

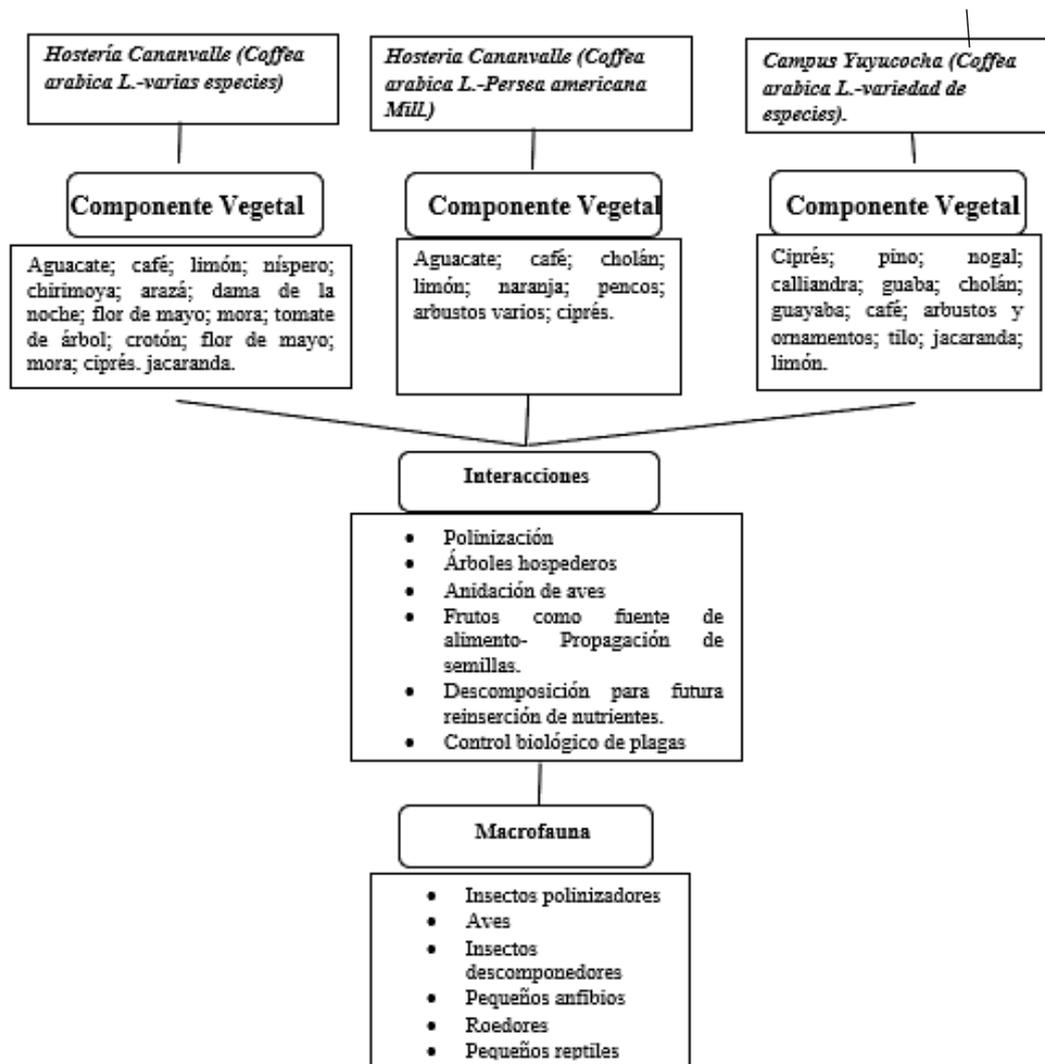
Nombre común	Nombre científico
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.
Café	<i>Coffea arabica</i> L.
Limón	<i>Citrus limon</i> L. Osbeck
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i> Mill.
Arazá	<i>Psidium cattleyanu</i>
Dama de la noche	<i>Cestrum nocturnum</i> L.
Mora	<i>Rubus fruticosus</i> L.
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i> Cav.
Croton	<i>Codiaeum variegatum</i>
Flor de mayo	<i>Plumeria Alba</i> L.
Ciprés	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.
Cholán	<i>Tecoma stans</i> L. Juss. Ex Kunth
Naranja	<i>Citrus</i> sp.
Pencos	<i>Agave</i> sp.
Pino	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.
Nogal	<i>Juglans neotropica</i> Diels.
Calliandra	<i>Calliandra pittieri</i> Standl.
Guaba	<i>Inga insignis</i> Kunth.
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.
Tilo	<i>Sambucus nigra</i> L.
Jacaranda	<i>Jacaranda Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.

En los tres sistemas evaluados existe una mayor interacción mutualista entre componente vegetal con avifauna en cuanto anidación de aves en plantas de café y polinización en flores melíferas, a la par con insectos polinizadores y descomponedores. La menor cantidad de interacciones de macrofauna con el componente vegetal registrada fue en roedores (ver Figura 9).



Figura 9

Registro de integraciones mutualistas entre especies vegetales y macrofauna observadas en los tres sistemas.



En los sistemas agroforestales, las interacciones ecológicas son más frecuentes y perceptibles como el mutualismo que es identificado como la reciprocidad de individuos en cuanto a beneficios se refiere (Maza,2011). Contribuyendo al fortalecimiento de las funciones ecológicas demostrando la capacidad de brindar condiciones adecuadas para la proliferación de la flora y fauna (Benedetti,2018).



La presencia de interacciones entre macrofauna comprendida por aves se debe a la densidad y variedad del componente arbóreo presente en cada sistema, el cual permite atraer diversidad de especies migratorias y residentes reafirmando lo dicho por Martínez, (2024) en su estudio integral donde menciona el impacto positivo de integrar varias especies en los sistemas, es decir, diversificarlo para una conservación de la biodiversidad, por lo cual, se observó que por consecuencia de lo mencionado da paso a la propagación de semillas por el atractivo de sus frutos para estos animales, sus heces o bien el resto de frutos atraen a insectos descomponedores, creando una cadena que termina en beneficio del suelo en cuanto degradación y por consecuencia reinscripción de los nutrientes al medio lo cual corresponde con lo mencionado por Mendieta & Rocha (2007) donde resalta que la presencia de animales en sistemas agroforestales promueve el ciclaje nutricional a favor de la composición del suelo a través de sus desechos.

La interacción mutualista comprende aquellas actividades entre individuos con un beneficio mutuo (Guix, 2021), siendo esta una de varias presentes en sistemas agroforestales que pueden ser percibidas en el sitio (Arauz, 2019). La presencia de interacciones entre macrofauna comprendida por aves se debe a la densidad y variedad del componente arbóreo presente en cada sistema, el cual permite atraer diversidad de especímenes migratorios y residentes, similar resultado a la evaluación de avifauna en sistemas agroforestales en Loja desarrollado por Chininin (2017), donde resultó con mayor presencia de aves en el componente leñoso del cafetal debido a que comparten ciertas condiciones y flora que provee de alimentación etc., reforzando lo mencionado por Andrade *et al.* (2018) donde resalta que la armonización de los componentes bióticos y abióticos en un sistema agroforestal proporcionan condiciones adecuadas para generar interacciones en cuanto micro y macro fauna corresponde.

Cornejo (2015) en su registro de interacciones en sistemas agroforestales con café en Morona Santiago registró mayor presencia de roedores por ser una zona rural y más silvestre a diferencia de la macrofauna registrada en los tres sistemas estudiados donde hay mayor presencia humana por su cercanía a urbanizaciones y campos de cultivo agrícola.

3.1.3. Criterio Funcional

Para este criterio, se han clasificado seis tecnologías agroforestales, registrando los productos. Aunque no todos son aprovechados, se los considera para evidenciar los beneficios que aportan los árboles presentes en los sistemas agro-silvícolas. (tabla 12).



En el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica*- variedad de especies), la tecnología de cercas vivas incluye mora (*Rubus fruticosus*) y limón (*Citrus limon*), de los cuales se aprovechan los frutos; café (*Coffea arabica*), arbustos como la dama de la noche (*Cestrum nocturnum*), empleada en medicina natural. En el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica*-*Persea americana* Mill.), se encontró plantas de penco (*Agave americana*), de las cuales se pueden obtener fibras, productos de medicina ancestral, bebidas y miel de agave. En el sistema Campus Yuyucocha (*Coffea arabica*- variedad de especies) destacan los tintes que se pueden obtener de la cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis*), hojas de achira (*Canna indica*) con uso alimenticio y productos de medicina natural derivados de ambas.

En la tecnología de árboles en lindero, el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* l.-variedad de especies), existen plantas aguacate (*Persea americana* Mill), de las cuales se aprovechan los frutos; y aliso (*Alnus acuminata*), de donde se puede extraer madera, tintes y productos medicinales. En el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* l.-*Persea americana*), se encuentran: cholán (*Tecoma stans*) uso medicinal; limón (*Citrus limon*), aguacate (*Persea americana* Mill) y naranja (*Citrus sinensis*), de los cuales se obtienen sus frutos, además que son plantas melíferas. Por último, el Sistema Campus Yuyucocha (*Coffea arábica*- variedad de especies), las especies en esta tecnología son: el tilo (*Sambucus nigra*) reconocido por sus propiedades medicinales y tintes que se obtiene de su semilla; el aliso (*Alnus acuminata*), utilizado en la producción de madera y tintes; y el limón (*Citrus limon*), que complementa este sistema con la producción de frutos cítricos.

En la tecnología de cortinas rompevientos, el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-variedad de especies), incluye ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y casuarina (*Casuarina equisetifolia*), aprovechados por su madera y resinas. En el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arábica* L.-*Persea americana*), se identificaron ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) de la cuales su uso puede ser en la medicina natural.

En los árboles asociados a cultivos perennes, el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-variedad de especies), incluye especies como aliso (*Alnus acuminata*), utilizado por su madera; cedro (*Cedrela montana*), casuarina (*Casuarina equitesfolia*), eucalipto (*Eucaliptus globulus*), sus usos destacan en la industria maderera, aceites esenciales y resinas. fresno (*Fraxinus* sp.) madera, medicina, jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) medicinal y arbustos como crotón, dama de la noche y flor de mayo de uso ornamental y medicinal; por último, el aguacate el cual se puede aprovechar su fruto y ramas para leña. En el sistema Hostería



Cananvalle (*Coffea arabica L.*-*Persea americana* Mill.), se identificó únicamente aguacate (*Persea americana* Mill.), leña y frutos. En el sistema ubicado en el Campus Yuyucocha con (*Coffea arabica L.* -variedad de especies) se encontraron especies como espino (*Vachellia macracantha*), guayaba (*Psidium guajava*), la cual se puede aprovechar sus frutos, corteza y hojas de forma medicinal; fresno (*Fraxinus* sp.), guaba, utilizada por su fruto; Calliandra (*Calliandra Pittieri*), nogal (*Juglans neotropica* Diels.) la cual se puede aprovechar su uso medicinal, alimenticio con sus frutos, y madera , pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus macrocarpa*), de los cuales se puede aprovechar su madera, hojas para aceites esenciales y resinas de su corteza.

En la tecnología de huerta familiar, únicamente presente en el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica L.*-variedad de especies), se registraron chirimoya (*Annona cherimola*), limón (*Citrus limon*), mora (*Rubus glaucus*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*), todos aprovechados por sus frutos.

La tecnología de árboles en contorno o terrazas se identificó exclusivamente en el sistema de la Hostería Cananvalle (*Coffea arabica L.* - *Persea americana* Mill.), por otro lado, los diferentes árboles distribuidos en cada sistema aportan materia orgánica al suelo a través de sus hojas, contribuyendo a la mejora de sus propiedades químicas.



Tabla 12

Potencial de productos en los sistemas agro-silvícolas, de acuerdo con las tecnologías agroforestales.

TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES	PRODUCTOS																	
	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> l.- variedad de especies)						Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> l.- <i>Persea americana</i> Mill.)						Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> l.- variedad de especies).					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
CERCAS VIVAS			X		X				X		X	X			X		X	X
ARBOLES EN LINDEROS	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
CORTINAS ROMPEVIENTOS	X					X	X					X						
ARBOLES EN ASOCIO CON CULTIVOS PERENNES	X	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
HUERTA FAMILIAR			X															
ARBOLES EN TERRAZAS							X		X									

PRODUCTOS					
1. MADERA O LEÑA	2. MATERIA ORGÁNICA	3. FRUTAS, USO ALIMENTICIO	4. SEMILLAS	5. MEDICINA NATURAL	6. ACEITES, RECINAS, FIBRAS, TINTES, TANINOS



Las tecnologías agroforestales juegan un papel clave en el bienestar socioeconómico (Krishnamurthy & Gómez, 2002), al facilitar la producción de alimentos, recursos medicinales y materiales para la industria y el arte. Su relevancia radica en que promueven el autoabastecimiento en diversas áreas, permitiendo la obtención de bienes tanto para el consumo propio como para la venta (Ospina, 2006).

Además, la integración de árboles en los cultivos, característica esencial de las tecnologías agroforestales, contribuye al bienestar social, ambiental y económico. Los árboles interactúan con los cultivos, promoviendo la diversificación de productos. Asimismo, desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y la mejora del suelo, al aportar materia orgánica. Esto se evidencia en el ciclo de descomposición de las hojas caídas, que enriquecen el suelo con nutrientes y favorecen su calidad (Ramos *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos de los tres sistemas agro-silvícolas muestran la amplia gama de productos aprovechables, los cuales varían en función de la tecnología empleada. Los productos principales de los sistemas incluyen frutas de especies como aguacate, limón, chirimoya y mora. Además, se puede obtener productos de alto valor comercial como aceites esenciales del eucalipto, ciprés, y pino, tintes derivados de la cucarda, nogal y el aliso, productos utilizados en medicina ancestral: tilo, guayaba, eucalipto, entre otros.

El análisis de los sistemas agro-silvícolas estudiados resalta la importancia de integrar tecnologías agroforestales, como cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en lindero y árboles asociados a cultivos perennes, diversifican la producción generando ingresos adicionales.

Un estudio realizado en España, Tlaxcala-México en 2021, destaca que la implementación de tecnologías agroforestales contribuye a la diversificación de los insumos agrícolas. Esto permite a los productores generar una variedad de productos, tanto para su consumo como para su comercialización, promoviendo su venta bajo estándares agroecológicos y orgánicos (Méndez, 2022).



3.1.4. Criterio Estructural

Los tres sistemas se encuentran en el mismo cantón con coordenadas UTM; 17S 794 m E, 3.895m N, cada uno de estos; (ver sección Ubicación del lugar). con áreas por debajo de la hectárea y límites definidos por componentes bióticos y estructurales establecidos por mano del hombre. También comparten el mismo uso anterior como es la agricultura intensiva, hoy se mantienen como sistemas de producción, experimental e investigación.

Los sistemas comparten tecnologías agroforestales a excepción del sistema: *Hostería Cananvalle (Coffea arabica L.-Variedad de especies)* el cual se identificó un huerto familiar por su finalidad de consumo propio y el sistema: *Hostería Cananvalle (Coffea arabica L.-Persea americana Mill.)* con árboles en terraza para restauración de suelos. (tabla 13).

**Tabla 13**

Tecnologías identificadas, disposiciones y componentes vegetales identificados en los tres sistemas agro-silvícolas.

TECNOLOGÍAS IDENTIFICADAS	D.HORIZON TAL	D.VERTICAL	D. TEMPORAL	COMPONENTE VEGETAL PRINCIPAL	
				LEÑOSO	NO LEÑOSO
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies).					
Cortina rompeviento	Zonal en línea	Multiestratificado	Simultáneo	Ciprés (1), Pino (2), Eucalipto (3).	Cucarda (15)
Árboles en asocio con cultivos perennes	Zonal en media luna	Multiestratificado	Simultáneo	Ciprés, Pino, Nogal (4), Calliandra (5), Acacia (6), Guaba (7), Vachellia (8), Leucana(9), Guayaba(10), Fresno(11).	Café (16)
Cercas vivas	Zonal siguiendo el borde del lote	Biestratificado	Simultaneo	Cholán (12), Tilo (13).	Cucarda, Achira (17).
Árboles en lindero	Zonal siguiendo el borde del lote	Multiestratificado	Simultáneo	Mora (14), Aliso (20).	Limón (18)
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)					
Cortina rompeviento	Zonal en línea	Biestratificado	Simultáneo	Ciprés, Casuarina	Arbustos ornamentales
Árboles en asocio con cultivos perennes	Zonal rectangular	Multiestratificado	Simultáneo	Aguacate (19), Aliso, Cedro (21), Casuarina (22), Eucalipto, Fresno, Jacaranda (23).	Café, Arazá (25), Dama de la noche (26), Flor de mayo (27), Croton (28).
Cerca viva	Zonal en fila	Multiestratificado	Simultáneo		Arbustos ornamentales, café, limón, mora (29), Dama de la noche.
Árboles en linderos	Zonal en línea	Multiestratificado	Simultáneo	Aguacate, Eucalipto, Cedro, Aliso,	
Huerto familiar	Mezclado	Multiestratificado	Simultáneo	Aguacate, níspero (24).	Chirimoya (30), limón, mora, tomate de árbol (31).
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i>- <i>Persea americana</i> Mill.).					
Árboles en asocio con cultivos perennes	Zonal rectangular	Multiestratificado	Simultáneo	Aguacate	Café
Cerca viva	Zonal siguiendo el borde del lote	Multiestratificada	Simultáneo		Café, arbusto y pencos.
Árboles en linderos	Zonal siguiendo el borde del lote	Biestratificada	Simultáneo		Limón, naranja (32).
Cortinas rompe vientos	Zonal en línea	Biestratificada	Simultaneo	Ciprés, Jacaranda.	
Árboles en contorno a terrazas	Zonal en línea	Biestratificada	Simultaneo	Aguacate	

Nota. Las especies según su numeración se encuentran en la tabla 14.



Tanto en el sistema Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) que se encuentra a una altitud de 2252 m.s.n.m, como en Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L Variedad de especies) a 2134 m.s.n.m, comparten una disposición vertical predominante multiestratificada, es decir, existen árboles de diferentes alturas en un área determinada, mientras que en Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.- *Persea americana* Mill.) con una altitud de 2109 m.s.n.m. destaca un arreglo biestratificado, lo que significa que existen dos promedios de alturas.

Tabla 14

Especies de los componentes vegetales que comprenden las tecnologías identificadas en los sistemas agro-silvícolas

Numeración	Nombre científico
1	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.
2	<i>Pinus patula</i> .
3	<i>Eucaliptus</i> sp
4	<i>Juglans neotropica</i> Diels.
5	<i>Callaindra</i> sp.
6	<i>Acacia</i> sp.
7	<i>Inga insignis</i> Kunth.
8	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl.
9	<i>Leucaena leucocephala</i> Lam. de Wit.
10	<i>Psidium guajava</i> L.
11	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.
12	<i>Tecoma stans</i> L. Juss. ex Kunth.
13	<i>Sambucus nigra</i> L.
14	<i>Morus alba</i> L.
15	<i>Hibiscus</i> sp.
16	<i>Coffea arabica</i> L.
17	<i>Canna</i> sp.
18	<i>Citrus limon</i> L. Osbeck.
19	<i>Persea americana</i> Mill.
20	<i>Alnus acuminata</i> Kunt.
21	<i>Cedrela odorata</i> Ruiz & Pav.
22	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.
23	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.
24	<i>Erybotria japónica</i> .
25	<i>Psidium cattleyanu</i>



Numeración	Nombre científico
27	<i>Plumeria Alba</i> L.
28	<i>Codiaeum</i> sp.
29	<i>Rubus fruticosus</i> L.
30	<i>Annona cherimola</i> Mill.
31	<i>Solanum betaceum</i> Cav.
32	<i>Citrus</i> sp.

El análisis y profundización de este criterio se basó en conocer y clasificar los sistemas según aquellos componentes que conciertan cada tecnología (Ospina, 2007). De estas identificadas en los tres sistemas, los arreglos espaciales predominantes son: horizontal; zonal en línea y vertical; multiestratificado, este último coincidiendo con Villavicencio (2007) en su caracterización de sistemas agroforestales con café en México donde tanto en el sistema tradicional como rústico presentan similares predisposiciones esto debido a un manejo empírico en la estructura del dosel de los cafetales.

La distribución temporal simultánea tiene presencia total en cada una de estas. El sistema con mayor número de especies vegetales leñosas y no leñosas es el sistema *Hostería Cananvalle* (*Coffea arabica*- *Persea americana* Mill.). Mientras que el de mayor variedad es *Campus Yuyucocha* (*Coffea arabica* L.-variedad de especies). Este resultado respalda la investigación de Calvo (2003) donde resalta que actualmente existe una tendencia al establecimiento de sistemas con café asociado a variedad de especies maderables y agrícolas o no maderables.

3.2. Análisis de la rentabilidad financiera de los tres sitios en el cantón Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura

El análisis financiero de los tres sistemas agroforestales revela que el sistema ubicado en el Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) presenta valores negativos, lo que indica su no viabilidad financiera. Es importante señalar que esto se debe a que el fin principal de este sistema es la investigación y no la producción comercial, lo que explica los datos obtenidos. En cambio, los sistemas en la Hostería Cananvalle muestran resultados positivos, sugiriendo su viabilidad financiera. En particular, el sistema (*Coffea arabica* L.-*Persea americana* Mill. presenta los valores más altos en comparación con (*Coffea arabica* L.-variedad de especies), destacándose en el VAN, la TIR, el Índice Beneficio/Costo (B/C) y el



Valor Esperado de la Tierra (VET), con diferencias de 10775.83, 24%, 12.18 y 92809.71, respectivamente. Es importante destacar que los sistemas en la Hostería Cananvalle alcanzan su rentabilidad financiera a los 20 años. (tabla 15).

Tabla 15

Indicadores financieros.

SISTEMAS	VAN	TIR	B/N	VET
<i>Hostería Cananvalle (Coffea arabica</i>				
<i>L.-variedad de especies)</i>	11235,77\$	27%	3,92	96769,99
<i>Hostería Cananvalle (Coffea arabica-</i>				
<i>Persea americana Mill.)</i>	22011,60\$	51%	16,10	189579,70
<i>Campus Yuyucocha (Coffea arabica</i>				
<i>L.-variedad de especies)</i>	-669,82\$	0	0	-5769,98

Nota. El análisis de rentabilidad de los tres sistemas se realizó considerando un periodo de 20 años. En el sistema agro-silvícola del Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L. – variedad de especies), al tratarse de una entidad educativa, no se registraron ingresos. Sin embargo, se reportaron egresos acumulados por un total de 3.283,95 USD desde la implantación del sistema, los cuales corresponden al tiempo de trabajo del técnico, así como a los costos asociados a la producción y plantación.

Hoy en día, evaluar la viabilidad de un proyecto es fundamental para garantizar su éxito, independientemente de su enfoque. Para ello, indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Beneficio-costos y la Tasa Interna de Retorno (TIR) resultan herramientas clave, ya que el éxito financiero de un proyecto depende de cómo se gestione, una buena ejecución genera ingresos constantes y sostenibles. (Quiñonez *et al.*, 2018).

En este contexto, el Valor Esperado de la Tierra (VET) se posiciona como un indicador complementario y fundamental, especialmente en proyectos vinculados al uso de la tierra. Este indicador permite evaluar la rentabilidad de las actividades realizadas en el predio al determinar si estas generan ingresos suficientes para justificar la inversión, proporcionando así una herramienta clave para la toma de decisiones económicas y estratégicas (Arguello, 2007).

A partir de los resultados de esta investigación, se evidencia que los dos sistemas ubicados en la Hostería Cananvalle son rentables, con valores positivos en el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Beneficio-Costo (B/C). Al igual que en el sistema (cedro-café) analizado por Gonzales *et al.* (2018) en Costa Rica, que también obtuvo valores



positivos (VAN de $\$8,198,601.5$, equivalente a $\$16355,15$, TIR de 16 % y B/C de $\$1,34$ lo que representa a $\$0,0027$), lo que confirma que los sistemas agroforestales tienen una viabilidad financiera.

Se evidencia que el VAN del sistema (*Coffea arabica* L.-*Persea americana*) es el más alto entre los sistemas estudiados y también supera al del sistema (café-cedro) analizado por Gonzales *et al.* (2018). Esta diferencia se debe a que, mientras el sistema (café-cedro) obtiene ingresos únicamente de la venta de madera y café, en la Hostería Cananvalle el aguacate representa una fuente adicional de ingresos, lo que mejora su rentabilidad.

En cuanto a la TIR, el sistema (*Coffea arabica* – *Persea americana*) alcanza un 51%, superando al sistema (Café-Cedro) de Gonzales *et al.* (2018) en un 35% y al sistema (*Coffea arabica* – variedad de especies) en un 24%, lo que demuestra que el sistema con aguacate es el más rentable. Estas diferencias se deben principalmente al tipo de asociación. Además, la duración del sistema (Café-Cedro), que fue de 17 años mientras que los sistemas evaluados fueron en un periodo de 20 años, por lo que posiblemente se ve afectado en los resultados.

Finalmente, la comparación con el sistema agroforestal (Café-Cedro) muestra que el valor de B/C es significativamente mayor en la asociación Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-*Persea americana* Mill.), lo que refleja una mayor rentabilidad debido a la diversificación de productos. En este sentido, los resultados indican que por cada dólar invertido se recuperan hasta $\$15,10$. Cabe mencionar que el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) también es rentable, con un valor de B/C de $\$3,92$, evidenciando su viabilidad. En contraste, el sistema ubicado en Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) no presenta rentabilidad, ya que su enfoque es la investigación y no la comercialización.

El VET positivo en los dos sistemas de la Hostería Cananvalle demuestra que hay rentabilidad y se aprovecha eficientemente el espacio del suelo, creando beneficios sostenibles. Esto coincide con los estudios de Proaño (2021) y Lamilla (2024), evidencian que la integración de árboles con cultivos proporciona ingresos en diferentes momentos, asegurando estabilidad económica y equilibrio, generando, además, valor agregado a la tierra.

3.3 Análisis ecológico de los tres sistemas agro-silvícolas

3.3.1 Suelo

Se presenta un resumen del análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo en los tres sistemas agroforestales estudiados con *Coffea arabica*, ubicados en Hostería Cananvalle y Campus Yuyucocha. En cuanto a las propiedades químicas, se incluyen parámetros como



materia orgánica (MO), macronutrientes (N, P, K, Ca), micronutrientes (Fe, Mn, Zn) y pH, mientras que, respecto a las propiedades físicas, se analiza la densidad aparente, densidad real y porosidad, características clave para evaluar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua y aireación. De este modo, el análisis permite comparar las diferencias en la calidad del suelo entre los tres sistemas agroforestales, proporcionando información relevante para su manejo y productividad (tabla 16).

Tabla 16

Resumen de análisis de suelo.

Propiedades químicas			
Elemento	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i>- variedad de especies arbóreas)	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i>- <i>Persea americana</i>)	Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i>- variedad de especies arbóreas)
MO	3,24 (alto)	4,42 (alto)	4,11 (alto)
N	0,16 (medio)	0,22 (medio)	0,21 (medio)
P	27,8 (alto)	9,6 (bajo)	88,7(alto)
K	0,52 (alto)	0,55 (alto)	0,76 (alto)
Ca	19,52 (alto)	15,08 (alto)	14,82 (alto)
Mg	3,96 (alto)	3,87 (alto)	2,41(medio)
Fe	<15 (bajo)	<15 (bajo)	117,6 (alto)
Mn	5,25 (medio)	11,31 (medio)	9,96 (medio)
Cu	1,96 (medio)	2,40(medio)	4,15 (alto)
Zn	1,78 (bajo)	1,64 (bajo)	4,03 (medio)
B	0,62 (bajo)	2,40 (alto)	0,80 (bajo)
S	23,9 (medio)	25,14 (alto)	21,37 (medio)
Ph	8,31 (alcalino)	8,53 (alcalino)	6,93 (neutro)
Propiedades físicas			
Densidad aparente	0,95 g/ml	0,96 g/ml	0,91 g/ml
Densidad real	2,24 g/ml (muy bajo)	2,4 g/ml (bajo)	2,38 g/ml (muy bajo)
Porosidad	57,75%	59,95%	61,53%

El pH del suelo es una propiedad química crucial para determinar su acidez o alcalinidad, y su intervención para que las plantas dispongan de nutrientes esenciales para las



plantas (Osorio, 2012). Un pH de 6.5 a 7.3 favorece la alta disponibilidad de calcio (Ca) y magnesio (Mg), mientras que valores superiores a 7.4 pueden reducir la disponibilidad de fósforo (P) y otros micronutrientes (Osorio, 2012). Según Intagri (2018), un pH adecuado para el desarrollo vegetal se encuentra entre 6.5 y 7.5, excepto en suelos con altos niveles de sodio (Na), que pueden generar deficiencias de hierro (Fe) debido a la interferencia en su absorción. Además, suelos más alcalinos afectan la disponibilidad de zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn), limitando su absorción por las plantas (Intagri, 2018; Zalduegui, 1984). Zalduegui (1984) también destaca que el pH óptimo para la vida microbiana es cercano al neutro, ya que este favorece la actividad biológica y proporciona una mayor disponibilidad de nutrientes como nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P), lo que mejora el crecimiento vegetal y la fertilidad del suelo.

La materia orgánica es alta en los sistemas agroforestales debido a la contribución de las especies arbóreas mediante la acumulación de hojarasca en la estructura del suelo, lo que favorece la sostenibilidad. Esto mejora la salud del suelo y tiene un efecto beneficioso en la producción (Murray, 2021).

Según la información obtenida, los resultados observados son consistentes con lo esperado. En el sistema de Yuyucocha, al tener un pH neutro, se observa un contenido alto de Ca y Mg, y, como se espera, una mayor disponibilidad de N, S y P. Por otro lado, en el sistema de Hostería Cananvalle (*Coffea arabica-Persea americana*), el pH alcalino se refleja en una baja disponibilidad de Fósforo (P), lo cual concuerda con la literatura que indica que, a pH más alcalino, la disponibilidad de fósforo disminuye. Además, en los sistemas de Hostería Cananvalle, la disponibilidad de Zn y Fe también se ve afectada por su alcalinidad; la materia orgánica es alta en los tres sistemas afirmando que en sistemas agroforestales hay un alto contenido de este elemento.

El contenido de nitrógeno en los suelos de los sistemas estudiados se encuentra en un rango medio a alto, según se detalla en el anexo 12. Este resultado concuerda con lo reportado por Partida *et al.* (2021), quienes, tras diversos estudios, determinaron que el nitrógeno en cafetales varía entre 0,10 % y 0,40 % un nivel adecuado que puede evitar la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados. Este nutriente es fundamental para que la planta tenga vigor, abundancia de hojas y mayor producción de clorofila (Rendón & Sadeghian, 2018), siendo esencial para su desarrollo (Cárdenas, 2004).

De las propiedades físicas del suelo, la densidad aparente incide en el desarrollo de las plantas, dado que un aumento en su valor aumenta la resistencia mecánica y reduce la porosidad,



limitando la expansión de las raíces (Salamanca & Sadeghian, 2006). Suelos con baja densidad son porosos y aireados, lo que favorece el desarrollo radicular, mientras que suelos con alta densidad, al ser más compactos, dificultan la infiltración y la expansión de las raíces (Rubio, 2010).

Una porosidad que oscila entre el 55% y 70% se considera excelente debido a su capacidad para equilibrar la retención de agua y la aireación del suelo. Este rango de porosidad facilita un adecuado drenaje, evitando el encharcamiento y favoreciendo el crecimiento saludable de las raíces, al mismo tiempo que asegura suficiente agua disponible en períodos de sequía (Baldoceña *et al.*, 2021). De esta manera, se confirma que el porcentaje de porosidad de los tres sistemas estudiados es el adecuado, favoreciendo así el desarrollo óptimo de las raíces y la productividad en dichos sistemas.

3.3.2 Microclima

Las variables micro climáticas tomadas durante el periodo noviembre 2023 y junio 2024 como se observa en la tabla 17, mostraron resultados promediales en donde los tres sistemas presentaron diferencias en; humedad relativa, temperatura dentro de los sistemas y viceversa respectivamente.

Las mayores diferencias de temperatura dentro y fuera del sistema se han registrado en Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) con 1,2 °C más fuera de este. En cuanto a humedad relativa la mayor diferencia se acentuó en el mismo sistema con 3,56 % mayor internamente.

Tabla 17

Resumen de variables micro climáticas dentro y fuera de los tres sistemas agro-silvícolas.

SISTEMA	TEMPERATUR A (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	
	Interna	Externa	Interna	Externa
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.- Variedad de especies)	20,82	22,02	67,12	63,56
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- Variedad de especies)	20,54	21,23	70,22	68,54
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	20,13	21,42	72,21	70,41

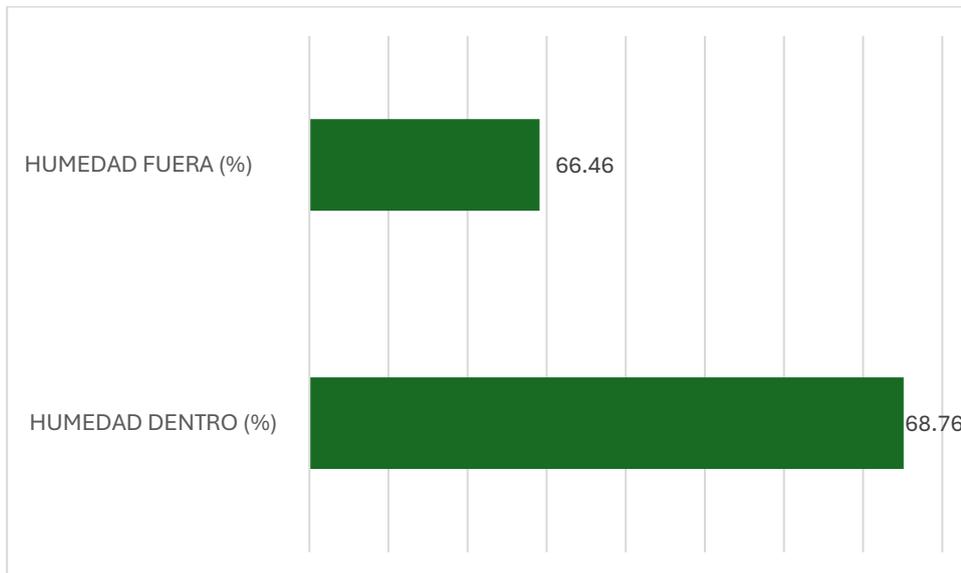


Se puede observar el comportamiento que tiene la humedad relativa en relación con la variación de la temperatura tanto afuera como adentro en una comparación de medias. (figura 10).

Figura 10

Medias de Humedad relativa de los tres sistemas agro-silvícolas durante el periodo noviembre 2023 y junio 2024.

Los resultados evidencian una mayor humedad dentro de los tres sistemas agro-silvícolas con café, lo cual se debe a que factores como el sombreado, la evapotranspiración de los componentes vegetales, los suelos ricos en materia orgánica y la tecnología rompeviento con árboles o arbustos reducen la pérdida de agua y promueven un microclima más húmedo.

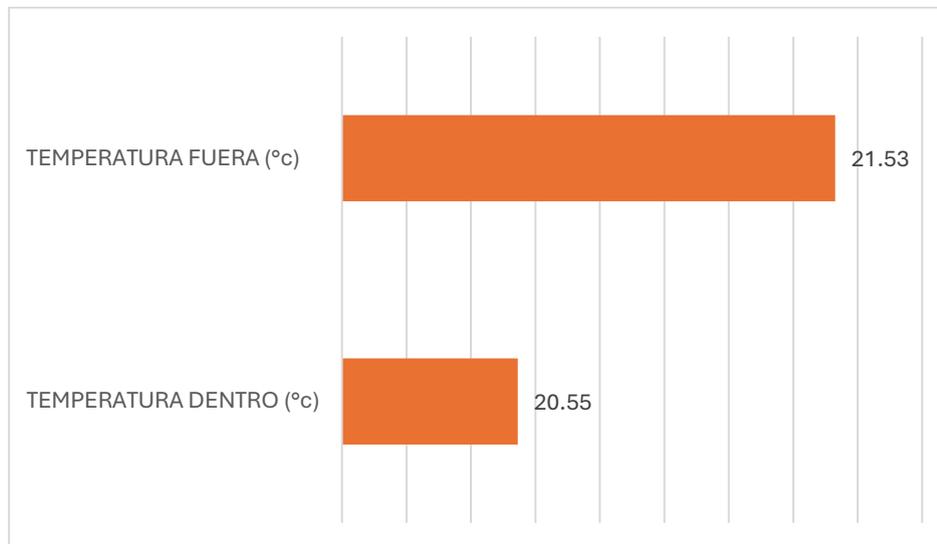




Se evidencia una diferencia de temperatura en los valores mensuales promediados de los tres sistemas agro-silvícolas (Figura 11)

Figura 11

Medias de temperatura de los tres sistemas agro-silvícolas durante el periodo noviembre 2023 y junio 2024.



La agroforestería contribuye a la regulación de las variaciones de temperatura, especialmente cuando los sistemas son manejados adecuadamente (Gomes et al., 2016). Esta capacidad de regulación térmica permite mantener condiciones ambientales más estables dentro del sistema, lo cual es fundamental para cultivos de *Coffea arabica* L. En efecto, según el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE, 2018), la temperatura óptima para el desarrollo del café se encuentra entre los 17°C y 21°C, un rango que puede mantenerse más fácilmente bajo sombra arbórea y con cobertura vegetal adecuada. Además, los sistemas agroforestales no solo regulan la temperatura, sino que también promueven la resiliencia frente al cambio climático. Esto se debe a que integran la diversificación de especies incluyendo cultivos alimentarios, frutales y maderables lo que mejora el uso del suelo, reduce la vulnerabilidad económica del



productor y fortalece la sostenibilidad del sistema en el largo plazo (Montagnini et al., 2015).

La humedad relativa dentro de los tres sistemas agroforestales evaluados presentó un valor promedio de 68,76%, lo que representa un incremento de 2,30% en comparación con el exterior de los sistemas, donde se registró una media de 66,46%. Este aumento, aunque moderado, refleja la influencia del dosel arbóreo en la retención de humedad. Sin embargo, este incremento es menor al reportado por Sarango (2018), quien en su estudio de caracterización micro climática en sistemas similares en Ecuador identificó rangos de diferencia entre 0,68% hasta 9,39%. Las variaciones entre estudios pueden atribuirse a múltiples factores, tales como la composición estructural de los sistemas, la densidad y diversidad de especies, las características del suelo, las prácticas de manejo y las diferencias geográficas y altitudinales de los sitios evaluados.

Por otra parte, la temperatura media registrada dentro de los sistemas agroforestales fue de 20,55°C, lo que representa una reducción de 0,98°C respecto al exterior, donde la media fue de 21,53°C. Esta diferencia, aunque menor, confirma el efecto moderador del dosel vegetal sobre las condiciones térmicas. Comparativamente, Amaya et al. (2019) reportaron una reducción térmica más pronunciada de hasta 3°C en sistemas silvopastoriles en Colombia, lo cual puede explicarse por una mayor homogeneidad de especies, mayor densidad arbórea o por diferencias en la metodología de evaluación. Estos resultados refuerzan el papel de los sistemas agroforestales en la estabilización del microclima, particularmente en ambientes tropicales de altitud media.

3.3.3 Biodiversidad

3.3.3.1. Biodiversidad de aves

Todos los resultados están basados en la tabla de clasificación de Aguirre (2013). (Ver Materiales y métodos, sección biodiversidad).

Los resultados del índice de Shannon muestran similitudes en los sistemas que se encuentran en la Hostería Cananvalle mientras que en los índices de Simpson son valores que no difieren significativamente entre ellos, integrando dentro de un rango de diversidad media (tabla 18).



Tabla 18

Índices de biodiversidad de aves en los tres sistemas agro-silvícolas

SISTEMA	INDICE DE SHANNON	INDICE DE SIMPSON
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-Variedad de especies)	1,95	0,82
Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.-Variedad de especies)	2,48	0,90
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	2,26	0,86

A pesar de estar dentro de la misma clasificación de biodiversidad Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) es el sistema que menos valor por índice ha presentado, por el contrario, Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L.-variedad de especies) presentó los valores más altos. Esto debido a la presencia de comederos y bebederos para aves presente allí. El índice de Shannon mostró que los tres sistemas presentan una riqueza media y distribución de especies similar. Mientras que el índice de Simpson muestra que los sistemas tienen una alta dominancia de una especie dentro de las áreas evaluadas.

La presencia de especies de árboles frutales en los tres sistemas es un factor muy perceptible e influyente en la atracción de aves por sus interacciones evidenciadas con el componente leñoso. (Figura 9)

3.3.3.2. Biodiversidad de Insectos.

Como resultados en el índice de Shannon y de Simpson se observó que el sistema del Campus Yuyucocha obtuvo los valores más altos colocándolo entre las clasificaciones de biodiversidad alta y media, mientras que, en Hostería Cananvalle el sistema con asociado de café-aguacate es el que menor biodiversidad posee, observar (tabla 19).

Tabla 19

Índices de biodiversidad de insectos en los tres sistemas agro-silvícolas.

SISTEMA	INDICE DE SHANNON	INDICE DE SIMPSON
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)	1,39	0,67
Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> -variedad de especies)	1,26	0,62
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> - <i>Persea americana</i> Mill.)	1,01	0,49



El índice de Shannon, en el sistema del Campus Yuyucocha indica que hay una alta riqueza y una distribución armónica de los diferentes órdenes evaluados, y una media riqueza de dominancia por especie en cuanto al índice de Simpson, a diferencia del sistema de la Hostería Cananvalle en asocio con aguacate en donde su biodiversidad y distribución es baja, compartiendo una dominancia media por una especie.

Varios factores influyen en estos resultados, el principal es que existe manejo constante y control de plagas a los cafetales que están presente en los sistemas con nivel bajo y medio. Mientras que no hay un control registrado o al menos reciente en el sistema más diverso.

3.3.3.3. Biodiversidad Mamíferos

Los hallazgos dados por el índice de Shannon muestran que hay una diversidad baja en el área, mientras que el índice de Simpson arroja resultados que clasifican en diversidad media a los tres sistemas. (Tabla 20)

Tabla 20 Índices de biodiversidad de mamíferos en los tres sistemas agro-silvícolas.

SISTEMA	INDICE DE SHANNON	INDICE DE SIMPSON
Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)	0,78	0,48
Hosteria Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.-variedad de especies)	0,84	0,49
Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	0,98	0,59

En los tres sistemas existe una riqueza y distribución de mamíferos baja dentro del área evaluada. Aun así, se mantiene la dominancia media de una especie como se interpreta en los resultados del índice de Simpson. Se puede entender estos bajos índices por su ubicación urbana en donde predomina el animal domesticado (perros, gatos, etc.) limitando así su valor de diversidad y distribución de fauna mamífera en cada uno de los sistemas.

La agrosilvicultura desempeña un papel vital en la protección de la biodiversidad al crear hábitats diversos para muchas especies sin detener la producción agrícola (Ramírez *et al.*, 2016). En este contexto, los sistemas agroforestales benefician no sólo a las plantas sino también a los animales. Varios ejemplos destacan que los sistemas agroforestales no sólo contribuyen a la biodiversidad vegetal, sino que también proporcionan corredores biológicos y protegen especies que podrían estar en peligro en ecosistemas intervenidos de forma antrópica. (Villanueva *et al.*, 2023).



En los tres sistemas se encontraron valores dentro del rango de diversidad media y alta en cuanto aves e insectos, contrario al estudio de Espinoza (2018) sobre los impactos de sombra de *Vachellia macracantha* Seiguer & Ebinger con café que presentó una baja biodiversidad dentro del sistema, esto como posible consecuencia de los diferentes componentes tanto de especies leñosas y no leñosas presentes en cada uno.

Los datos obtenidos de diversidad en mamíferos de los tres sistemas son inéditos, por lo que no se encontraron puntos de comparación con estudios similares.

3.4. Calidad de café de los tres sistemas agro-silvícolas

3.4.1. Resultado de la evaluación de calidad de café en taza.

La calificación de la cata reflejo puntuaciones que varían entre 80 y 86,5 puntos, lo que refleja una calidad considerablemente alta en todos los casos (tabla 21)

Tabla 21

Resultados de cata de las muestras de café seleccionadas.

CÓDIGO	VARIEDAD	SISTEMA	PUNTUACIÓN
SK1-1	SL-28	Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L, -Variedad de especies)	80
SK3-1	Caturra roja	Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L, -Variedad de especies)	86
KT3-3	Caturra roja	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L.- <i>Persea americana</i> Mill.)	86,5
SK2-1	Bourbon sidra	Campus Yuyucocha (<i>Coffea arabica</i> L, -Variedad de especies)	S/C
SA3-2	Caturra roja	Hostería Cananvalle (<i>Coffea arabica</i> L, -Variedad de especies)	82

Nota. (S/C) Sin catar por fallas técnicas.

Fueron cinco las muestras que pasaron el proceso de selección (% Densidad, Humedad de granos verdes, % De granos depurados) por cada sistema para su posterior tueste. Su codificación fue con el objetivo de mantener en anonimato su proveniencia y garantizar un juicio neutral.

Interpretación de los puntajes obtenidos de la cata. (tabla 22).



Tabla 22

Cuadro de interpretación de puntajes.

Puntaje	Categorías
>90	Presidencial
	De
85-89.99	Especialidad
80-84.99	Especial
<80	Comercial

Nota. Datos obtenidos de la entrevista con el catador

Con referencia al cuadro interpretativo de puntajes, las muestras KT3-3 y SK3-1, correspondientes a la variedad Caturra roja de los sistemas Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - *Persea americana* Mill.) y Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L. - Variedad de especies), se posicionan como cafés de especialidad o excelente. Por otro lado, la muestra SK1-1 de la variedad SL-28 del sistema Campus Yuyucocha y SA3-2 de Caturra roja del sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - Variedad de especies) entran en la categoría de cafés especiales o muy buenos (Specialty Coffee Association, 2024). Estos resultados coinciden con las referencias de potencial de calidad proporcionadas por World Coffee Research (2025) en su catálogo de variedades, donde se menciona que las variedades Caturra roja y SL-28, cuando se cultivan a altitudes altas, presentan un rango de calidad en taza que varía de bueno a excepcional.

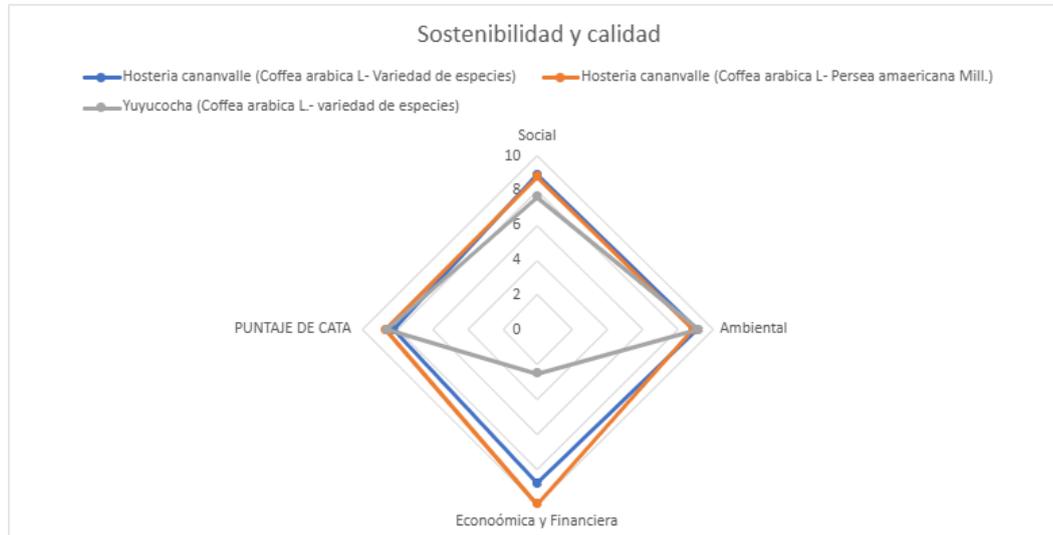
3.4.2. Resultado relación calidad- sostenibilidad

Se observa una mayor correlación entre las dimensiones de sostenibilidad y calidad en el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - *Persea americana* Mill.), seguido por el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - variedad de especies). Por último, en el sistema Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L. - variedad de especies), se aprecia una relación entre las dimensiones social, ambiental y calidad, sin conexión con la dimensión económica-financiera, dado que el objetivo principal de este sistema es educativo y no monetario. (Figura 12).



Figura 12

Relación entre las Dimensiones de Sostenibilidad y Calidad en los Sistemas Agro-silvícolas Estudiados.



La sostenibilidad, entendida como un equilibrio entre los aspectos social, ambiental y económico, debe ser abordada de manera integral en los sistemas productivos (Dong & Hauschild, 2017). En este sentido, la evaluación de indicadores que permitan conocer el estado de cada uno de estos componentes resulta fundamental, ya que proporciona información clave para la toma de decisiones (Verma & Raghubanshi, 2018).

El análisis de los tres sistemas agro-silvícolas evaluados evidencia un equilibrio general en las dimensiones de la sostenibilidad. Entre ellos, el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. – *Persea americana* Mill.) obtuvo los puntajes más altos en los tres ejes: social, ambiental y económico. Este desempeño se complementa con un alto nivel de calidad del café, lo que representa un valor agregado importante, ya que la calidad incide directamente en la competitividad del producto.

Además, tanto este sistema como el de Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. – variedad de especies) presentan una destacada dimensión social, derivada de su vinculación con el turismo. Esta integración no solo favorece la generación de empleo, sino que también facilita la comercialización del café, al contar con una plataforma de venta más directa y diversificada.

Por otro lado, el sistema Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* L. – variedad de especies) muestra una debilidad en la dimensión económica. Sin embargo, presenta fortalezas en las



dimensiones social y ambiental, así como en la calidad del café, lo que resalta su potencial como sistema agroforestal sostenible con posibilidades de mejora en su rentabilidad.

En un estudio realizado por Oviedo & Castro (2021), se destaca que los sistemas agroforestales con café ofrecen mayor calidad y cantidad de grano en comparación con los monocultivos. Además, la diversificación con cultivos como aguacate y frutas genera ingresos adicionales durante el año. Sin embargo, la rentabilidad de estos sistemas no siempre se refleja debido a la falta de registros financieros adecuados y la ausencia de asistencia técnica, lo que limita su optimización. La integración de árboles de alto valor comercial abre la posibilidad de mayores ingresos.

Los resultados obtenidos en el estudio de Oviedo & Castro (2021) en cinco departamentos de Colombia, coinciden con el presente estudio, específicamente en el sistema de Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L - *Persea americana* Mill.), donde se observa un notable potencial de rentabilidad y diversificación. Sin embargo, en el sistema de Campus Yuyucocha (*Coffea arabica* - variedad de especies), persiste la limitación de la rentabilidad debido a la falta de registros financieros y comercialización.

En la dimensión ambiental, Oviedo & Castro (2021) obtuvieron un alto puntaje en términos de biodiversidad y protección de fauna silvestre en los sistemas evaluados. Resaltan además la importancia de los árboles de sombra, los cuales favorecen la generación de condiciones micro climáticas estables, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental de los sistemas agroforestales. Este hallazgo se alinea con la presente investigación sobre sistemas agro-silvícolas, donde la integración de especies mostro que se favorece la biodiversidad y la regulación del microclima.

En la dimensión social, aunque no se encontraron indicadores comunes con la presente investigación, Oviedo & Castro (2021) destacan una sostenibilidad media en los sistemas agroforestales, debido a que en los sistemas estudiados no generan empleo, al tratarse de iniciativas de carácter comunitario orientados principalmente a la subsistencia familiar. En contraste, en la presente investigación, la dimensión social tiene un mayor impacto, ya que los sistemas se desarrollan a nivel institucional y con fines de agroturismo, lo que sí permite la generación de empleo y, además, contribuye al fortalecimiento de conocimientos.

En cuanto a la calidad, los autores señalan que los sistemas agroforestales tienen un alto potencial para producir café de calidad, aunque la productividad y rentabilidad pueden verse afectadas si no se gestionan adecuadamente.



Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

En cuanto a las características socioeconómicas, ecológicas, funcionales y estructurales, los tres sistemas agro-silvícolas presentan potencial para alcanzar la sostenibilidad, cada uno con enfoques distintos: en Yuyucocha, a través del apoyo institucional, y en Cananvalle, mediante el turismo agroforestal brindan una participación social amplia, potencialidad en diversificación de productos debido a sus componentes y tecnologías desarrolladas en el tiempo de conformación de los sistemas, incentivando así la presencia de interacciones ecológicas mutualistas importantes entre los diferentes componentes que los conforman y la fauna respectivamente.

El análisis financiero muestra que los sistemas agroforestales en la Hostería Cananvalle son rentables, destacándose la combinación de (*Coffea arabica* L. - *Persea americana* Mill.) debido a la venta de dos productos altamente comercializados: el aguacate y el café. Además, este sistema tiene una proyección favorable por la venta de madera. Es el sistema que mejor aprovecha el espacio y el uso de la tierra.

El análisis ecológico demostró que en los tres sistemas por la presencia de árboles frutales leñosos y no leñosos, favorece el equilibrio entre las variables del suelo, biodiversidad y el microclima, además, al estar presente la interacción árbol- cultivo, el suelo mantiene un balance en sus propiedades físicas y químicas que permiten una producción de productos primarios y secundarios constante, manteniendo así la presencia de aves e insectos, las primeras incluyendo migratorias y residentes, por las funciones de hospedaje y alimentación que ofrece cada sistema con los productos mencionados que a pesar de las estaciones climáticas irregulares también han mantenido un microclima interior constante y poco irregular, aportando así un modelo de resiliencia frente al cambio climático.

Se evidencia que la calidad aporta a la sostenibilidad, estableciendo un vínculo con la rentabilidad al influir directamente en el precio del producto. Esta relación es más fuerte en el sistema Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - *Persea americana* Mill.), seguida por Hostería Cananvalle (*Coffea arabica* L. - Variedad de especies), mientras que en el Campus Yuyucocha, aunque mantiene una buena calidad, la dimensión económica es débil debido a su enfoque educativo. Los procesos implementados para mejorar la calidad fueron clave para establecer esta conexión.



4.2. Recomendaciones

Se recomienda hacer el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables de los tres sistemas evaluados a través del convenio Universidad Técnica del Norte- Hostería Cananvalle, para maximizar el potencial funcional y social mientras se perfeccionan estructuralmente las diferentes tecnologías a través de mantenimientos y preservación de potencialidades ecológicas.

Se propone aprovechar los recursos del sistema ubicado en el Campus Yuyucocha para generar ingresos, con los que se pueda adecuar un área postcosecha del café, que permita realizar procesos que mejoren la calidad de producto y así potenciar su valor.

Se recomienda monitorear las variables estudiadas para evaluar el estado del suelo y optimizar su manejo en distintas etapas.

Se sugiere aprovechar el potencial del sistema agro-silvícola ubicado en el Campus Yuyucocha, implementando procesos que garanticen la obtención de una alta calidad del café, lo que contribuirá a mejorar la sostenibilidad, en cuanto al ámbito económico.



Referencias bibliográficas

- Accerenzi, M., & Duke, K. (2023). Empoderamiento de las mujeres en el sector café en Honduras. *Revista de Fomento Social*, (305), 45–71. <https://doi.org/10.32418/rfs.2023.305.5246>
- Acevedo, D., TRueda, J. Á., Prado-Hernández, J. V., & Hernández-Acosta, E. (2019). Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest, agroforestry and coffee monoculture systems. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 25(2), 169-184.
- Agrocalidad. (2018). *Instructivo: Muestreo para análisis de suelos* (INT/SFA/10, Rev. 3, pp. 9–11). Agencia de Regulación y Control Fitosanitario.
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. <https://zhofreaguirre.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Álvarez-Manjarrez, J., Solís Rodríguez, A. U., Villarruel-Ordaz, J. L., Ortega-Larrocea, M. D. P., & Garibay-Orijel, R. (2021). Micorrizas del bosque tropical caducifolio y otras simbiosis fúngicas. *Acta Botánica Mexicana*, (128), 1–21. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1793>
- Amaya, R. C., González, M. C., & Rodríguez, R. C. (2019). Evaluación del microclima en un sistema silvopastoril en Montemorelos, Nuevo León, México. *Foresta Veracruzana*, 21(1), 1–11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49759430003>
- Añazco, R., Suárez, L., & Torres, B. (2017). *Agricultura sostenible del Ecuador* (p. 101). CIDE.
- Arauz Vásquez, K. L. (2019). *Contribuciones de los sistemas agroforestales a la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico en un paisaje fragmentado (parte media y alta) de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica* (Tesis doctoral, Universidad de Costa Rica). <https://repositorio.ucr.ac.cr/handle/10669/79150>
- Argüello Ruiz, M. R. (2007). *Potencial del mecanismo de desarrollo limpio en las plantaciones forestales de Panamá* (Tesis de maestría, Universidad de Panamá).
- Astier, M., Masera, O., & Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://doi.org/10.22201/ciga.9788461256419e.2008>
- Baldoceda, Á., Maldonado, M., & Alcántara, F. (2021). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Revista Ciencia y Desarrollo*, 20(2), 17–28. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/871>



- Banco Central del Ecuador. (2024, enero). *Resultados de Comercio Exterior enero 2024*. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_012024.pdf
- Benedetti, I. (2018). Aspectos ecológicos de los sistemas agroforestales. En *AGFOSY. Módulo 3* (pp. 15–16).
- Calvo, J., & Ramírez, E. (2007). Caracterización de los sistemas agroforestales con café en el Área de Amortiguamiento de la Reserva de Biosfera La Amistad, Pejibaye de Jiménez, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(37–38), 2007.
- Cárdenas-Navarro, R., Sánchez-Yáñez, J. M., Farías-Rodríguez, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 173–178.
- Carrillo-Mora, P., Ramírez-Peris, J., & Magaña-Vázquez, K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 56(4), 5–15. <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2013/un134b.pdf>
- Checa, X. (2008). *Caracterización de Sistemas Agroforestales (SAF) en la Sub-Región Sierra Centro del Ecuador*. INIAP.
- Chininin Ramón, E. J. (2017). *Análisis de la diversidad de avifauna asociada a un sistema agroforestal de café en la microcuenca El Cristal, parroquia Malacatos, Loja* (Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja). Repositorio Institucional UTPL. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21079>
- Cialdella, N., Jacobson, M. & Penot, E. Economics of agroforestry: links between nature and society. *Agroforest Syst* 97, 273–277 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00829-z>
- Corella, S. M. F. (2016). Agroforestería y biodiversidad: La importancia de los sistemas agroforestales en la conservación de especies. *Biocenosis*, 30(1), 59–62.
- Combe, J., & Budowski, G. (1979). Clasificación de las técnicas agroforestales; una revisión de literatura.
- Cunuhay, P., Coronel, T., & Cruzatty, L. (2009). Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea arabica* L.) y en monocultivo en el litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 2(2). <https://doi.org/10.18779/cyt.v2i2.81>



- DaMatta, F., & Rodríguez, N. (2007). *Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Centro Editorial.
- De la Riva, T., Reyna Rabanal, J., Sarmiento Barletti, J. P., & Robiglio, V. (2024). *Destacando el rol de la mujer y su participación en la chacra: Evidencias para impulsar intervenciones inclusivas en la implementación de los títulos habilitantes para la agricultura familiar* (CIFOR-ICRAF Info Brief No. 151). CIFOR-ICRAF. <https://doi.org/10.17528/cifor-icraf/009132>
- De Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Júnior, A. I. M., do Prado, F. G., Pagnoncelli, M. G. B., Karp, S. G., & Soccol, C. R. (2020). Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products. *Advances in Food and Nutrition Research*, 91, 65–96. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.002>
- De Melo, E., Caicedo, C., Astorga, C., Bastidas, F., Caicedo, W., Criollo, N., ... & Fernández, F. (2014). Agroforestería Sostenible en la Amazonía ecuatoriana. *CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico*, (398), 105.
- De Souza Rolim, G., de Oliveira Aparecido, L. E., de Souza, P. S., Lamparelli, R. A. C., & dos Santos, É. R. (2020). Climate and natural quality of Coffea arabica L. drink. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 87-98.
- Del Cioppo, J. y Bello, M. (2018). *Indicadores de impacto social para evaluación de proyectos de vinculación con la colectividad*. *Económicas CUC*, 39(1). 105-116. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/econcuc.39.1.2018.07>
- Detlefsen, G., & Somarriba, E. (2015). Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales, Serie técnica. Informe técnico*, 402, 21-43.
- Dong, Y., & Hauschild, M. Z. (2017). Indicators for environmental sustainability. *Procedia Cirp*, 61, 697-702. Ecuador). <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10880/2/03%20FOR%20322%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Espinosa, A. (2018). *Impactos de la sombra de espino Vachellia macracantha Seigler & binger en asocio con café Coffea arabica L. var. Caturra rojo en la parroquia Santa Catalina De Salinas, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., ... & Poczai, P. (2022). *Agroforestry systems for soil health improvement and*



- maintenance*. Sustainability, 14(22), 14877. <https://doi.org/10.3390/su142214877>
- FAO (2013). 300 años de actividades forestales sostenibles. Unasilva. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/371c2cfc-8ca2-5740-9f1b-c1d7ef22a0ff/>
- Farfán V., (2014) *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Manizales, Caldas (Colombia), 2014. 342 p ISBN: 978-958-8490-16-8
- Figueroa, J. (2005). *Valoración de la biodiversidad: perspectiva de la economía ambiental y la economía ecológica*. Interciencia, 30(2), 103-107.
- Fortmann, L., & Rocheleau, D. (1985). *Women and agroforestry: four myths and three case studies*. Agroforestry Systems, 2(4), 253–272. <https://doi.org/10.1007/BF00147037>
- Forum del Café. (2024). *La densidad del grano de café: De la semilla a la taza*. <https://forumdelcafe.com/la-densidad-del-grano-de-cafe-de-la-semilla-a-la-taza/>
- Fournier, L. (1981). *Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, 5(1/2), 141-147. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v05n1-2_141.pdf
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, 44.
- García, E. (2022). *La agroforestería en la integración y sostenibilidad del paisaje*. Napo: Ikiam.
- García, L. (2008). Plantas útiles en los sistemas agroforestales tradicionales. *Ciencia y Tecnología*, 7.
- Gomes, L. C., Bianchi, F. J. J. A., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., Fernandes Filho, E. I., & Schulte, R. P. O. (2020). *Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 294, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>
- González, C., Lojka, B., & Cardona, C. (2024). Agroforestería para la conservación de la biodiversidad en América Latina.: una revisión sistemática. (2024). *Revista De Investigación Y Proyección Eutopía*, 1, 1-25. <https://revistas.url.edu.gt/index.php/eutopia/article/view/5/4>
- González-Rojas, M., Murillo-Cruz, R., & Arias, C. Á. (2018). Rentabilidad financiera de *Cedrela odorata* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 129-144. <https://www.redalyc.org/pdf/6650/665070589007.pdf>
- Guambi, L. A. D., Talledo, D. S. F., & Ávila, E. L. G. (2016). *Calidad organoléptica del café (Coffea arabica L.) en las zonas centro y sur de la provincia de Manabí, Ecuador*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_REEAP/Pdf_REEAP



- Guix, J.C. 2021. *Interacciones mutualistas entre animales y plantas. I.Introducción general. Publicacions del Centre de Recursos de Biodiversitat Animal*. Universitat de Barcelona, Volum 7, 45 pp.
- Instituto Geográfico Militar. (2013). *Atlas Geográfico Nacional del Ecuador 2013*. Geoportal Ecuador. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/atlas-geografico-nacional-del-ecuador-2013/>
- Intagri. (2018). *Disponibilidad de nutrimentos y el pH del suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo>
- Jezeer, R., & Verweij, P. (2015). *Café en sistemas agroforestales. Doble Dividendo para la Biodiversidad y los Pequeños Agricultores en Perú*. Hivos. El Haya, Holanda.
- Krishnamurthy, L., & Uribe Gómez, M. (Eds.). (2002). *Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) <https://www.calameo.com/read/000908327951659bfc946>
- Labandeira, X., León, C. J., & Vázquez, M. X. (2019). *Economía ambiental* (No. 333.7 L3.). *Pearson Educación*.
- Lamilla , P. (2024). *Análisis de la rentabilidad financiera de un sistema agroforestal en Apuenda, zona de Intag* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte). Repositorio Institucional de la Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15978>
- Lavrinenko, O., Ignatjeva, S., Ohotina, A., Rybalkin, O., & Lazdans, D. (2019). The role of green economy in sustainable development (case study: the EU states). *Entrepreneurship and sustainability issues*, 6, 1113-1126.
- Martinez, D. (2024). *Interacciones biodiversas en sistemas agroforestales: Un estudio integral*. <https://idi-a.es/interacciones-biodiversas-en-sistemas-agroforestales-investigados/>
- Maza H. (2011). *Interacciones ecológicas, biológicas y económicas en los sistemas agroforestales. Technology of Forest Products*.
- Melo, E. d. (2014). *Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. CATIE*.
- Méndez Cervantes, J. E. (2022). *Sistemas agroforestales con metepantle y sus aportaciones socioeconómicos a comunidades campesinas de Españita, Tlaxcala* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo).



<https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/027fa188-620b-49c8-ac2d-cdef8a93005b>

- Mendieta M. y Rocha Molina L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2443/1/nf08m538.pdf>
- Mendoza, C. (2021). *Territorio y desarrollo sostenible*. Ediciones de la U. https://www.google.com.ec/books/edition/Territorio_y_desarrollo_sostenible/NiwaEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Ciro+Alfonso+Serna+Mendoza%22&printsec=frontcover
- Merle, I., Villarreyana-Acuña, R., Ribeyre, F., Rouspard, O., Cilas, C., & Avelino, J. (2022). Microclimate estimation under different coffee-based agroforestry systems using full-sun weather data and shade tree characteristics. *European Journal of Agronomy*, 132, 126396. Obtenido de: <https://hal.inrae.fr/hal-03473219v1/file/S1161030121001672.pdf>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie técnica. Informe técnico.
- Moreno Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 1–14. <https://doi.org/10.7550/rmb.32168>
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Muhamad, A., Syihab, A. H., & Ibrahim, A. H. (2020). Preserving human–nature’s interaction for sustainability: Quran and Sunnah perspective. *Science and engineering ethics*, 26(2), 1053-1066.
- Muñoz-Belalcázar, J. A., Benavides-Cardona, C. A., Lagos-Burbano, T. C., & Criollo-Velázquez, C. P. (2021). Manejo agronómico sobre el rendimiento y la calidad de café (*Coffea arabica*) variedad Castillo en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 750-763.
- Murray-Núñez, R., Orozco-Benítez, G., Flores-Vilchez, F., Marcelleño-Flores, S., & Nájera-González, O. (2021). La acumulación de materia orgánica mejora el suelo en un sistema agroforestal. *Abanico Agroforestal*, 3(1), 2–0. ISSN 2594-1992,
- Navia, J. (2000). Agroforestería. *Centro para el desarrollo agropecuario y forestal (CEDAF)*, 182 p.
- Ocampo Zambrano, L. A. (2018). *Sostenibilidad del sistema silvopastoril con *Alnus nepalensis* D. Don en asocio con *Brachiaria decumbens* Stapf en la parroquia Peñaherrera, cantón*



Cotacachi, provincia de Imbabura [Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN.

ONU. Acerca del Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas Cepal, (s/f): 1.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024).

FAO movilizará US\$ 8,15 millones para el empoderamiento de las mujeres rurales en América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/1678527/>

Organización Internacional del Café. (2018). *Normas nacionales de calidad.* Londres: Consejo Internacional del Café.

Osorio, N. W. (2012). *pH del suelo y nutrientes.* Obtenido de: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

Osorio, V. (2021). La calidad del Café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3a ed., pp. 219–234). *Cenicafé.* https://doi.org/10.38141/10791/0014_12

Ospina, A. (2006). Agroforestería, Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Santiago de Cali: ACASOC.

Oviedo-Celis, R. A., & Castro-Escobar. E. S. (2021). Un análisis comparativo de la sostenibilidad de sistemas para la producción de café en fincas de Santander y Caldas, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(3), e2230. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2230

Pantera, A., Mosquera-Losada, M. R., Herzog, F., & Den Herder, M. (2021). Agroforestry and the environment. *Agroforestry Systems*, 95(5), 767-774. obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00640-8>

Paredes Andrade, N., Astorga, C., Fernández, F., & Vera, A. (2018, julio). El rol de los sistemas agroforestales en la conservación del suelo, biodiversidad, producción de agua, y almacenamiento de carbono. En *Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana*, N.º 2: Fragilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana y potenciales alternativas agroforestales para el manejo sostenible (Cap. 5, pp. 1–13). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5449>

Partida-Sedas, S., Cabal-Prieto, A., González-Reséndiz, J. de J., Albortante-García, J., Carlos-Cano, J., & Ruiz-Rosado, O. (2021). Determinación y distribución espacial de nitrógeno



total en suelos cafetaleros de una microcuenca hidrográfica. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 7(7), 181–182. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de <https://zaloamati.azc.uam.mx/server/api/core/bitstreams/0f1efe49-1dc3-462f-82d6-55b1083bf208/content>

- Peet, R. (2003). *The Measurement of Species Diversity. Annual Review of Ecology and Systematics*, 35(1), 285-307. <https://www.jstor.org/stable/2096890>
- Perfect Daily Grind. (2024). *Un recorrido por las zonas productoras de café en Ecuador.* <https://perfectdailygrind.com/es/2024/06/28/recorrido-zonas-productoras-cafe-ecuador/>
- Ponce , L., Acuña, I. R., Proaño , W. , & Orellana, K. (2018). El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), 116-129. ISSN 2310-3469
- Preedy, V. R. (Ed.). (2014). *Coffee in health and disease prevention. Academic Press.* obtenido de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cFECBAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=importance+of+coffee+quality+on+human+health+&ots=3ogFFTew2z&sig=HevoZPDACbxyLwI3C5CM-ZHcIBk#v=onepage&q=importance%20of%20coffee%20quality%20on%20human%20health&f=false>
- Proaño, B. (2021). Sostenibilidad de la práctica agroforestal (Linderos) en la zona de Intag.
- Puerta, G., Echeverry, J. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avance Técnicos Cenicafe*, 12.
- Quiñonez, É. ., Monserrate, R., & López, S. (2018). La viabilidad de un proyecto, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(17), 9-15.
- Quiroga,. R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas.* cepal. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9fdb0f55-a26d-4ad7-9d03-afae9f73ae5c/content>
- Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, A. G., Bollo, M., & Castelo-Agüero, D. C. (2016). Potencial para la conservación de la geodiversidad de los paisajes del Estado de Michoacán, México. *Perspectiva Geográfica*, 21(2), 321-



344. <https://doi.org/10.19053/01233769.5856>

- Ramos Veintimilla, R. A., Nieto Cabrera, C. M., Limongi Andrade, J. R., & Romero Mancero, F. M. (2018). Estimación de carbono almacenado en dos sistemas agroforestales plantados en la Estación Experimental Santa Catalina. *En Memorias del V Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología, Emprendimiento e Innovación* (pp. 451–452). INIAP – Estación Experimental Portoviejo. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5115/1/INIAPEEPMEMORIASpdf2.pdf>
- Rendón S., J. R., & Sadeghian K., S. (2018). Aplicación de índices espectrales para identificar necesidades de fertilización nitrogenada en café. *Revista Cenicafé*, 69(1), 7–15 obtenido de [:https://www.cenicafe.org/es/publications/arc069%2801%29007-015.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc069%2801%29007-015.pdf)
- Rubio, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales* (Trabajo de fin de carrera). Universidad de Sevilla. Obtenido de https://www.academia.edu/33356361/LA_DENSIDAD_APARENTE_EN_SUELOS_FORESTALES_DEL_PARQUE_NATURAL_LOS_ALCORNOCALES_Proyecto_fin_de_carrera
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2006). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381–397. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Salazar, E., Muschler, R., Sánchez, V., & Jiménez, F. (2000). Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Erythrina poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7(26)
- Salazar, E., Mushler, R., Sánchez, V & Jimenez. (1999). Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Eritryna poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 3.
- Salgado Perilla, H. E., & Sarmiento Muñoz, L. A. (2015). *Inventario de lugares potenciales para el desarrollo del componente práctico de los cursos del programa Tecnología en Sistemas Agroforestales de la UNAD, en los municipios de Macanal y Garagoa*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/3706/1/68302496.pdf>
- Sánchez-Hernández, S., Escamilla-Prado, E., Mendoza-Briseño, M. A., & Nazario-Lezama, N. (2018). *Calidad del café (Coffea arabica L.) en dos sistemas agroforestales en el centro*



de Veracruz, México. Agroproductividad, 11(4), 80-86.

- Sarango, T. (2018). Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba-Olmedo (Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja). Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20897/1/TaniaYasminSarangoAcaro.pdf> Repositorio Digital UNL
- Sherman, J. D., Thiel, C., MacNeill, A., Eckelman, M. J., Dubrow, R., Hopf, H., ... & Bilec, M. M. (2020). *The green print: advancement of environmental sustainability in healthcare*. Resources, Conservation and Recycling, 161, 104882.
- Soncim, I., Virginio Filho, E. D. M., Righi, C., & Shirota, R. (2019, September). Rentabilidad económica de sistemas agroforestales con café: estudio de largo plazo en Turrialba, Costa Rica. In *XXIV Simposio Latinoamericano de Caficultura, Guatemala* (pp. 17-28).
- Soto, L. (2023). *Guía de buenas prácticas para la innovación en procesos postcosecha*. Asociación Nacional del Café – Anacafé. <https://www.anacafe.org/uploads/file/56ff869769ce4f718eea55b33c8424e6/Guia-innovacio%CC%81n-procesos-poscosecha.pdf>
- Specialty Coffee Association of America. (2005). *Cupping protocols*. Obtenido de :<https://atlanticspecialtycoffee.com/wp-content/uploads/SCAA-Cupping-Protocols-2005.pdf>
- Specialty Coffee Association. (2024). SCA Standard 103-2024: *Coffee value assessment – Descriptive assessment (Version 2, June 2024)*. Specialty Coffee Association. <https://sca.coffee/value-assessment>
- Taylor, R. (2003). *¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales?* Agroforestería en las Américas, número 39-40 (2003). obtenida de: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5912/Como_medir_la_diversidad_de_aves_presentes.pdf?sequence=1
- Torres, K. (2024). *Diversidad y abundancia de quirópteros en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), Tingo María, Huánuco, Perú*. obtebido de : <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/99bbba03-fbb6-4d63-8917-061781d30e10/content>
- Triana, M. A., & Antorverza, A. (2006). *Dinámica del sistema agroforestal de chagras como eje de la producción agrícola en la Amazonia colombiana*. Agronomía Colombiana,



24(1), 59–66. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v24n1.2006>

- Trigoso, J., Valderrama, N., Trujillo, P., & Rosero, L. (2021). Sostenibilidad del café: revisión sistemática de la literatura. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(95), 943-961. ISSN: 1315-9984
- Udawatta, R. P., Rankoth, L. M., & Jose, S. (2019). Agroforestry and biodiversity. *Sustainability*, 11(10), 2879.
- Vargas, I. A. D., Possú, W. B., & Arellano, V. (2022). Agrobiodiversidad de leñosas multipropósito en sistemas productivos cafeteros. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 67-80.
- Verma, P., & Raghubanshi, A. S. (2018). Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. *Ecological indicators*, 93, 282-291. <https://doi.or/101016/j.ecolind.2018.05.007>
- Villanueva González, C. E., Lojka, B., & Archila Cardona, C. E. (2023). Agroforestería para la conservación de la biodiversidad en América Latina: Una revisión sistemática. *Revista Eutopía*, 2(1), 1-25.
- Villavicencio-Enríquez, L. (2013). Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 67-80. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v19n1/v19n1a6.pdf>
- Vizuite-Montero, M. O. (2024). Sostenibilidad de sistemas agroforestales de café, cacao y ganadería en las provincias de Sucumbíos y Orellana. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(1), 10-19.
- Wang, C., Liang, W., Yan, J. (2022). Effects of vegetation restoration on local microclimate on <https://doi.org/10.1007/s11442-022-1948-y>
- Xiaoman, W., Majeed, A., Vasbieva, D. G., Yameogo, C. E. W., & Hussain, N. (2021). Natural resources abundance, economic globalization, and carbon emissions: Advancing sustainable development agenda. *Sustainable development*, 29(5), 1037-1048.
- Zalduegui, P. C. (1984). Química del suelo y los fertilizantes. Universidad Politécnica de Madrid, Cátedra XVI, Bioquímica y Química Agrícola. https://oa.upm.es/54493/1/QUIMICA_3.pdf
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*. Doi: <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>



Anexos

Anexo 1. Proceso para selección de fruto de café maduro.





Anexo 2. Proceso de lavado y desinfección de frutos.



Anexo 3. Procesos para garantizar una fermentación controlada.



Recipiente adecuado para la fermentación

Frutos de café en proceso de fermentación

Medición del pH en el líquido resultante de la fermentación

Maquina despulpadora

Granos despulpados



Anexo 4. Proceso de secado y medición de humedad del grano de café



Disposición del grano despulpado

Remoción del grano en la malla de secado con rastillo

Instrumento de medición de humedad



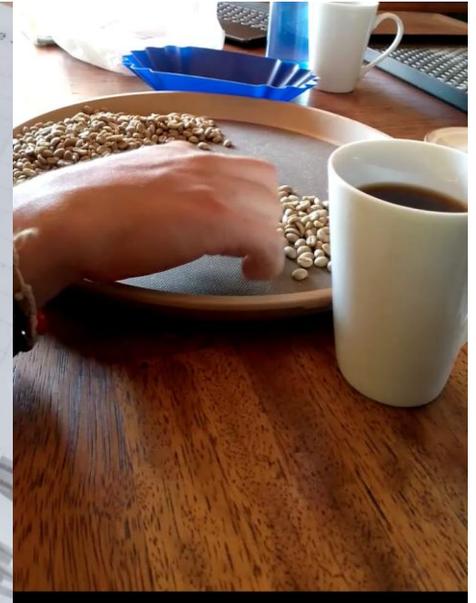
Anexo 5. Trilla y selección de granos sin defectos.



Maquina trilladora de
café



Grano trillado



Selección de granos
sin defectos



Anexo 6. Guía para identificar granos con defectos

GRUPO 1	GRUPO 2
 <p>NEGRO: Grano de color negro generado por sobrefermentaciones originadas en la recolección de cerezas secas, fermentaciones excesivas del mucilago o incorrecto proceso de lavado.</p>	 <p>CRISTALIZADO - SOBRESECADO: Grano de color gris claro y frágil producido por el uso de altas temperaturas en el proceso de secado.</p>
 <p>VINAGRE: Grano de color marrón o rojizo generado por sobrefermentaciones originadas en la recolección de cerezas secas fermentaciones excesivas del mucilago o incorrecto proceso de lavado.</p>	 <p>DECOLORADO VETEADO: Grano con alteración del color natural con vetas blancas ocasionado por rehumedecimiento del café.</p>
 <p>ÁMBAR O MANTEQUILLO: Grano de color amarillo traslúcido generado por nutrición deficiente en el cultivo.</p>	 <p>MORDIDO / CORTADO: Grano deteriorado durante el despulpado y que generalmente desarrolla manchas pardas o negras.</p>
 <p>DECOLORADO REPOSADO: Grano con alteración de su color natural tornándose al amarillo generado por almacenamientos prolongados o inadecuadas condiciones de almacenamiento.</p>	 <p>PICADO POR INSECTOS: Grano con orificios pequeños por el ataque de insectos como el gorgojo y la braca.</p>
 <p>CARDENILLO: Grano con manchas de color amarillo naranja ocasionadas por hongos, por interrupciones del proceso de secado o almacenamiento de café húmedo.</p>	 <p>AVERANADO / ARRUGADO: Grano arrugado de bajo peso generado por sequías o nutrición deficiente en el cultivo.</p>
	 <p>APLASTADO: Grano aplanado con fracturas parciales originado por presiones indebidas durante el proceso de secado o trilla de café húmedo.</p>
	 <p>FLOJO: Grano de color gris oscuro con textura blanda generado por procesos incompletos de secado.</p>
	 <p>INMADURO: Grano pequeño cubierto completamente por la película plateada, generalmente recolectado antes de alcanzar su formación completa.</p>



Anexo 7. Certificado del especialista tostador.




THE SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION

This is to recognize that

Andrés Yépez Salazar

has achieved certification in

Roasting Intermediate

Diego Vargas
Certificate Programs Director

Diego Vargas
Authorized SCA Trainer

553776
Certification Number

25th August 2022
Certification Date






Anexo 8. Instrumento para realizar la molienda manual.





Anexo 9. Certificado del especialista catador.



COFFEE QUALITY INSTITUTE®

Q Arabica Grader

Andrés Yépez Salazar

The Coffee Quality Institute confers the honor and professional distinction of licensed CQI Q Arabica Grader to the holder of this certificate for having successfully passed all the Q Arabica Grader exams and requirements. CQI extends all of the privileges of this certificate for 36 months, as described in the Q Grader Rules and Regulations. In this honor, the holder agrees to uphold the Q Grader Code of Ethics established by the Q Coffee System.



Tina Yerkes, PhD
Chief Executive Officer



Improving Quality.
Changing Lives.

Presented this 31st day of July, 2021
 Instructor | Jorge Luis Martinez Marin
 Location | CAFENORTE



Anexo 10. Ficha de evaluación de calidad de café.

Specialty Coffee Association
Arabica Cupping Form

Name: Kathy-Karin
Date: 26.03.2021
Table no: 2

Quality Scale			
6.00 - GOOD	7.00 - VERY GOOD	8.00 - EXCELLENT	9.00 - OUTSTANDING
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Sample No. 582

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes: Intenso, pinda, cacao - espec. dulce - alta

Final Score: 8.5

Sample No. 583

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes: cacao, dulce, u no. neces. h. w. p.

Final Score: 8.5

Sample No. 584

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes:

Final Score: 8.5

This form is designed and intended to be used in conjunction with the SCA Protocol for Cupping Specialty Coffee.

Specialty Coffee Association
Arabica Cupping Form

Name: Cathy Karin/Kely
Date: 29.03.24
Table no: 1

Quality Scale			
6.00 - GOOD	7.00 - VERY GOOD	8.00 - EXCELLENT	9.00 - OUTSTANDING
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Sample No. KT 33

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes: Aromatico dulce - medio - chocolate -

Final Score: 8.5

Sample No. KT 34

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes: h. w. seco - cacao vainilla pimenta - espec. dulce

Final Score: 8.5

Sample No. KT 35

Roast Level of Sample: Light

Flavor: High

Acidity: High

Body: Heavy

Uniformity: High

Clean Cup: High

Overall: 8.5

Defects (subtract):
Taint - 2 X = 0
Fault - 4 X = 0

Notes: dulce - pinda - chocolate - espec. dulce

Final Score: 8.5

This form is designed and intended to be used in conjunction with the SCA Protocol for Cupping Specialty Coffee.



Anexo 11. Cuadro de géneros y órdenes de fauna registradas en los tres sistemas.

Genéros de aves	Órdenes de insectos	Géneros de mamíferos
<i>Tachyphonus</i> sp.	Hemiptera	<i>Canis</i> sp.
<i>Rauenia</i> sp.	Neuroptera	<i>Didelphis</i> sp.
<i>Zonotrichia</i> sp.	Díptera	<i>Felis</i> sp.
<i>Thraupis</i> sp.	Plecoptera	
<i>Colibri</i> sp.	Coleoptera	
<i>Piranga</i> sp.	Lepidoptera	
<i>Zenaida</i> sp.	Blattodea	
<i>Coragyps</i> sp.	Hymenoptera	
<i>Stilpnia</i> sp.		
<i>Leptotila</i> sp.		
<i>Pygochelidon</i> sp.		
<i>Colaptes</i> sp.		
<i>Ardea</i> sp.		
<i>Parabuteo</i> sp.		
<i>Spinus</i> sp.		
<i>Pyrocephalus</i> sp.		
<i>Turdus</i> sp.		
<i>Piranga</i> sp.		
<i>Pheucticus</i> sp.		

Anexo 12. Tabla de interpretación de Nitrógeno.

Clase	Nitrógeno (%)
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.10
Medio	0.10 – 0.15
Alto	0.15 – 0.25

Fuente: Partida (2021).