

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA"

Trabajo de integración curricular para obtener el título de ingeniero/a en Recursos Naturales Renovables

AUTORA
Cisneros Quiguango Carolina Yamilet

DIRECTOR:
Ing. Layana Bajana Eleonora Melissa MSc.

IBARRA- ECUADOR- 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	Cisneros Quiguango Carolina Yamilet

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMABABURA
AUTORA:	Cisneros Quiguango Carolina Yamilet
FECHA:	1/09/ 2026
PROGRAMA:	■ PREGRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Layana Bajana Eleonora Melissa MSc.
ASESOR:	Ing. Gladys Yaguana MSc.

1. CONSTANCIAS

La autora manifiesta 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 es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al 01 de septiembre del 2026

La autora



Cisneros Quiguango
Carolina Yamilet

100485356-8

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Cisneros Quiguango Carolina Yamilet con cédula de identidad Nro. 100485356-8, bajo mi supervisión en calidad de director.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ELEONORA MELISSA LAYANA BAJANA

Ing. Layana Bajana Eleonora Melissa MSc.

DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa en mi vida académica y personal, gracias por darme la capacidad de superar cada dificultad y continuar adelante aun en los momentos en los que el camino parecía difícil.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por abrirme las puertas a brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, así como por los conocimientos y experiencias adquiridos a lo largo de mi carrera.

Agradezco profundamente a mi directora y docente Ing. Layana Bajana Eleonora Melissa MSc. y a mi asesora Ing. Gladys Yaguana MSc, quienes con sus conocimientos, orientación, paciencia y dedicación contribuyeron a mi formación académica y profesional, por su compromiso y por ser un acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

A mi familia, mi más profundo agradecimiento por ser mi apoyo incondicional durante todo este largo proceso. Gracias por creer en mí, por acompañarme en los momentos difíciles y por motivarme a seguir adelante aun cuando el camino parecía complicado. Cada palabra de aliento y cada muestra de cariño fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por estar siempre presentes en cada paso de este camino y por brindarme su apoyo incondicional.

Finalmente agradezco a mis compañeros y amigos que formaron parte de este recorrido universitario los cuales dejaron enseñanzas y recuerdos que llevare conmigo, gracias por las risas y por el apoyo cuando más lo necesitaba.

La culminación de esta tesis representa mucho más que el cumplimiento de un requisito académico, representa años de esfuerzo y sacrificio, pero sobre todo es la satisfacción de haber preservado hasta alcanzar una meta que en su momento llego a ser lejana para mí.

A todos quienes fueron parte de este camino, mi eterna gratitud.

Carolina Yamilet Cisneros Quiguango

DEDICATORIA

Llegar hasta este momento no ha sido un camino fácil. Detrás de este logro existen años de esfuerzo, sacrificios, lagrimas, aprendizajes y momentos en los que tuve que encontrar fuerzas para continuar. Por eso estas palabras son para ellos, porque este logro no lo siento únicamente como mío, sino como el resultado del amor, apoyo y fuerza que recibí a lo largo de este camino.

Dedico este trabajo a mis hijos Mateo y Julian mis pequeños grandes motivos, mi fuerza y mi razón para seguir adelante. Ustedes llegaron a mi vida para enseñarme un amor que no se puede explicar con palabras, cada uno de mis esfuerzos tiene sus nombres, cada sueño que persigo tiene su futuro en mente y cada meta que alcanzo lleva el deseo de poder brindarles una vida llena de amor y oportunidades. Quiero que algún día sepan que hubo momentos en los que mamá estuvo cansada, tuvo miedo y pensó que no podía continuar, pero bastaba pensar en ustedes para encontrar una razón más para levantarme y seguir, son mi mayor inspiración en la vida.

A mis padres Lucia y Carlos, las personas que me enseñaron a luchar por mis sueños y a no rendirme ante las dificultades. Gracias por cada sacrificio que hicieron por mí, por sus consejos, por sus palabras de aliento y por estar presentes en cada momento de mi vida, si hoy puedo alcanzar esta meta es porque ustedes me enseñaron desde siempre que con esfuerzo, humildad y dedicación todo es posible. Este logro lleva una parte de ustedes.

A mi compañero de vida Andrés, gracias por permanecer a mi lado en esta etapa, gracias por abrazar mis sueños como si fueran tuyos, por creer en mi incluso cuando yo no lo hacía, detrás de este logro también están tus sacrificios, tu paciencia y amor. Gracias por caminar conmigo tú y yo sabemos todo lo que ha costado llegar hasta acá con altos y bajos, pero aquí seguimos construyendo un gran futuro por y para nuestros hijos.

Y con un amor que permanece intacto a mis dos angelitos del cielo Luz y Miguel mis abuelitos, me gusta pensar que desde algún lugar del cielo me acompañan y sonríen al verme cumplir esta meta y que de alguna manera están presentes en este momento de mi vida, gracias por el amor que me dieron, hay personas que se van físicamente pero cuyo amor permanece para siempre. Ustedes son de esas personas.

Hoy al culminar esta etapa solo quiero que sepan que esta meta es para ustedes, por ustedes seguí adelante, por ustedes nuca deje de creer en mis sueños y por ustedes, hoy puedo decir con orgullo: ***lo logré.***

Carolina Yamilet Cisneros Quiguango

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido **Pág.**

CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1 Antecedentes de estudio 2
1.2 Problema de investigación y justificación 3
1.3 Objetivos 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos específicos 4
1.3.3 Pregunta(s) directriz(ces) de la investigación 4
CAPÍTULO II 5
MARCO TEÓRICO 5
2. Revisión de la Literatura 5
2.1 Contexto histórico y cultural de la agricultura en Cotacachi 5
2.2 Impactos ambientales de la agricultura convencional en Cotacachi 5
2.3 Educación ambiental, participación y género en la transición agroecológica 6
2.5 Evaluación del impacto ambiental y socioeconómico local 8
2.6 Desafíos actuales y perspectivas 9
2.7 Enfoque metodológico MESMIS 9
2.8 Marco legal 10
CAPÍTULO III 12
MATERIALES Y MÉTODOS 12
3.1 Descripción del área de estudio 12
3.2 Características biogeofísicas 13
3.2.1 Geología 13
3.2.2 Geomorfología y relieve 14
3.2.3 Clima 14
3.2.4 Hidrología 14
3.2.5 Suelos 15
3.2.6 Ecosistemas 15
3.3 Características Socio-culturales Y Socio- económicas 17
3.3.1 Características Socioculturales 17
3.3.2 Características Socioeconómicas 19
3.4 Métodos 20

3.4.1 Método MESMIS 20
3.4.2 Etapas metodológicas según los objetivos 20
3.5 Materiales y equipos 22
3.6 Tipo de investigación y procedimiento de muestreo 22
CAPITULO IV 23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
4.1 Finca agrícola “San Antonio” comunidad Santa Rosa 23
4.2 Finca agrícola “Río Lindo” Cuellaje 26
4.3 Finca agrícola “Casa semilla” Cotacachi 28
4.4 Puntos críticos y aspectos positivos que afectan la sostenibilidad de los agrosistemas del cantón Cotacachi 32
4.5 Indicadores claves que representan las dimensiones ambientales, sociales y económicos 33
4.6 Matriz de ponderación de indicadores 34
4.7 Análisis FODA y formulación de estrategias mediante la matriz TOWS 45
4.8 Estrategias para mejorar la sustentabilidad de los agro sistemas del cantón Cotacachi 47
4.8.1 Estrategia 1 47
4.8.2 Estrategia 2 48
4.8.3 Estrategia 3 49
4.8.4 Estrategia 4 51
4.8.5 Estrategia 5 52
4.9 Alternativas de desarrollo propuestas 53
CAPÍTULO V 54
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN 54
5.1 Conclusiones 54
5.2 Recomendaciones 54
REFERENCIAS 56
ANEXOS 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases, actividades y productos del proceso metodológico.....21
Tabla 2. Materiales y Métodos.....22
Tabla 3. Resultados de los análisis de suelo correspondiente a cultivo de cítricos Finca San Antonio. Intag 23
Tabla 4. Resultados de análisis de suelo correspondiente a fin con sistema productivo de café. Finca San Antonio. Intag 25
Tabla 5. Resultados de análisis de suelo correspondiente a sistema productivo de café. Finca Río Lindo. Cuellaje.....27
Tabla 6. Resultados de análisis de suelo correspondiente a hortalizas. Finca Casa Semilla-Cotacachi.....29
Tabla 7. Resultados de análisis de suelo correspondiente a frutales. Finca Casa Semilla. Cotacachi.....31
Tabla 8. Escala de interpretación de la calificación de los indicadores de sustentabilidad 33
Tabla 9. Matriz de ponderación de indicadores Finca San Antonio 34
Tabla 10. Matriz de ponderación de indicadores Finca Río Lindo 38
Tabla 11. Matriz de ponderación de indicadores Finca Casa Semilla 42
Tabla 12. Matriz FODA 46
Tabla 13. Matriz TOWS.....46
Tabla 14.Programa de ejecución de la Estrategia 1 48
Tabla 15.Plan de ejecución, estrategia 2 49
Tabla 16. Plan de ejecución, estrategia 3 50
Tabla 17.Plan de ejecución, estrategia 4 51
Tabla 18. Plan de ejecución, estrategia 5 52
Tabla 19. Alternativas de desarrollo propuestas 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Jerarquía legal de los sistemas agrícolas en Ecuador 10
Figura. 2. Mapa de ubicación cantón Cotacachi 13
Figura. 3. Mapa de isotermas cantón Cotacachi 16
Figura. 4. Mapa de isoyetas cantón Cotacachi 17

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS AGRÍCOLAS EN EL CANTÓN COTACACHI PROVINCIA DE IMBABURA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Cisneros Quiguango Carolina Yamilet

RESUMEN

El sector agrícola del cantón Cotacachi ubicado en la provincia de Imbabura, Norte de Ecuador enfrenta desafíos clave en la gestión eficiente y sostenible de sus recursos productivos. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, mediante la metodología MESMIS. El estudio se realizó en las fincas "San Antonio", "Río Lindo" Y "Casa Semilla", la evaluación permitió analizar el comportamiento de los sistemas productivos a partir de dimensiones económica, social, ambiental y productiva mediante un conjunto de indicadores valorados en una escala del 1 al 5 donde los valores más altos representan mejores condiciones de sustentabilidad. Los resultados evidenciaron un desempeño favorable de los sistemas evaluados, aunque con diferencias entre las fincas y dimensiones analizadas, destacándose la dimensión productiva y económica, mientras que los principales aspectos por fortalecer estuvieron relacionados con la participación comunitaria, capacitación, manejo de agroquímicos y gestión económica. A partir del diagnóstico y del análisis FODA-TOWS, se plantearon estrategias orientadas al fortalecimiento de la dimensión económica, prácticas agroecológicas, organización, manejo del agua, adaptación al cambio climático e innovación tecnológica. Estas acciones buscan contribuir al fortalecimiento de sistemas agrícolas sostenibles en el cantón Cotacachi y proporciona lineamientos que pueden ser considerados por productores, organizaciones y actores locales, lo cual la conservación de recursos naturales, la estabilidad económica de las familias.

Palabras clave: sustentabilidad agrícola, MESMIS, FODA-TOWS, indicadores, agroecología

ABSTRACT

The agricultural sector of Cotacachi Canton, located in the Imbabura province of northern Ecuador, faces key challenges regarding the efficient and sustainable management of its productive resources. This research aimed to evaluate the sustainability of agricultural systems in Cotacachi Canton using the MESMIS methodology. The study was conducted at the "San Antonio," "Río Lindo," and "Casa Semilla" farms; the evaluation analyzed the performance of the production systems across economic, social, environmental, and productive dimensions using a set of indicators rated on a scale of 1 to 5, where higher values indicate better sustainability conditions. The results showed favorable performance across the evaluated systems—albeit with variations between the farms and dimensions analyzed—with the productive and economic dimensions standing out as strengths. Conversely, the main areas requiring improvement related to community participation, training, agrochemical management, and economic management. Based on the diagnosis and a SWOT-TOWS analysis, strategies were proposed to strengthen the economic dimension, agroecological practices, organizational structure, water management, climate change adaptation, and technological innovation. These actions aim to contribute to strengthening sustainable agricultural systems in Cotacachi Canton and provide guidelines for producers, organizations, and local stakeholders, thereby supporting natural resource conservation and the economic stability of families.

Keywords: agricultural sustainability, MESMIS, SWOT-TOWS, indicators, agroecology

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad en los sistemas agrícolas es esencial para garantizar la seguridad alimentaria, conservar los recursos naturales y fortalecer la resiliencia de las comunidades rurales frente a los desafíos ambientales y socioeconómicos (FAO, 2022). En la región andina ecuatoriana, las prácticas agrícolas tradicionales, desarrolladas por comunidades indígenas y campesinas, han demostrado ser resilientes y sostenibles. Sin embargo, estas prácticas enfrentan presiones crecientes debido a la expansión de modelos agrícolas intensivos que priorizan la productividad sobre el equilibrio ecológico y sociocultural (VanderMolen, 2007).

El Cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura se caracteriza por un gran potencial ecológico y cultural. Los pueblos indígenas *kichwa*s de la zona han desarrollado sistemas agrícolas como las chakras que son diversos en su producción alimenticias, medicinales y ornamentales. A pesar de estos cambios, los sistemas de producción se hallan influidos por el cambio climático, la movilidad humana, las dinámicas del mercado y el aumento en el uso de insumos químicos (Ayala Herrería, 2024)

En estos desafíos, hay organizaciones locales como la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNOCARC, 2023), están fomentando prácticas agroecológicas y conservación de la agrobiodiversidad en los paisajes forestales y agrícolas del cantón (UNOCARC, 2023). Se trata de ayudar a que las comunidades sean más resistentes y de que no se pierdan sus conocimientos. Es necesario analizar y reflexionar en torno al estado actual de los sistemas agrícolas en Cotacachi, su nivel de sustentabilidad y sus posibilidades de fortalecimiento desde enfoques participativos y culturalmente pertinentes. El conocimiento de las características de los sistemas permitirá proponer prácticas sostenibles, valorar los conocimientos locales relativos a las técnicas y las prácticas de estas variedades; y permitirán el desarrollo de prácticas para una producción sostenible.

1.1 Antecedentes de estudio

En las últimas décadas, la preocupación por la sustentabilidad de los sistemas agrícolas ha crecido a nivel global, enfrentados a los problemas del clima, el agotamiento del anticiclón de la Mancha, la contaminación y la creciente inseguridad alimentaria. Diversos estudios en América Latina, especialmente en la región andina, han evidenciado que los sistemas agrícolas convencionales basados en monocultivos, uso intensivo de agroquímicos y dependencia de semillas comerciales han generado impactos negativos tanto ecológicos como sociales (Toledo, 2011)

En contraste, las prácticas agroecológicas y los sistemas agrícolas tradicionales, vinculados a saberes ancestrales y modos de vida campesinos e indígenas, han sido reconocidos por su capacidad de mantener la fertilidad del suelo, conservar la biodiversidad y fortalecer la soberanía alimentaria (Gliessman & Howard, 2016). En Ecuador, el actual Plan Nacional de Desarrollo Ecuador No se Detiene 2025 y el Código Orgánico del Ambiente promueven modelos agrícolas sostenibles e inclusivos, aunque con menor énfasis en lo agroecológico que su antecesor, el Plan Nacional del Buen Vivir. No obstante, estas políticas ofrecen marcos institucionales importantes para la revalorización de saberes ancestrales y la producción sustentable en zonas rurales vulnerables.

Las principales actividades económicas y culturales en el cantón Cotacachi son la agricultura, las comunidades indígenas *kichwas* han desarrollado históricamente sistemas agrícolas diversificados, conocidos localmente como *chakras*, que combinan cultivos alimenticios, medicinales y ornamentales, en interacción con el entorno natural. No obstante, estos sistemas han sido amenazados por la expansión de la agricultura comercial, el abandono de las prácticas tradicionales, el acceso limitado a las tecnologías apropiadas y el impacto del cambio climático.

Hay experiencias significativas en Cotacachi que apuntan a la sostenibilidad agrícola, como los proyectos de la Organización Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNOCAC), los proyectos de conservación de semillas criollas y las experiencias comunitarias de transición agroecológica. A pesar de esto, hay escasos estudios sistemáticos sobre la sostenibilidad integral de esos sistemas agrícolas en el contexto actual. Asimismo, se carece de información que permite sopesar críticamente las prácticas realizadas, la identificación de amenazas y la formulación de propuestas viables desde un enfoque territorial y participado. (Zorrilla, 2025).

1.2 Problema de investigación y justificación

Los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi enfrentan limitaciones en cuanto a la sostenibilidad de sus recursos naturales y la permanencia de sus prácticas productivas tradicionales. Entre estos desafíos se encuentran las limitaciones en la gestión y disponibilidad del recurso hídrico, el uso intensivo de insumos agrícolas y la necesidad de fortalecer prácticas orientadas a la conservación del suelo, el agua y la biodiversidad. Un estudio llevado a cabo en Cotacachi con enfoque en prácticas agrícolas sostenibles, identificó problemas asociados con la diversificación del riego y la excesiva aplicación de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas, lo que evidencia la necesidad de fomentar e impulsar el desarrollo de sistemas productivos ambientalmente sostenibles. (Ayala Herrería, 2024).

Asimismo, estudios sobre la agrobiodiversidad del cantón han señalado la pérdida de cultivos y variedades locales, pero también de saberes y costumbres relacionados con su manejo, situación que está relacionada con cambios en la vida de las personas y en sus estilos de vida (Bonilla Simba & León Espinoza, 2017). En este contexto, los sistemas de *chakras* constituyen una importante alternativa que facilita la conservación de la agrobiodiversidad y para promover la seguridad alimentaria local. La Chacra Andina de las comunidades *Kichwa* de Cotacachi ha sido reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como uno de los Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM); es decir, se considera como una práctica que integra la agricultura y la conservación de los recursos naturales. Estos sistemas poseen una elevada diversidad de cultivos y variedades locales, contribuyen a la alimentación de las familias y ayudan a conservar saberes transmitidos de forma generacional. No obstante, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) también indica que fenómenos asociados al cambio climático, como sequías, inundaciones y variaciones de temperatura, constituyen amenazas para estos sistemas agrícolas y para el saber tradicional sobre los ciclos productivos.

Así, el análisis de la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios del cantón Cotacachi se consideró pertinente para conocer las condiciones económicas, sociales y ambientales que son determinantes en su funcionamiento. Este análisis fue útil para detectar fortalezas y puntos críticos de sistemas estudiados, al tiempo que permitió reconocer prácticas locales que pueden Ayudar a proteger los recursos naturales y aumentar la resiliencia de las comunidades rurales. A su vez, se definieron estrategias que buscan fortalecer la producción sostenible, bajo el

enfoque de los actores locales, la recuperación y valoración de conocimientos ancestrales, un uso eficiente de los recursos naturales y la conservación de la agrobiodiversidad.

Los resultados de la investigación pueden ser considerados como un insumo útil para la planificación y toma de decisiones en el campo del desarrollo agrícola sostenible en el cantón Cotacachi. De este modo, sus resultados contribuyeron a identificar alternativas de mejora para los sistemas agrícolas evaluados y pueden ser insumo de organizaciones comunitarias, productores, instituciones públicas y otros actores relacionados con el desarrollo rural y la conservación de los recursos naturales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el nivel de sustentabilidad de los sistemas agrícolas en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

Diagnosticar los puntos críticos que afectan a la sostenibilidad, así como los aspectos positivos en los agro sistemas del cantón Cotacachi.

Identificar los indicadores claves que representen las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad de las actividades agrícolas.

Diseñar estrategias que permitan mejorar la sustentabilidad de los agro sistemas.

1.3.3 Pregunta(s) directriz(ces) de la investigación

¿Cuál es el nivel de sustentabilidad de las prácticas agrícolas, y como constituyen al desarrollo ambiental, social y económico en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura?

¿La sustentabilidad promueve mejoras en las prácticas agrícolas para el desarrollo comunitario de los habitantes del cantón Cotacachi?

¿En qué medida la implementación de estrategias agrícolas sostenibles contribuye al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los productores de los agroecosistemas del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura?

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. Revisión de la Literatura

2.1 Contexto histórico y cultural de la agricultura en Cotacachi

Cotacachi, situado en la región andina del Ecuador, es un territorio con una rica tradición agrícola ancestral, donde las comunidades indígenas *kichwas* han desarrollado sistemas agrícolas basados en el conocimiento local y la biodiversidad. Estos sistemas tradicionales, conocidos como *chakras*, combinan cultivos diversos, manejo integrado del suelo y del agua, y conservación de semillas nativas, constituyendo un modelo de agricultura sostenible que ha permitido la seguridad alimentaria y la resiliencia ante condiciones climáticas adversas (FAO, 2012).

La estructura social en torno a la minga (trabajo comunitario), la reciprocidad (ayni), y el trueque ha permitido la persistencia de sistemas agrícolas diversos, resilientes y comunitarios. Las *chakras*, como sistema productivo tradicional, son además un espacio de transmisión oral de conocimientos, donde mujeres y ancianos cumplen roles centrales en la conservación de saberes sobre plantas medicinales, semillas, y técnicas de manejo de suelos. A partir de los años 70, las políticas de modernización agrícola, la expansión de carreteras y mercados, y la migración hacia centros urbanos y al extranjero afectaron estos sistemas, introduciendo una ruptura entre generaciones y un debilitamiento del conocimiento ancestral UNORCAC ha sido fundamental en la conservación de variedades endémicas de tubérculos, cereales y plantas medicinales, beneficiando a más de 3.200 familias campesinas y promoviendo el agroturismo como fuente de ingresos complementarios (FAO, 2012).

2.2 Impactos ambientales de la agricultura convencional en Cotacachi

En contraste, la adopción de modelos agrícolas convencionales, especialmente desde finales del siglo XX, ha generado impactos ambientales preocupantes. La agricultura intensiva basada en monocultivos y el uso masivo de agroquímicos ha provocado contaminación de suelos, aguas y aire, pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas (Chalán, 2020).

Por ejemplo, en el cantón Otavalo, cercano a Cotacachi, se reportan aplicaciones de más de 1,250 kg/ha de plaguicidas, con fumigaciones frecuentes y sin restricciones adecuadas, lo que ha contaminado ríos como el Itambi, afectando la calidad del agua y la salud de la población y animales (Chalán, 2020). La contaminación del suelo con residuos sólidos y líquidos de agroquímicos y la erosión acelerada son problemas evidentes que comprometen la sustentabilidad agrícola (Aragón, 2018).

Un inconveniente serio es la degradación del terreno, sobre todo donde hay cuestas empinadas, si la vegetación desaparece para dar paso a pastos o un solo tipo de siembra. Hacer esto no solo baja lo que se puede sacar de la tierra a futuro, sino que causa derrumbes y que se pierdan cosas importantes que la naturaleza nos da (Aragón, 2018).

Además, la práctica del monocultivo reduce la agrobiodiversidad, debilitando la capacidad de adaptación de los sistemas agrícolas frente al cambio climático, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades rurales (Chalán, 2020). Por último, que haya menos variedad en lo que se siembra es algo que no se ve tanto, pero es de lo más dañino. Cambiar las semillas de siempre por otras que se venden hace que los cultivos sean menos diversos genéticamente, y eso les quita fuerza para aguantar plagas, adaptarse al clima y ser nutritivos Altieri y Nicholls (2012). Todo esto se va sumando y hace que la gente del campo esté en una situación más difícil.

2.3 Educación ambiental, participación y género en la transición agroecológica

La educación ambiental no formal en contextos rurales, como Cotacachi, es fundamental para el empoderamiento comunitario y la transformación de paradigmas productivos, al promover un diálogo horizontal de saberes y la reflexión crítica mediante escuelas campesinas, ferias de intercambio de semillas, talleres vivenciales y giras comunitarias (Rivadeneira, 2020). Estas metodologías permiten la construcción colectiva de conocimientos, fomentando prácticas agroecológicas adaptadas a las realidades locales (Conde, 2017).

La conservación de semillas, el cuidado de huertos y la continuación de los saberes ha sido impulsada por la activa participación en Cotacachi. No obstante, existen diferencias que son consecuencia de la posibilidad del acceso a recursos y oportunidades para su plena participación en los procesos de desarrollo rural, por lo que se hace necesario fortalecer mecanismos de educación, participación y empoderamiento comunitario (GADP Imbabura, 2020) Es por lo que el enfoque de género en la política y la acción agroecológicas implica

incorporar el valor del trabajo (productivo, reproductivo y doméstico) en el manejo sostenible de los recursos naturales. En 2021 el Ministerio del Ambiente y Agua sugirió incorporar el enfoque de género a las acciones de adaptación al cambio climático, que busca reducir desigualdades que minan la participación de mujeres y varones ante los efectos del cambio climático (Ministerio del Ambiente y Agua [MAAE], 2021).

Los jóvenes son un actor clave para innovar y fortalecer el desarrollo rural. La sumatoria del saber técnico con el saber tradicional puede facilitar la generación de nuevas alternativas productivas como, por ejemplo, la transformación y agregado de valor de productos agropecuarios; la elaboración de bioinsumos; y el uso de herramientas digitales para mejorar la comercialización. (FAO, 2022; IICA, 2023). En el caso de Cotacachi, la participación de las nuevas generaciones contribuye a mantener y fortalecer prácticas vinculadas con la conservación de semillas, la agrobiodiversidad y los saberes comunitarios.

En síntesis, la educación ambiental no formal es un proceso pedagógico que ayuda a profundizar las reflexiones sobre el medio ambiente y que promueve acciones que favorecen el uso sostenible de los recursos naturales. El Plan Ambiental Provincial (PAE) de Imbabura asegura que la participación de diferentes actores sociales y comunitarios que permita promover cambios orientados a la conservación y el uso sustentable de los recursos ambientales (GADP Imbabura, 2020). De esta manera, la educación ambiental, articulada con la participación comunitaria, la equidad de género y el fortalecimiento de las capacidades de los jóvenes, puede contribuir a consolidar procesos de transición agroecológica y favorecer un desarrollo rural sostenible e inclusivo.

2.4 Agroecología como alternativa integral

La agroecología se consolidó en Ecuador durante las décadas de 1980 y 1990 como una respuesta a los impactos ambientales y sociales asociados con los modelos de agricultura convencional. Este enfoque integra conocimientos científicos con saberes tradicionales y campesinos, promoviendo prácticas orientadas a la conservación de la biodiversidad, el mejoramiento de la fertilidad del suelo, el uso eficiente de los recursos naturales y el fortalecimiento de la soberanía alimentaria (Chalán Cachimuel, 2019). En este proceso, diversas organizaciones sociales y no gubernamentales han contribuido al fortalecimiento de la producción agroecológica en la Sierra norte del Ecuador.

En Cotacachi y otros territorios de la provincia de Imbabura, la agroecología se ha relacionado con procesos de conservación de la agrobiodiversidad y fortalecimiento de la agricultura

familiar. Entre las organizaciones que han participado en procesos de promoción de prácticas agroecológicas se encuentra la Fundación Heifer Ecuador, mientras que en el cantón Otavalo el Centro de Estudios Pluriculturales (CEPCU) ha desarrollado iniciativas relacionadas con la producción agroecológica, la recuperación de las chacras y la comercialización de productos campesinos. Asimismo, la (FAO) ha participado en procesos de apoyo a la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad en Cotacachi, en articulación con instituciones nacionales y organizaciones locales.

Las principales prácticas agroecológicas incluyen:

- Asignación de cultivos a la Tierra. - Que buscan conservar la fertilidad del suelo, favorecer la biodiversidad y disminuir la incidencia de plagas y enfermedades.
- Uso de fertilizantes naturales y productos biológicos. - La implementación de prácticas agroecológicas, como la agroforestería, tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y reducir la dependencia de insumos externos.
- Conservación y utilización de semillas nativas. - que contribuyen al mantenimiento de la diversidad genética y de los conocimientos agrícolas tradicionales.
- Sistemas agroforestales. - mediante la integración de árboles y cultivos para favorecer la regulación del microclima, proteger el suelo y conservar la biodiversidad.
- Manejo eficiente del agua. - mediante el mantenimiento y mejoramiento de sistemas de riego y otras prácticas adaptadas a las condiciones locales.
- Control biológico y manejo ecológico de plagas. - mediante el aprovechamiento de organismos benéficos y preparados de origen natural.

Estas prácticas pueden contribuir a fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas, mejorar el manejo de los recursos naturales y favorecer la seguridad alimentaria de las familias campesinas (Chalán Cachimuel, 2019).

2.5 Evaluación del impacto ambiental y socioeconómico local

Un estudio que se ha elaborado en la comunidad de Peribuela, situado en la parroquia Imantag, caracterizó los sistemas de producción agrícola asociados al canal de riego Peribuela. Los resultados evidenciaron que, aunque la disponibilidad de agua favorece la producción agrícola, predominan sistemas basados en monocultivos de tomate de árbol, maíz y fréjol, además de limitaciones relacionadas con la rotación de cultivos, la agricultura orgánica y el control

biológico de plagas. Estas condiciones evidencian la necesidad de fortalecer estrategias de manejo sostenible de los sistemas productivos de la zona (Aragón et al., 2018).

En las comunidades rurales del cantón Cotacachi y de la Sierra norte se han identificado prácticas orientadas al aprovechamiento sostenible de los recursos, entre ellas el uso de abonos orgánicos, se trata de la conservación y mantenimiento de diversos cultivos o variedades de un mismo cultivo; además de la conservación de semillas y fortalecimiento de las chacras familiares. La participación de organizaciones comunitarias también ha favorecido procesos de capacitación, producción agroecológica y comercialización directa. En este sentido, experiencias desarrolladas por organizaciones como CEPCU y Heifer Ecuador muestran la importancia de combinar conocimientos tradicionales con procesos de capacitación y organización para fortalecer la agricultura familiar y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

2.6 Desafíos actuales y perspectivas

Los productores agrícolas de la parroquia Imantag han solicitado constantemente los laboratorios de análisis de suelos y aguas del Instituto. Un estudio efectuado en el área identificó que la agricultura es una de las actividades económicas más representativas de la población, además de que se deben generar estrategias que mantengan condiciones productivas a largo plazo. Ante esos desafíos, la conservación de los sistemas agrícolas tradicionales, el fortalecimiento de la agroecología, la recuperación de saberes ancestrales, la diversificación productiva y el manejo sustentable de los recursos naturales constituyen oportunidades para mejorar la resiliencia de los agroecosistemas y avanzar en un desarrollo rural sustentable. (Aragón et al., 2018).

2.7 Enfoque metodológico MESMIS

El MESMIS es un instrumento de evaluación para sistemas de manejo de recursos naturales y sistemas agropecuarios. Los sistemas agropecuarios son considerados por ser sistemas de manejo. Su propósito es obtener un diagnóstico que ayude a la toma de decisiones. Este procedimiento permite un análisis global y funcional que considera las dimensiones ambiental, social y económica y tiene en cuenta las peculiaridades de cada sistema y la actuación de los actores (Masera et al, 1999). La metodología abarca atributos que son particulares de sistemas como el de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión y consta de etapas que requiere la caracterización del sistema, la identificación de

puntos críticos, la selección de indicadores, la medición y análisis de resultados. Su puesta en práctica en Cotacachi sirvió para adecuar los criterios de sustentabilidad a las condiciones sociales, económicas, culturales y ambientales de los sistemas agrícolas analizados y así ejecutar un diagnóstico que permita identificar sus fortalezas, limitaciones y alternativas de mejora.

2.8 Marco legal

Figura. 1. Jerarquía legal de los sistemas agrícolas en Ecuador



El marco normativo ecuatoriano que define la sustentabilidad de los sistemas agrícolas está formado por un conjunto de disposiciones que protectan el medioambiente, la soberanía alimentaria, la agrobiodiversidad, así como el reconocimiento de los saberes ancestrales. En virtud de los ejes del bien vivir, la Constitución de la República del Ecuador (2008) es el fundamento jurídico desde el cual se reconocen los derechos de la naturaleza, se establece la soberanía alimentaria como objetivo estratégico, y se garantiza los derechos colectivos de las comunidades, pueblos y nacionalidades. Este marco se complementa con la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (2017), que tiene por objetivos la conservación y el uso sostenible de la agrobiodiversidad y las semillas, así como el fortalecimiento de las prácticas agrícolas sustentables; la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), que establece mecanismos para la Primera: garantizar la producción y el acceso a alimentos sanos, adecuados y culturalmente apropiados; y el Código Orgánico del Ambiente (2017), que establece disposiciones para los fines de conservación de la biodiversidad, prevención y control de la contaminación, así como gestión sostenible de los recursos naturales.

En conjunto, este marco normativo proporciona las bases para promover sistemas agrícolas sustentables, fortalecer la agricultura familiar y comunitaria, así como la conservación de los recursos naturales y de la agrobiodiversidad, los cuales están relacionados directamente a la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi.

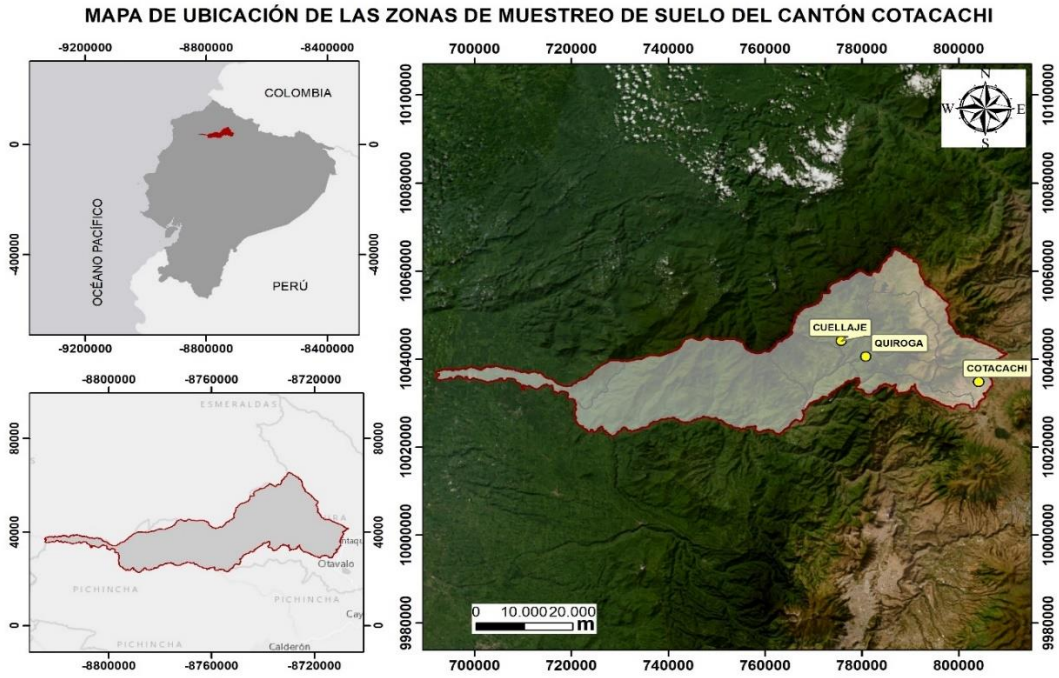
CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El cantón Cotacachi, en la provincia de Imbabura, al norte del Ecuador, pertenece a la región interandina y posee una geografía andina muy variada. El lugar está situado en las coordenadas geográficas que van de 0°20’ a 0°25’ de latitud norte y 78°20’ a 78°40’ de longitud oeste. Limita con el cantón Ibarra, al norte; con Otavalo, al sur; con el cantón Quito (provincia de Pichincha), al este; con la provincia de Esmeraldas, al oeste. El estudio en cuestión se centra en tres parroquias rurales del cantón: Quiroga, Imantag y García Moreno. Estas zonas son representativas por conservar un sistema agrícola tradicional basado en prácticas ancestrales de comunidades *kichwas*, como el manejo de *chakras* andinas, espacios multifuncionales donde conviven cultivos alimenticios, medicinales, forestales y ornamentales. Este sistema promueve la biodiversidad, la soberanía alimentaria y refleja una cosmovisión armónica con la naturaleza (Altieri & Nicholls, 2020).

Desde un enfoque biogeofísico, el área de estudio presenta una altitud que varía entre 2200 y 4900 metros sobre el nivel del mar, albergando ecosistemas como páramos, bosques montanos húmedos, matorrales secos y tierras de cultivo. El clima es templado frío, con temperaturas promedio entre 10°C y 22°C, y precipitaciones anuales que oscilan entre los 800 y 1.500 mm (MAATE, 2022). Los suelos, mayormente de origen volcánico, presentan una fertilidad natural alta; sin embargo, algunas zonas muestran signos de degradación como erosión superficial, compactación y pérdida de materia orgánica debido al sobrepastoreo y prácticas agrícolas convencionales.

Figura. 2. Mapa de ubicación cantón Cotacachi



Fuente: INAMI

3.2 Características biogeofísicas

3.2.1 Geología

El cantón Cotacachi se localiza en la Cordillera Occidental de Los Andes ecuatorianos y presenta una geología compleja, resultado de procesos tectónicos, volcánicos y sedimentarios ocurridos durante millones de años. La composición geológica del territorio está dominada por rocas volcánicas, principalmente andesitas, basaltos, depósitos piroclásticos y extensas capas de ceniza volcánica provenientes de eventos eruptivos asociados al complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha. Estos materiales han contribuido a la formación de suelos fértiles que actualmente sustentan gran parte de la producción agrícola del cantón. La actividad volcánica histórica también dio origen a importantes formaciones geográficas como la Laguna de Cuicocha, considerada una caldera volcánica formada tras una erupción explosiva ocurrida hace aproximadamente 3.100 años. La geología local influye directamente en la estabilidad de los terrenos, la disponibilidad de nutrientes en los suelos y la presencia de recursos hídricos subterráneos (GAD Municipal de Cotacachi, 2021; IGM, 2023).

3.2.2 Geomorfología y relieve

La geomorfología de Cotacachi se caracteriza por una notable heterogeneidad de paisajes, producto de la interacción entre procesos volcánicos, tectónicos y erosivos. El territorio presenta elevaciones que oscilan entre aproximadamente 300 m s.n.m. en las zonas bajas de Intag y más de 4.939 m s.n.m. en la cumbre del volcán Cotacachi. Esta variación altitudinal genera diferentes unidades geomorfológicas, entre las que destacan montañas altas andinas, valles interandinos, páramos, colinas y laderas escarpadas. En la región de Intag predominan relieves montañosos cubiertos por bosques húmedos tropicales y nublados, mientras que en la zona andina central existen superficies relativamente planas donde se concentran los principales asentamientos humanos y actividades agrícolas. La complejidad del relieve influye en la distribución de la vegetación, el uso del suelo, la escorrentía superficial y la susceptibilidad a procesos de erosión y movimientos en masa, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas (GAD Municipal de Cotacachi, 2021).

3.2.3 Clima

Las condiciones climáticas del cantón están determinadas principalmente por la altitud, la topografía y la influencia de masas de aire húmedo provenientes del océano Pacífico. Debido a la amplitud altitudinal del territorio, se presentan diversos tipos de clima. En la ciudad cabecera cantonal el clima es templado andino, cuya temperatura media anual oscila entre los 14 °C y 18 °C. En las regiones de páramo, se puede presentar temperaturas inferiores a los 5 °C y se pueden presentar heladas por frecuentes épocas del año. La única región que presenta un clima diferente es Intag, donde se producen, entre otras cosas, chochos. Comunidades como Intag, Zumba y Chaucha tienen una temperatura entre 21 °C y 26 °C y más de 2.000 mm anuales. En los sectores de bosque húmedo tropical, las lluvias son incluso más de 4.000 m. Estas condiciones climáticas favorecen el desarrollo de una gran diversidad de ecosistemas y permiten la producción de distintos cultivos. (MAATE, 2023).

3.2.4 Hidrología

La hidrología constituye uno de los componentes ambientales más importantes del cantón debido a la abundancia de recursos hídricos generados por los páramos y bosques nublados. Estos ecosistemas cumplen una función esencial en la captación, almacenamiento y regulación del agua, actuando como verdaderas esponjas naturales que garantizan el suministro hídrico durante todo el año. El territorio forma parte de importantes sistemas hidrográficos

como las cuencas de los ríos Intag, Ambi, Magdalena y Guayllabamba. Los recursos hídricos son fundamentales para el abastecimiento de agua potable, el riego agrícola, la generación hidroeléctrica y la conservación de la biodiversidad local (GAD Municipal de Cotacachi, 2021).

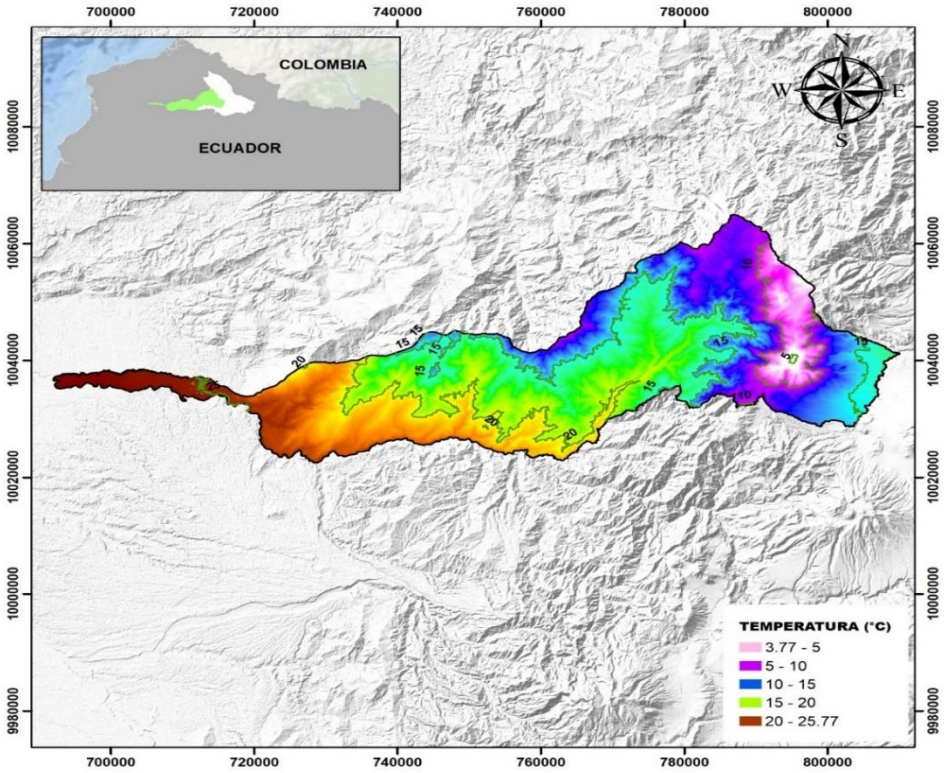
3.2.5 Suelos

Los suelos predominantes en el cantón pertenecen principalmente al orden Andisol, originados por la acumulación de cenizas volcánicas y otros materiales piroclásticos. Estos suelos presentan características favorables para la agricultura, entre las que destacan altos contenidos de materia orgánica, buena estructura física, elevada capacidad de retención de agua y adecuada fertilidad natural. En las zonas agrícolas de Cotacachi se desarrollan cultivos de café, cítricos, maíz, fréjol, papa y diversas hortalizas, aprovechando las condiciones edáficas favorables. No obstante, la ampliación de la frontera agrícola la deforestación y las prácticas inadecuadas de manejo del suelo han generado procesos de erosión en algunas áreas con pendientes pronunciadas. La conservación de la cobertura vegetal resulta fundamental para mantener la productividad y estabilidad de estos suelos a largo plazo (MAG, 2023).

3.2.6 Ecosistemas

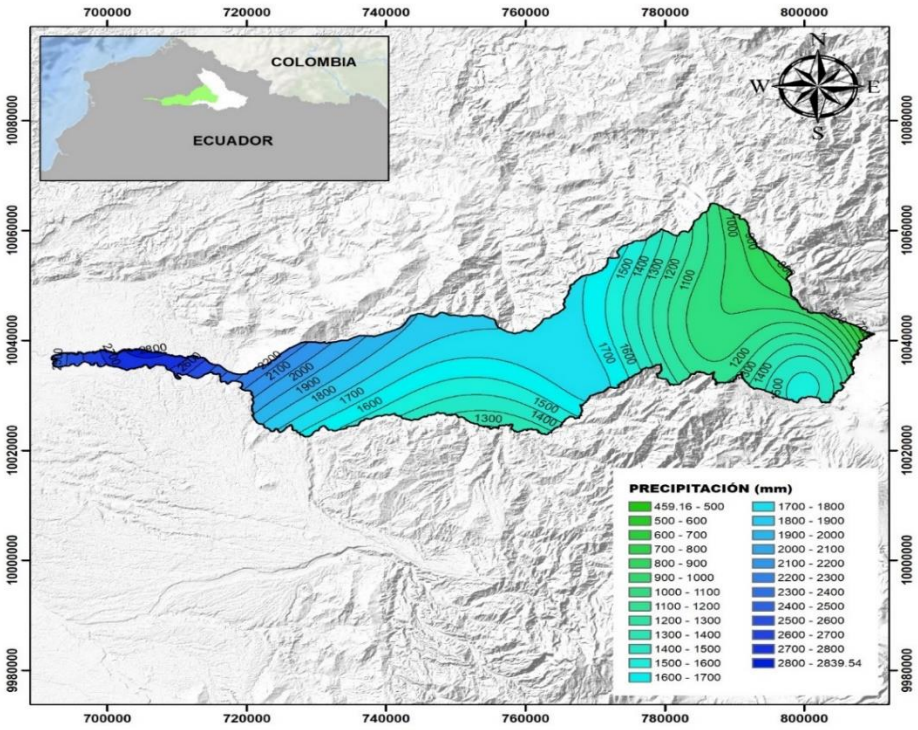
La amplia variación altitudinal presente en Cotacachi favorece la existencia de una extraordinaria diversidad de ecosistemas. Entre los principales se encuentran los bosques húmedos tropicales, bosques siempreverdes piemontanos, bosques nublados montanos, bosques andinos, matorrales altoandinos, páramos herbáceos y humedales altoandinos. Cada uno de estos ecosistemas alberga especies vegetales y animales adaptadas a condiciones ambientales específicas. Los bosques nublados y húmedos tropicales de Intag son considerados áreas prioritarias para la conservación debido a sus elevados niveles de biodiversidad y endemismo. Por otro lado, los páramos cumplen funciones ecológicas esenciales relacionadas con la regulación hídrica, almacenamiento de carbono y protección de cuencas hidrográficas. La diversidad ecosistémica convierte a Cotacachi en uno de los territorios con mayor riqueza biológica del norte del Ecuador (MAATE, 2015).

Figura. 3. Mapa de isotermas cantón Cotacachi



La caracterización espacial evidenció la existencia de un marcado gradiente térmico y una heterogeneidad climática condicionada por el factor altitudinal El área objeto de estudio se encuentra localizada a nivel norte de la República del Ecuador. Según lo que se refleja en la carta, los menores valores térmicos se presentaron en los sectores de mayor altitud, ubicados en la región oriental de la cuenca. Allí, se registraron mínimas absolutas entre 3.77 °C y 5 °C y de 5 °C a 10 °C. Se obtuvo un aumento progresivo de la temperatura hacia la vertiente occidental en sentido opuesto al incremento de la altitud. Las franjas altitudinales intermedias registraron valores climáticos entre 10 °C y 20 °C. Pues, las tierras bajas situadas en el extremo oeste concentraron los niveles térmicos más altos entre 20 °C y 25.77 °C. La variabilidad climática a lo largo de un transecto, geográfico, permitió deducir la existencia de diferentes pisos bioclimáticos con gran potencial de uso productivo y que constituyen una variable biofísica a tomar en cuenta en la zonificación ecológica, planificación del territorio y delimitación del potencial productivo de los sistemas agrícolas.

Figura. 4. Mapa de isoyetas cantón Cotacachi



Se presenta a continuación un mapa donde se muestra la distribución espacial de la precipitación anual (en mm) en una cuenca hidrográfica del norte de Ecuador en la frontera colombiana. Mediante un gradiente cromático e isoyetas (líneas de igual precipitación), se constata un pronunciado cambio climático: las regiones orientales y centrales de la cuenca tienen las lluvias más bajas, que oscilan entre 459.16 mm y 1500 mm (representadas en un color verde y en un color turquesa). En el lado occidental, el aumento drástico de la precipitación se produce a escalas que muestran los valores más altos de la zona de estudio, que oscilan entre 2000 mm y 2839.54 mm (cuyo color es azul intenso).

3.3 Características Socio-culturales Y Socio- económicas

3.3.1 Características Socioculturales

El cantón Cotacachi destaca por su riqueza cultural y por la diversidad étnica que representa uno de sus más importantes patrimonios sociales. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), el cantón alberga poblaciones indígenas *kichwas*, mestizas y afroecuatorianas; cada uno con manifestaciones culturales, tradiciones y formas de organización sociales propios. Se encuentran en su mayoría en las comunidades rurales de las parroquias de Quiroga, Imantag y zonas aledañas, donde aún se emplean técnicas agrícolas,

medicinales, gastronómicas y festivas de carácter ancestral. Uno de los elementos más representativos de la identidad cultural de Cotacachi es la presencia del pueblo *Kichwa* Otavalo-Cotacachi, cuyas comunidades mantienen formas organizativas basadas en la minga, la solidaridad comunitaria y el trabajo colectivo. The above statement can be simply rephrased as: “These practices strengthen social cohesion processes and contribute to the sustainable management of natural resources.” Asimismo, las comunidades mantienen conocimientos ancestrales sobre producción agrícola, uso de semillas nativas, plantas medicinales y técnicas tradicionales de conservación de suelos y agua (GAD Municipal de Cotacachi, 2021).

Las expresiones culturales son las fiestas religiosas y tradicionales. La Fiesta del IntiRaimi o Fiesta del Sol, la misma que se lleva a cabo en el mes de junio, es una de las mayores manifestaciones culturales del pueblo andino ecuatoriano. Esta festividad representa el agradecimiento a la Pachamama por las cosechas obtenidas y constituye un espacio de fortalecimiento de la identidad cultural indígena. También se destacan festividades como la Semana Santa, fiestas patronales de Santa Ana de Cotacachi y varias celebraciones comunitarias que se realiza en las parroquias rurales (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2022).

La producción de artesanías forma parte importante de la identidad del cantón. Cotacachi se destaca a nivel nacional e internacional por la fabricación de artículos en cuero, actividad que ha consolidado una importante tradición artesana de generación en generación. La producción artesanal de vestuario, bolsa, cinturón, calzados y otros accesorios se comercializa a escala mundial y nacional. Esta labor no solo es una fuente de trabajo para muchas familias, sino un elemento de identidad de la localidad (GAD Municipal de Cotacachi, 2021).

Sobre educación y organización social, el cantón tiene instituciones educativas urbanas y rurales que favorecen una educación intercultural bilingüe en las comunidades indígenas. Asimismo, hay ONGs, asociaciones de productores, cooperativas de agricultores y grupos de mujeres que intervienen en procesos de desarrollo local, fortalecimiento comunitario y conservación ambiental. Estas estructuras institucionales han contribuido a la promoción de iniciativas de desarrollo sostenible y la mejora de la participación ciudadana en la gestión territorial (INEC, 2022).

3.3.2 Características Socioeconómicas

La economía del cantón Cotacachi se basa principalmente en actividades agrícolas, ganaderas, artesanales, comerciales y turísticas. Debido a su diversidad climática y ecológica, el territorio tiene una importante vocación agropecuaria que es la principal fuente de empleo e ingresos de la población rural. Entre los cultivos más importantes se encuentran el maíz, el fréjol, la papa, el trigo, la cebada, el café, la caña de azúcar, los cítricos, el aguacate y algunas hortalizas. En la región de Intag, el cultivo del café es una de las actividades económicas más importantes a causa de las condiciones climáticas favorables para su producción. La actividad ganadera también tiene un papel fundamental de la economía de la localidad La producción de ganado bovino para la obtención de leche y carne es una importante actividad económica que realiza las familias rurales. Del mismo modo, se realizan actividades relacionadas con la crianza de porcin o, aves de corral y especies menores para autoconsumo y venta en los mercados locales. No obstante, la productividad agropecuaria se enfrenta a retos vinculados a cambio climático, degradación de suelos y no acceso a tecnologías de producción sostenible (MAG, 2023).

Por la importancia de su desarrollo, se realizó el presente estudio. La actividad económica del cuero ha dado a conocer a nivel nacional e internacional a Cotacachi, convirtiéndose en una de las actividades más representativas del territorio. La promoción de artículos de cuero genera comercio local y empleo directo e indirecto para muchos habitantes. La elaboración de tejidos, bordados, artesanías de madera u otros productos tradicionales es parte del proceso que fortalece la economía familiar y comunitaria (GAD Municipal de Cotacachi, 2021).

El turismo se convierte en una actividad económica estratégica por la riqueza natural y cultural con que cuenta el cantón. Entre los atractivos turísticos más resaltantes están la Laguna de Cuicocha, el Parque Nacional Cotacachi-Cayapas, las comunidades rurales de Intag, los senderos ecológicos, las aguas termales y el Centro Histórico de la ciudad de Cotacachi. En la actualidad, el turismo comunitario ha cobrado especial importancia, ya que involucra de manera activa a las familias de las comunidades aledañas en las actividades de hospedaje, gastronomía, guianza y venta de artesanías, generando beneficios económicos y favoreciendo la conservación ambiental (Ministerio de Turismo, 2023).

3.4 Métodos

La investigación fue realizada bajo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), con una tipología participativa y territorial. Esta compresión a la vez permitió entender los aspectos medibles, así como percepciones, conocimientos tradicionales y dinámicas sociales del contexto para garantizar la sustentabilidad agrícola en el cantón Cotacachi. Este enfoque es considerado ideal para el análisis de sistemas agrícolas en los que se da una interacción compleja entre factores ecológicos, sociales y económicos.

3.4.1 Método MESMIS

La revisión bibliográfica de las distintas propuestas de evaluación de la sustentabilidad muestra que el MESMIS permite la evaluación integral y sustantiva de sistemas de uso agrícola. Este se llevaría a cabo a partir de una serie de atributos: productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión (Astier et al., 2012). Su aplicación facilitó la integración de información cualitativa y cuantitativa relacionada con las dimensiones económica, social y ambiental de los sistemas agrícolas estudiados. Asimismo, el estudio fue de tipo aplicado, con un enfoque no experimental, descriptivo y propositivo, debido a que permitió caracterizar las condiciones existentes, identificar los principales puntos críticos de sustentabilidad y, a partir de los resultados obtenidos, formular estrategias y alternativas orientadas al mejoramiento de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi. El carácter participativo de la metodología permitió incorporar información proporcionada por los productores y actores locales, favoreciendo que los indicadores seleccionados respondieran a las condiciones productivas, sociales, económicas y ambientales del territorio.

3.4.2 Etapas metodológicas según los objetivos

El proceso metodológico se desarrolló en tres fases articuladas con los objetivos específicos de la investigación: diagnóstico, evaluación de la sustentabilidad y formulación de propuestas. Cada fase comprendió actividades específicas que permitieron avanzar progresivamente desde la caracterización de los sistemas agrícolas hasta la identificación de alternativas de mejora.

Tabla 1. Fases, actividades y productos del proceso metodológico

Fase metodológica	Objetivo relacionado	Actividades principales	Productos obtenidos
Fase 1. Diagnóstico	Diagnosticar los principales puntos críticos que afectan la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.	• Aplicación de encuestas y entrevistas a productores. • Observación directa de los sistemas productivos . • Recopilación de información económica, social y ambiental. • Identificación de prácticas agrícolas y recursos utilizados. • Identificación de las principales problemáticas. • Elaboración de la línea base.	• Caracterización de los sistemas agrícolas. • Identificación de prácticas productivas. • Determinación de puntos críticos relacionados con agua, suelo, semillas, mano de obra, insumos, comercialización y otros factores.
Fase 2. Evaluación de la sustentabilidad	Identificar y valorar los indicadores de sustentabilidad de los sistemas agrícolas.	• Selección de indicadores con base en el enfoque MESMIS. • Recopilación y sistematización de datos cualitativos y cuantitativos. • Aplicación de la escala de valoración de 1 a 5. • Cálculo de resultados por dimensiones económica, social y ambiental. • Análisis comparativo de los sistemas evaluados.	• Valoración de la sustentabilidad económica, social y ambiental. • Identificación de fortalezas y debilidades. • Determinación de indicadores críticos. • Elaboración de tablas y gráficos de resultados.
Fase 3. Formulación de estrategias y alternativas	Diseñar estrategias, alternativas y proyectos orientados al fortalecimiento de la sustentabilidad agrícola.	• Sistematización de buenas prácticas y problemáticas identificadas. • Priorización de puntos críticos. • Formulación de alternativas agroecológicas y acciones de mejora. • Definición de actividades, responsables e indicadores. • Análisis de pertinencia y viabilidad de las propuestas.	• Estrategias y alternativas de mejora. • Proyectos orientados al fortalecimiento económico, social y ambiental. • Propuesta de acciones para mejorar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi.

3.5 Materiales y equipos

Tabla 2. Materiales y Métodos

Categoría	Elemento	Cantidad	Uso previsto
Recolección de datos	Encuestas, guías de entrevista	150	Aplicación directa en campo para encuestas y entrevistas
Equipos técnicos	GPS, cámara digital, grabadora de voz	2 c/u	Georreferenciación de parcelas, documentación fotográfica y recolección de testimonios
Medición ambiental	Kits de análisis de suelo (pH, MO)	10 kits	Evaluación básica de calidad edáfica
Material educativo	Barreno, fundas ziploc, palas, recipientes para muestras, cintas métricas, marcadores permanentes, libreta de campo	Cantidad a definir	Recolección adecuada de muestras de suelo y otros elementos de campo, medición de parcelas
Software y TIC	ArcGIS, Excel, SPSS, QGIS	1 licencia c/u	Análisis espacial, estadístico y visualización de datos
Material educativo	Cartillas agroecológicas, trípticos	200 unidades	Uso en talleres de capacitación con productores y estudiantes rurales
Logística operativa	Movilización, alimentación, impresiones	Por definir	Apoyo para el trabajo de campo, reuniones comunitarias y sistematización de información

3.6 Tipo de investigación y procedimiento de muestreo

Esta investigación se llevó a cabo con un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo), tipo aplicada, no experimental, descriptiva y propositiva. Se utilizó el método MESMIS para evaluar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. El proceso de recolección de muestras se realizó mediante visitas de campo a fincas agrícolas ubicadas en las parroquias rurales de Quiroga, Imantag y García Moreno, seleccionadas por su representatividad dentro de los sistemas productivos tradicionales y agroecológicos del cantón.

La toma de muestras de suelo se efectuó directamente en parcelas productivas correspondientes a cultivos de cítricos, café, hortalizas y frutales. Para garantizar la representatividad, se utilizó un muestreo compuesto, recolectando varias submuestras en forma de zigzag dentro de cada finca y posteriormente homogenizándolas para obtener una muestra de 1kg de suelo. Las tomas de las muestras fueron aproximadamente a 0-30 cm de profundidad, por ser una profundidad recomendada para frutales y donde se halla la mayor actividad radicular. Las condiciones ambientales durante el muestreo, las temperaturas aproximadas estuvieron entre 18 a 22 °C y la humedad variable por las condiciones climáticas locales. Las muestras se guardan, etiquetan y envían al laboratorio para su análisis físico-químico**.**

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Finca agrícola “San Antonio” comunidad Santa Rosa

La ubicación de la finca agrícola “San Antonio” es la comunidad Santa Rosa, parroquia Plaza Gutiérrez, zona de Intag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. El área evaluada presentó condiciones agroclimáticas características de la zona de Intag, favorables para el establecimiento de cultivos frutales. Este procedimiento permitió realizar una mejor caracterización de las condiciones químicas y nutricionales del suelo para el cultivo de cítricos.

Tabla 3. Resultados de los análisis de suelo correspondiente a cultivo de cítricos Finca San Antonio. Intag

NUTRIENTE	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
N (Nitrógeno)	32.50	ppm	Medio
P (Fósforo)	6.97	ppm	Bajo
S (Azufre)	6.75	ppm	Bajo
K (Potasio)	0.90	meq/100 ml	Alto
Ca (Calcio)	5.50	meq/100 ml	Alto
Mg (Magnesio)	1.05	meq/100 ml	Medio
Zn (Zinc)	2.27	ppm	Bajo
Cu (Cobre)	7.64	ppm	Alto
Fe (Hierro)	210.14	ppm	Alto
Mn (Manganeso)	2.54	ppm	Bajo
B (Boro)	0.40	ppm	Bajo
pH	5.45	-	Ácido
Ce (Conductividad Eléctrica)	0.350	mS/cm	No salino
Mo (Materia Orgánica)	6.66	%	Alto

Fuente: Labonort, Ibarra

En la parcela destinada al cultivo de cítricos, el nitrógeno presentó un valor de 32,50 ppm, clasificado como nivel medio, lo que indicó una disponibilidad moderada para el desarrollo vegetativo del cultivo. El mantenimiento de este nutriente requiere prácticas que favorezcan el aporte continuo de materia orgánica, con el propósito de evitar una disminución progresiva de su disponibilidad. El fósforo registró 6,97 ppm, considerado bajo, constituyéndose en una de las principales limitaciones nutricionales debido a su participación en el desarrollo radicular, la floración y la transferencia de energía. El azufre presentó 6,75 ppm, también clasificado como bajo, condición que puede limitar procesos metabólicos y la síntesis de proteínas. Por otra parte, el potasio alcanzó 0,90 meq/100 ml, correspondiente a un nivel alto, que favorece procesos relacionados con la regulación hídrica, el transporte de

azúcares y la calidad de los frutos. El calcio presentó 5,50 meq/100 ml, considerado alto, mientras que el magnesio registró 1,05 meq/100 ml, correspondiente a un nivel medio. Este último elemento es fundamental para la fotosíntesis, debido a que constituye el átomo central de la molécula de clorofila y participa en diferentes procesos metabólicos de las plantas (Havlin et al., 2014; Brady & Weil, 2017).

Cuando se observaron los micronutrientes se encontraron concentraciones bajas de zinc (2,27 ppm), manganeso (2,54 ppm) y boro (0,40 ppm), ya que estas condiciones pueden limitar procesos asociados al crecimiento vegetativo, floración, formación de frutos y rendimiento. El zinc participa en la actividad enzimática y en la síntesis de reguladores del crecimiento; el manganeso interviene en procesos fotosintéticos y metabólicos, mientras que el boro cumple funciones importantes en la división celular, el desarrollo reproductivo y el transporte de carbohidratos (Brady & Weil, 2017; Havlin et al., 2014). Por otra parte, el hierro tuvo una concentración alta de 210,14 ppm y el cobre fue de 7,64ppm. El hecho de tener un pH 5,45 indica una condición ácida, que puede alterar la disponibilidad de determinados nutrientes y favorecer la fijación del fósforo. La conductividad eléctrica se encontró en 0,350 mS/cm, lo que corresponde a no salinidad y, por lo tanto, favorable para el cultivo. La materia orgánica alcanzó el 6,66 %, lo que corresponde a un nivel alto. Se considera que es una de las principales fortalezas del suelo, ya que influye en la estructura, la retención de humedad, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana (FAO, 2022; Brady y Weil, 2017).

En conjunto, los resultados de la parcela de cítricos evidenciaron una condición favorable respecto a la materia orgánica, calcio y potasio, pero presentaron limitaciones principalmente relacionadas con fósforo, azufre, zinc, manganeso y boro. El elevado contenido de materia orgánica puede relacionarse con las prácticas de manejo implementadas en la finca, entre ellas la elaboración y aplicación de compost a partir de residuos de cosecha, el uso de bioles, la incorporación de materia orgánica y el aprovechamiento de microorganismos benéficos. Estas prácticas favorecen el reciclaje de nutrientes, la actividad biológica y la capacidad del suelo para retener humedad, contribuyendo al mantenimiento de la fertilidad del agroecosistema (Altieri & Nicholls, 2020; Gliessman, 2016).

Los resultados guardan relación con investigaciones desarrolladas en sistemas agrícolas de la provincia de Imbabura. Valverde et al. (2015), al evaluar el efecto de abonos verdes sobre la calidad del suelo en la parroquia Imantag, evidenciaron la importancia del aporte de materia orgánica para mejorar las condiciones de fertilidad, aunque determinadas limitaciones

nutricionales pueden persistir dependiendo de las características del suelo y del manejo aplicado. En el caso de la finca “San Antonio”, el bajo contenido de fósforo (6,97 ppm) podría estar asociado con procesos de fijación característicos de suelos derivados de materiales volcánicos, en los cuales determinados minerales pueden retener este elemento y reducir su disponibilidad para las plantas (Astier et al., 2012). Asimismo, el pH ácido registrado (5,45) constituye un factor que debe considerarse en el manejo de la fertilidad, debido a su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y la dinámica del fósforo en el suelo.

Tabla 4. Resultados de análisis de suelo correspondiente a fin con sistema productivo de café. Finca San Antonio. Intag

NUTRIENTE	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
N (Nitrógeno)	31.50	ppm	Medio
P (Fósforo)	8.83	ppm	Bajo
S (Azufre)	13.0	ppm	Medio
K (Potasio)	0.67	meq/100 ml	Alto
Ca (Calcio)	9.22	meq/100 ml	Alto
Mg (Magnesio)	1.93	meq/100 ml	Alto
Zn (Zinc)	2.20	ppm	Bajo
Cu (Cobre)	7.65	ppm	Alto
Fe (Hierro)	451.86	ppm	Alto
Mn (Manganeso)	4.93	ppm	Bajo
B (Boro)	0.49	ppm	Bajo
pH	5.38	—	Ácido
Acidez Intercambiable (Al+H)	—	meq/100 ml	No reportado
Al (Aluminio)	—	meq/100 ml	No reportado
Na (Sodio)	—	meq/100 ml	No reportado
Ce (Conductividad Eléctrica)	0.400	mS/cm	No salino
Mo (Materia Orgánica)	5.52	%	Alto

Fuente: Labonort, Ibarra

En la misma finca agrícola “San Antonio”, la parcela destinada al cultivo de café presentó diferencias en la disponibilidad de nutrientes respecto al área de cítricos. El nitrógeno registró un valor de 31,50 ppm, correspondiente a un nivel medio, mientras que el fósforo alcanzó 8,83 ppm, clasificado como bajo. El azufre presentó 13,00 ppm, correspondiente a un nivel medio. En cuanto a las bases intercambiables, el potasio registró 0,67 meq/100 ml y el magnesio 1,93 meq/100 ml, ambos clasificados como niveles altos. El zinc presentó 2,20 ppm, considerado bajo, mientras que el hierro alcanzó una concentración elevada de 451,86 ppm. El pH fue de 5,38, indicando una condición ácida del suelo.

Estos resultados evidencian que, al igual que en la parcela de cítricos, el cultivo de café presentó una limitación relacionada principalmente con la disponibilidad de fósforo, acompañada de una condición ácida del suelo. Sin embargo, los contenidos elevados de

magnesio y potasio constituyen condiciones favorables para procesos fisiológicos relacionados con la fotosíntesis, el balance hídrico y el transporte de asimilados. La diferencia en la disponibilidad de nutrientes entre ambas parcelas puede estar relacionada con las características particulares de cada cultivo, el manejo histórico del suelo, la extracción de nutrientes y las prácticas de fertilización implementadas.

4.2 Finca agrícola “Río Lindo” Cuellaje

Para la evaluación de las condiciones edáficas de los sistemas agrícolas estudiados se aplicó un protocolo de muestreo de suelo estandarizado para todas las fincas y cultivos seleccionados. El muestreo se realizó mediante el método compuesto, recolectando varias submuestras distribuidas de manera representativa dentro de cada parcela. Para reducir la variabilidad espacial del suelo, las submuestras se obtuvieron mediante un recorrido en zigzag, evitando zonas atípicas, bordes de la parcela, acumulaciones de residuos y sitios con condiciones diferentes al resto del área. Las muestras fueron recogidas a una profundidad aproximada de 0–30 cm, que corresponde a la capa superficial donde se concentra una importante proporción de la actividad radicular y microbiológica. Luego se homogenizaron las submuestras para obtener una muestra compuesta representativa de cada parcela, debidamente identificada y acondicionada para el traslado al laboratorio.

Una vez obtenidas las muestras, se realizó el análisis de las principales propiedades químicas y nutricionales del suelo. Los parámetros que se evaluaron fueron nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) como macronutrientes y Zn, Mn, B, Fe, Cu como micronutrientes; además de pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica (MO). Los procedimientos analíticos aplicados para cada parámetro siguieron los protocolos establecidos por el laboratorio responsable de los análisis. Los resultados fueron posteriormente comparados con los rangos de referencia utilizados para interpretar el nivel de disponibilidad de cada nutriente y determinar las principales limitaciones y fortalezas de los suelos evaluados.

Tabla 5. Resultados de análisis de suelo correspondiente a sistema productivo de café. Finca Río Lindo. Cuellaje

NUTRIENTE	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
N (Nitrógeno)	23.75	Ppm	Bajo
P (Fósforo)	23.84	Ppm	Alto
S (Azufre)	11.25	Ppm	Bajo
K (Potasio)	0.44	Meq/100 Ml	Alto
Ca (Calcio)	15.36	Meq/100 Ml	Alto
Mg (Magnesio)	1.81	Meq/100 Ml	Alto
Zn (Zinc)	3.56	Ppm	Medio
Cu (Cobre)	11.02	Ppm	Alto
Fe (Hierro)	248.27	Ppm	Alto
Mn (Manganeso)	9.32	Ppm	Medio
B (Boro)	0.23	Ppm	Bajo
pH	5.94	—	Ligeramente Ácido
Acidez Intercambiable (Al+H)	—	Meq/100 Ml	No Reportado
Al (Aluminio)	—	Meq/100 Ml	No Reportado
Na (Sodio)	—	Meq/100 Ml	No Reportado
Ce (Conductividad Eléctrica)	0.570	Ms/Cm	No Salino
Mo (Materia Orgánica)	5.62	%	Alto

Fuente: Labonort- Ibarra

El nitrógeno presentó un valor de 22,00 ppm, clasificado como bajo, lo que indica una disponibilidad insuficiente para cubrir adecuadamente las necesidades fisiológicas del cultivo. Este elemento participa directamente en procesos relacionados con la síntesis de proteínas, la formación de tejidos vegetales y la producción de clorofila. Su deficiencia puede provocar disminución del crecimiento vegetativo, amarillamiento foliar y reducción del rendimiento productivo. El fósforo registró 23,84 ppm, clasificado como alto. Este nutriente favorece procesos asociados al desarrollo radicular, la transferencia energética y el crecimiento reproductivo. La disponibilidad observada constituye una condición favorable para el cultivo debido a su influencia sobre el establecimiento y la productividad. El azufre presentó un valor de 5,75 ppm, considerado bajo. Este nutriente participa en la síntesis de aminoácidos esenciales, proteínas y enzimas, por lo que su deficiencia puede afectar el metabolismo vegetal, disminuir el crecimiento y reducir la eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno por parte de las plantas (Havlin et al., 2014; Brady y Weil, 2017).

Este elemento participa en la síntesis de aminoácidos y de proteínas; por consiguiente, sus concentraciones insuficientes afectan a procesos metabólicos y al desarrollo de las plantas. El potasio se presentó en 0.59 meq/100 ml clasificado como medio. Este nutriente participa en la regulación del agua, el transporte de nutrientes y la resistencia al estrés ambiental. El calcio superior o igual a 2,0 meq/100 ml, clasificado alto. Su concentración produce la estabilidad estructural de los suelos y mejora los tejidos de las plantas. El magnesio fue clasificado medio con 1,22 meq/100 ml. Este elemento hace parte de la clorofila y participa en la fotosíntesis. En

cuanto a los micronutrientes, el zinc tuvo un resultado de 3,12 ppm, que se considera medio, en tanto que el boro dio 0,30 ppm, lo que se clasifica como bajo, constituyéndose como una de las mayores limitantes nutricionales.

La falta de boro puede influenciar los procesos reproductivos, floración y formación del fruto. El resultado del hierro fue de 320.45 ppm y el cobre de 7.12 ppm, que son altos, se deben a la acidez del suelo. El suelo tuvo un pH de 5,60 el cual se clasifica como ligeramente ácido según la Norma Oficial Mexicana 147-1994. La concentración de calcio en el suelo, ubicado a 10 a 20 cm de profundidad, es adecuada para el cultivo de café. No se presentó problema por sales ya que la conductividad eléctrica fue 0,370 mS/cm. La materia orgánica presentó un valor de 6,10 %, lo cual puede ser calificado de alto y se considera una fortaleza importante, dado que incide en la fertilidad del suelo, en la forma en que está constituido el suelo, en la retención de la humedad y en la actividad biológica. Además, todo esto contribuye al mantenimiento de la productividad agrícola, (Brady y Weil, 2017; Havlin et al., 2014; FAO. 2022).

La segunda muestra de café presentó un comportamiento diferente debido a que el fósforo registró valores altos (23,84 ppm), mientras que nitrógeno, azufre y boro mostraron limitaciones. Este resultado difiere parcialmente del estudio desarrollado en Puranquí–Intag, donde el fósforo presentó limitaciones constantes en la mayoría de sistemas productivos. La diferencia encontrada podría relacionarse con antecedentes de fertilización reciente o incorporación de materia orgánica. No obstante, la falta de boro coincide con lo mencionado por Larios-González et al. (2014) sobre micronutrientes frecuentemente representan limitantes silenciosas en sistemas agrícolas debido a que sus efectos iniciales pueden no ser visibles, aunque disminuyen rendimiento a largo plazo. El nitrógeno bajo identificado también coincide con estudios agrícolas reportados por Altieri y Nicholls (2020), quienes señalan que la reducción de nitrógeno disponible afecta crecimiento vegetativo y productividad de sistemas agrícolas tradicionales.

4.3 Finca agrícola “Casa semilla” Cotacachi

La muestra correspondiente al cultivo de hortalizas presentó las siguientes características nutricionales del suelo. Los resultados obtenidos para los macronutrientes y micronutrientes, así como para el pH, la conductividad eléctrica y la materia orgánica, permitieron determinar las principales condiciones de fertilidad y las posibles limitaciones nutricionales del sistema productivo. Estos resultados fueron interpretados de acuerdo con los rangos establecidos por el laboratorio y contrastados con literatura científica relacionada con

la fertilidad y el manejo sostenible de suelos agrícolas. En función de los resultados obtenidos, se identificaron los nutrientes que presentaron niveles bajos, medios y altos, lo que permitió establecer las principales fortalezas y limitaciones del suelo destinado a la producción de hortalizas. La interpretación de estos parámetros permitió, además, relacionar las condiciones nutricionales del suelo con las prácticas de manejo implementadas en la finca y establecer posibles alternativas orientadas a mejorar la disponibilidad de nutrientes y mantener la fertilidad del suelo.

Tabla 6. Resultados de análisis de suelo correspondiente a hortalizas. Finca Casa Semilla-Cotacachi

Nutriente	Valor	Unidad	Interpretación
N (Nitrógeno)	31.75	ppm	Medio
P (Fósforo)	108.75	ppm	Alto
S (Azufre)	37.00	ppm	Alto
K (Potasio)	0.87	meq/100 ml	Alto
Ca (Calcio)	16.43	meq/100 ml	Alto
Mg (Magnesio)	4.33	meq/100 ml	Alto
Zn (Zinc)	6.74	ppm	Medio
Cu (Cobre)	2.75	ppm	Medio
Fe (Hierro)	96.79	ppm	Alto
Mn (Manganeso)	11.60	ppm	Medio
B (Boro)	0.59	ppm	Bajo
pH	6.84	—	Casi neutro.
Acidez Intercambiable (Al+H)	—	meq/100 ml	No informado.
Al (Aluminio)	—	meq/100 ml	no notificado
Na (Sodio)	—	meq/100 ml	No informado.
Ce (Conductividad Eléctrica)	1.290	mS/cm	Proditor y de otro.
Mo (Materia Orgánica)	8.40	%	Elevado.

Fuente: Labonort, Ibarra

El contenido de nitrógeno alcanzó los 42,60 ppm, siendo un valor alto y lo calificamos como adecuado para el crecimiento y desarrollo vegetativo. El fósforo es 108.75 ppm, considerado extremadamente alto. Este resultado favorece la raíz y los rendimientos; no obstante, en dosis excesivas puede generar antagonismos con micronutrientes como el zinc o el cobre. El azufre tuvo un nivel de 16,20 ppm que se clasifica como alto, lo que favorece la síntesis de proteínas y el metabolismo de las plantas. El nivel de potasio fue 1,35 meq/100 ml, -poco menos que alto, que es favorable para el balance hídrico y el transporte de nutrientes. El calcio obtuvo un valor de 10,42 meq/100 ml clasificado alto, que proporciona mejores estructuras celulares y estabilidad del suelo. El magnesio se mantuvo en 2,12 meq/100 ml, clasificado como alto, favoreciendo la formación de clorofila y la actividad fotosintética.

Microelementos como el zinc y el manganeso tienen valores adecuados; en tanto, el boro dio bajo resultado, ya que fue 0,41 ppm. El hierro subió mucho posiblemente debido a

las condiciones químicas del suelo en sí. El pH fue de 6,45, ligeramente ácido a cercano a la neutralidad, por lo que es favorable a la disponibilidad de nutrientes. Los valores de conductividad eléctrica fueron de 1,290 mS/cm lo que indica una ligera acumulación salina que requiera tenerlo bajo monitoreo en un plano más futuro. El porcentaje de materia orgánica fue de 8,40 %, (muy alta), representa una gran fortaleza del sistema agrícola, ya que aumenta la fertilidad del suelo, mejora su estructura, su capacidad de retención de agua y la actividad biológica. Como se puede ver, se trata de un suelo que se presenta con alta capacidad productiva y adecuado potencial para el desarrollo de cultivos hortícolas bajo un manejo sustentable (Havlin et al, 2014; Brady y Weil, 2017; FAO, 2022).

La muestra hortícola presentó uno de los mayores niveles de fertilidad observados, con contenidos altos de fósforo, azufre, calcio, potasio y materia orgánica (8,40 %). Estos resultados pueden compararse con el estudio realizado por Valverde et al. (2015) en Imbabura, donde se determinó que la incorporación continua de abonos verdes incrementa materia orgánica y mejora la disponibilidad nutricional del suelo. La diferencia principal radica en que la presente investigación mostró contenidos extremadamente altos de fósforo (108,75 ppm). Según Gliessman y Howard (2016), concentraciones excesivas de fósforo pueden generar antagonismos nutricionales reduciendo absorción de ciertos micronutrientes como zinc y cobre. Además, la conductividad eléctrica registró ligera salinidad (1,290 mS/cm). De acuerdo con FAO (2022), sistemas hortícolas intensivos manejados con fertilización continua pueden presentar acumulación progresiva de sales.

En la parcela destinada a la producción de frutales se evaluaron las condiciones nutricionales del suelo mediante el análisis de macronutrientes, micronutrientes, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica. Los resultados que arrojaron las pruebas, permitieron conocer el estado de fertilidad del suelo, así como la detección de posibles limitaciones nutricionales, además de las condiciones favorables para un óptimo desarrollo de los cultivos. Los resultados del análisis permitieron identificar los nutrientes que presentaron niveles bajos, medios y altos, y las principales características físico-químicas del suelo. A través de estas acciones, se obtuvo un diagnóstico de la finca que, complementado con el análisis del suelo, permitió establecer los niveles y disponibilidad de nutrientes. Con base en ello, se realizó un levantamiento de información sobre las características del sistema productivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para los cultivos establecidos.

Tabla 7. Resultados de análisis de suelo correspondiente a frutales. Finca Casa Semilla. Cotacachi

Nutriente	Valor	Unidad	Interpretación
N (Nitrógeno)	36.25	ppm	Medio
P (Fósforo)	60.55	ppm	Alto
S (Azufre)	20.50	ppm	Medio
K (Potasio)	0.67	meq/100 ml	Alto
Ca (Calcio)	15.75	meq/100 ml	Alto
Mg (Magnesio)	3.80	meq/100 ml	Alto
Zn (Zinc)	6.93	ppm	Medio
Cu (Cobre)	3.77	ppm	Medio
Fe (Hierro)	161.26	ppm	Alto
Mn (Manganeso)	11.02	ppm	Medio
B (Boro)	0.44	ppm	Bajo
pH	6.30	—	Ligeramente ácido
Acidez Intercambiable (Al+H)	—	meq/100 ml	No reportado
Al (Aluminio)	—	meq/100 ml	No reportado
Na (Sodio)	—	meq/100 ml	No reportado
Ce (Conductividad Eléctrica)	1.00	mS/cm	Ligeramente salino
Mo (Materia Orgánica)	8.24	%	Alto

Fuente: Labonort, Ibarra

El nitrógeno presentó 38,20 ppm, clasificado como medio-alto, indicando una adecuada disponibilidad para el crecimiento vegetativo y el desarrollo fisiológico del cultivo. El fósforo registró 42,10 ppm, considerado alto, favoreciendo el desarrollo radicular, la transferencia energética y los procesos reproductivos de la planta. El azufre presentó 12,40 ppm, clasificado como medio-alto, mostrando una disponibilidad adecuada para la síntesis de proteínas y aminoácidos esenciales. El potasio presentó 0,95 meq/100 ml, considerado alto, favoreciendo la regulación hídrica, la translocación de nutrientes y el desarrollo del fruto. El calcio registró 8,32 meq/100 ml, clasificado alto, fortaleciendo la estabilidad estructural del suelo y los tejidos vegetales. El magnesio alcanzó 1,95 meq/100 ml, considerado alto y favorable para los procesos fotosintéticos debido a su función como componente central de la molécula de clorofila. En conclusión, los resultados evidencian la disponibilidad de macronutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y producción de cultivo, que favorece el sostenimiento de un sistema agrícola con condiciones nutricionales adecuadas (Havlin et al., 2014; Brady y Weil, 2017).

En lo que respecta a los micronutrientes, el zinc y el manganeso se encontraron en niveles adecuados, no obstante, el boro presentó 0.38 ppm, clasificado bajo y al igual que el anterior, se constituye en un elemento limitante en el desarrollo del cultivo. La falta de boro puede interferir en los procesos que ayudan a dividir las células, florecer, fecundar y formar frutos. Las altas concentraciones de hierro pueden ser atribuibles a factores edáficos o a los

diferentes tipos de disponibilidad que se encuentran en los suelos ácidos. El pH fue 6,20 esto es un poco ácido y se considera adecuado para la disponibilidad de nutrientes, pues en dicho rango uno de los mayores efectos es por el aumento de la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. La conductividad eléctrica presentó 0,490 mS/cm, clasificándose como no salino, lo que indica ausencia de restricciones por acumulación de sales. La materia orgánica alcanzó 8,24 %, clasificada muy alta, indicando una excelente condición biológica y química del suelo, debido a su contribución en la retención de humedad, el suministro gradual de nutrientes, la estabilidad estructural y el fortalecimiento de la actividad microbiana del suelo (Brady y Weil, 2017; Havlin et al., 2014; FAO, 2022).

Los resultados obtenidos en frutales evidenciaron elevados contenidos de materia orgánica (8,24 %), fósforo, calcio y magnesio, indicando condiciones favorables de fertilidad. Estos resultados resultan similares a los desarrollados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019) en relación con el potencial frutal de Imbabura y Carchi, donde se identificó que sistemas frutícolas manejados mediante prácticas sostenibles presentan mejores condiciones químicas y elevada disponibilidad nutricional. Sin embargo, el boro presentó niveles bajos, coincidiendo con observaciones realizadas por Altieri y Nicholls (2020), quienes señalan que las deficiencias de micronutrientes representan una de las limitaciones más frecuentes en sistemas agrícolas diversificados.

4.4 Puntos críticos y aspectos positivos que afectan la sostenibilidad de los agrosistemas del cantón Cotacachi

Los resultados obtenidos permitieron identificar fortalezas y puntos críticos en las dimensiones ambiental, económica y social de los sistemas agrícolas evaluados. En la dimensión ambiental, destacó el contenido elevado de materia orgánica en la mayoría de los suelos, junto con niveles favorables de algunos nutrientes; sin embargo, se identificaron limitaciones relacionadas principalmente con la disponibilidad de fósforo, boro, zinc y manganeso, así como con la acidez de determinados suelos. Las condiciones mencionadas indica la necesidad de fortalecer prácticas de manejo agroecológico y de conservación de la fertilidad del suelo (Brady y Weil, 2017; Altieri y Nicholls, 2020). Los sistemas analizados mostraron fortalezas en cuanto a productividad, diversificación de cultivos, generación de ingresos y estabilidad de las ventas en la dimensión económica. Sin embargo, se encontraron limitantes sobre los costos de producción, acceso a mercado, capacidad inversionista y comercialización que pueden afectar la estabilidad económica de las unidades productivas. Los pequeños productores diversifican su oferta agrícola (Gliessman, 2016).

En la dimensión social, la participación de la familia, el mantenimiento de conocimientos agrícolas tradicionales y el vínculo de la comunidad fue visto como una fortaleza. Se detectaron limitaciones con la organización, acceso a capacitación y asistencia técnica en los principales puntos críticos. En este sentido, el fortalecimiento de las capacidades locales, la participación comunitaria y la recuperación de conocimientos ancestrales constituyen elementos importantes para mejorar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (Astier et al., 2012). En conjunto, los resultados demostraron que la sustentabilidad de los sistemas agrícolas del cantón Cotacachi depende de la interacción entre las condiciones ambientales, económicas y sociales. La identificación de estas fortalezas y limitaciones permitió establecer los principales puntos críticos y sirvió como base para la formulación de estrategias orientadas al fortalecimiento integral de los sistemas agrícolas evaluados (Astier et al., 2012).

4.5 Indicadores claves que representan las dimensiones ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad de las actividades agrícolas

Tabla 8. Escala de interpretación de la calificación de los indicadores de sustentabilidad

Calificación	Interpretación
1	Muy deficiente
2	Deficiente
3	Regular (requiere mejoras)
4	Bueno
5	Muy bueno (óptimo)

La escala de calificación utilizada permite valorar el nivel de desempeño de los indicadores de sustentabilidad evaluados en los sistemas agrícolas, mediante una puntuación de 1 a 5. En esta escala, el valor 1 representa un desempeño muy deficiente, evidenciando problemas críticos que requieren atención inmediata; el valor 2 indica un desempeño deficiente, con limitaciones importantes que afectan la sustentabilidad del sistema; el valor 3 corresponde a un desempeño regular, reflejando condiciones aceptables, pero que aún requieren mejoras para alcanzar un manejo sostenible; el valor 4 representa un desempeño bueno, indicando que el indicador cumple adecuadamente con los criterios establecidos y solo necesita ajustes menores; finalmente, el valor 5 corresponde a un desempeño muy bueno u óptimo, evidenciando que el indicador presenta condiciones favorables y contribuye de manera significativa a la sustentabilidad del agroecosistema. (Masera et al., 1999).

4.6 Matriz de ponderación de indicadores

El estudio se realizó en tres fincas del cantón Cotacachi, que se localizan en la zona de Intag, en la parroquia Cuellaje y en Cotacachi. Se otorgó mayor peso a los indicadores relacionados con la productividad, la rentabilidad y la generación de ingresos, debido a que constituyen la base económica de las fincas, se consideraron aspectos sociales vinculados con la generación de empleo, la participación familiar y la capacitación de los productores, en la dimensión ambiental, se priorizaron indicadores relacionados con la conservación del suelo, el uso eficiente del agua, el manejo de residuos, la diversificación de cultivos y la conservación de la biodiversidad, elementos fundamentales para garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo.

Tabla 9. Matriz de ponderación de indicadores Finca San Antonio

Finca agrícola "San Antonio" ubicada en Intag en el cantón Cotacachi			
Dimensión	**Indicador**	**Calificación**	**Promedio**
Económico	Ingreso neto anual de la finca	4	3,60
	Costo de producción	3	
	Productividad del cultivo	4	
	Endeudamiento	3	
	Inversión en el negocio	4	
	Diversificación de ingresos	4	
	Rentabilidad del cultivo	3	
	Nivel de ventas	4	
	Estabilidad económica	4	
	Uso de facturación electrónica	3	
Social	Generación de empleo	4	3,40
	Capacitación del personal	3	
	Relación con la comunidad	1	
	Cumplimiento de los derechos laborales	4	
	Responsabilidad social empresarial	3	
	Inclusión y diversidad	4	
	Seguridad y salud ocupacional	4	
	Acceso a servicios básicos	4	
	Afiliación de los trabajadores al IESS	3	
	Participación en asociaciones de productores	4	
Ambiental	Consumo de agua para riego	5	3,91
	Eficiencia del riego	5	
	Protección de fuentes de agua	5	
	Contaminación del agua por agroquímicos	2	
	Uso de fertilizantes químicos	3	
	Uso de pesticidas	1	
	Conservación del suelo	4	
	Contenido de materia orgánica	5	
	Manejo de residuos agrícolas	5	
	Emisión de gases por maquinaria	4	
	Quema de residuos agrícolas	4	
Productivo	Rendimiento de cultivo	4	4,56
	Calidad de cultivo	4	
	Diversificación de cultivos	5	
	Disponibilidad de semillas o material vegetal de calidad	5	
	Disponibilidad de infraestructura productiva	5	
	Disponibilidad de materia prima	5	
	Nivel de mecanización y uso de equipos	4	
	Implementación de nuevas prácticas o tecnologías productivas	5	
	Porcentaje de producción comercializable	4	

La evaluación de la Finca Agrícola “San Antonio”, ubicada en la comunidad Santa Rosa, parroquia Plaza Gutiérrez, área de Intag, cantón Cotacachi, evidenció un nivel de sustentabilidad favorable. La dimensión productiva obtuvo el mayor promedio (4,56), lo que refleja una adecuada capacidad productiva, disponibilidad de infraestructura y diversificación de cultivos. La dimensión ambiental alcanzó un promedio de 3,91, indicando un manejo favorable de los recursos naturales, aunque se identificaron oportunidades de mejora relacionadas con el manejo de insumos agrícolas y el fortalecimiento de prácticas orientadas a reducir posibles impactos ambientales. En la dimensión económica, el promedio fue de 3,60, correspondiente a un desempeño favorable, aunque con posibilidades de mejora en aspectos relacionados con los costos de producción, endeudamiento y rentabilidad. Finalmente, la dimensión social presentó un promedio de 3,40, siendo la de menor desempeño, principalmente por las limitaciones identificadas en la relación con la comunidad y la necesidad de fortalecer la capacitación y participación de los actores involucrados. (Astier et al., 2012).

FIGURA A

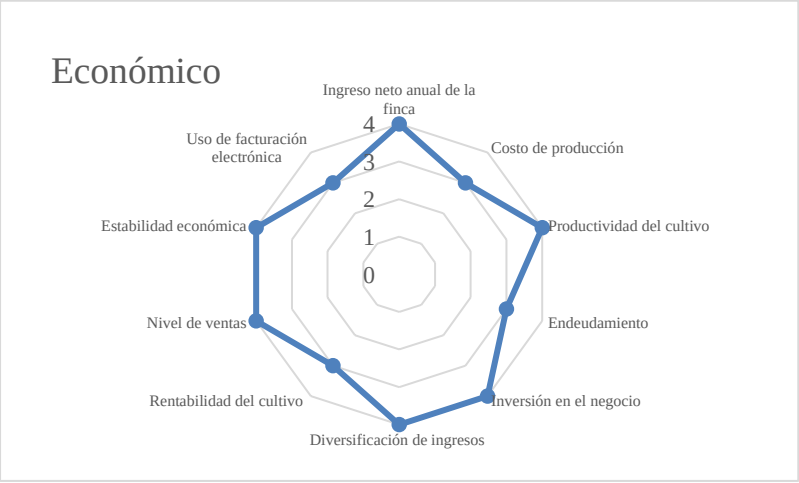


FIGURA B

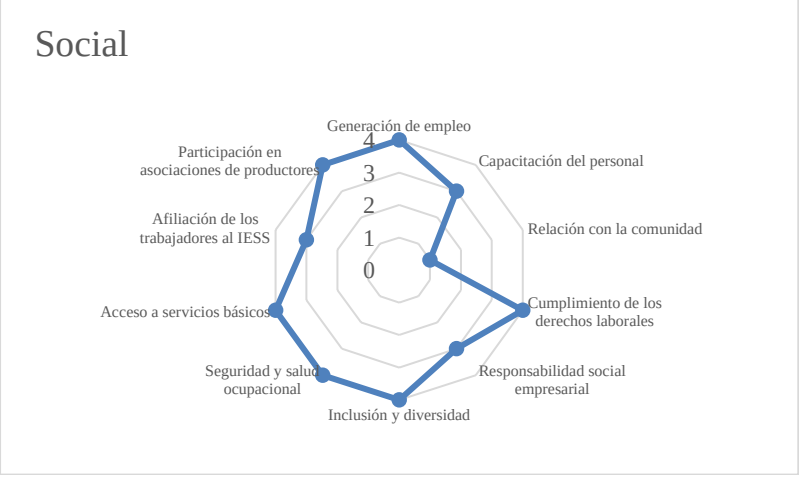


FIGURA C

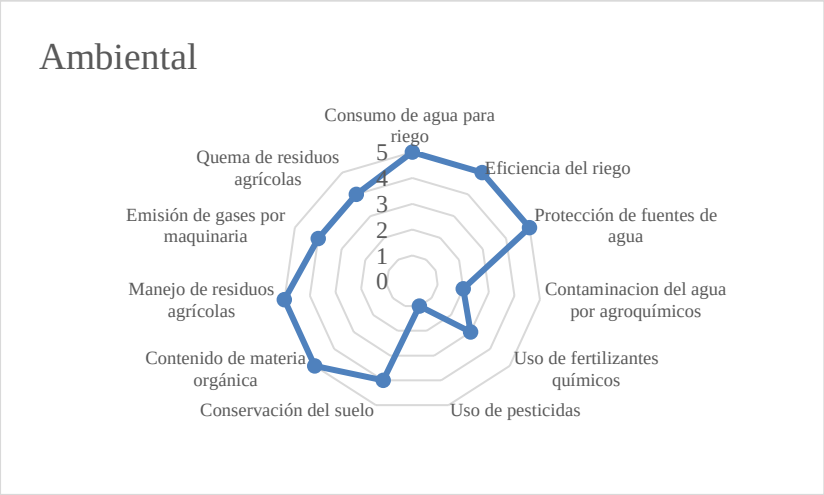


FIGURA D



Los gráficos de radar permitieron visualizar el comportamiento de los indicadores de sustentabilidad de la Finca Agrícola “San Antonio”, ubicada en la comunidad Santa Rosa, cantón Cotacachi. El análisis de las dimensiones económica, social, ambiental y productiva facilitó la identificación de las principales fortalezas y los indicadores con menor desempeño, permitiendo establecer los aspectos prioritarios para el fortalecimiento de la sustentabilidad del sistema agrícola.

Figura A. Dimensión económica. La dimensión económica presentó un desempeño favorable, destacándose el ingreso neto anual, la productividad del cultivo, la inversión, la diversificación de ingresos, el nivel de ventas y la estabilidad económica. Estos resultados evidenciaron una adecuada capacidad para generar ingresos y mantener la actividad productiva. Sin embargo, los costos de producción, el endeudamiento, la rentabilidad y el uso de facturación electrónica presentaron valores intermedios, por lo que constituyeron aspectos

susceptibles de mejora mediante una gestión financiera más eficiente y el fortalecimiento de los procesos administrativos y comerciales.

Figura B. Dimensión social. La dimensión social presentó un desempeño moderado. Se destacaron indicadores relacionados con la generación de empleo, el cumplimiento de los derechos laborales, la inclusión y diversidad, la seguridad y salud ocupacional, el acceso a servicios básicos y la participación en asociaciones de productores. Estos resultados reflejaron condiciones favorables para el bienestar de los trabajadores. No obstante, la relación con la comunidad obtuvo la menor calificación, mientras que la capacitación del personal, la responsabilidad social empresarial y la afiliación al IESS presentaron valores intermedios. En consecuencia, estos aspectos requieren mayor atención para fortalecer la vinculación comunitaria, la formación del personal y la formalización laboral.

Figura C. Dimensión ambiental. evidenció un desempeño favorable, principalmente por los resultados relacionados con el consumo y eficiencia del agua para riego, la protección de fuentes hídricas, la conservación del suelo, el contenido de materia orgánica y el manejo de residuos agrícolas. Estas condiciones reflejaron la presencia de prácticas favorables para la conservación de los recursos naturales, los indicadores relacionados con el uso de pesticidas, fertilizantes químicos y el posible riesgo de contaminación del agua por agroquímicos presentaron los valores más bajos, constituyéndose en aspectos prioritarios para fortalecer mediante prácticas agroecológicas y un manejo adecuado de los insumos agrícolas.

Figura D. Dimensión productiva. La dimensión productiva presentó el desempeño más favorable de la finca, destacándose el rendimiento y la calidad de los cultivos, la diversificación productiva, la disponibilidad de semillas o material vegetal de calidad, la infraestructura, la disponibilidad de materia prima y la implementación de nuevas prácticas o tecnologías. Estos resultados evidenciaron una elevada capacidad productiva y condiciones favorables para mantener la actividad agrícola. El nivel de mecanización y el porcentaje de producción comercializable presentaron valores relativamente menores, aunque mantuvieron un desempeño favorable y constituyeron oportunidades para incrementar la eficiencia y competitividad del sistema productivo.

Tabla 10. Matriz de ponderación de indicadores Finca Río Lindo

Finca agrícola “Río Lindo” ubicada en Cuellaje en el cantón Cotacachi			
Dimensión	**Indicador**	**Calificación**	**Promedio**
Económico	Ingreso neto anual de la finca	5	4,30
	Costo de producción	4	
	Productividad del cultivo	5	
	Endeudamiento	3	
	Inversión en el negocio	4	
	Diversificación de ingresos	4	
	Rentabilidad del cultivo	4	
	Nivel de ventas	5	
	Estabilidad económica	5	
	Uso de facturación electrónica	4	
Social	Generación de empleo	5	3,90
	Capacitación del personal	4	
	Relación con la comunidad	1	
	Cumplimiento de los derechos laborales	4	
	Responsabilidad social empresarial	4	
	Inclusión y diversidad	4	
	Seguridad y salud ocupacional	4	
	Acceso a servicios básicos	5	
	Afiliación de los trabajadores al IESS	4	
	Participación en asociaciones de productores	4	
Ambiental	Consumo de agua para riego	5	4,09
	Eficiencia del riego	5	
	Protección de fuentes de agua	5	
	Contaminación del agua por agroquímicos	2	
	Uso de fertilizantes químicos	3	
	Uso de pesticidas	3	
	Conservación del suelo	4	
	Contenido de materia orgánica	5	
	Manejo de residuos agrícolas	5	
	Emisión de gases por maquinaria	4	
	Quema de residuos agrícolas	4	
Productivo	Rendimiento de cultivo	5	4,78
	Calidad de cultivo	5	
	Diversificación de cultivos	3	
	Disponibilidad de semillas o material vegetal de calidad	5	
	Disponibilidad de infraestructura productiva	5	
	Disponibilidad de materia prima	5	
	Nivel de mecanización y uso de equipos	5	
	Implementación de nuevas prácticas o tecnologías productivas	5	
	Porcentaje de producción comercializable	5	

La evaluación de la finca agrícola "Río Lindo", ubicada en Cuellaje, cantón Cotacachi, evidencia un alto nivel de sostenibilidad, con un desempeño sobresaliente en las dimensiones productiva (4,78), económica (4,30) y ambiental (4,09). Estos resultados indican que la finca cuenta con un sistema productivo eficiente, estabilidad económica, buena rentabilidad y una adecuada gestión de los recursos naturales. Además, dispone de infraestructura, mecanización, semillas de calidad y aplica prácticas que favorecen la productividad y la comercialización de sus productos. La dimensión social (3,90) también presenta un nivel alto de sostenibilidad, reflejando buenas condiciones laborales, generación de empleo y acceso a servicios básicos.

Sin embargo, la baja calificación en el indicador relación con la comunidad evidencia la necesidad de fortalecer la participación en actividades comunitarias y promover una mayor vinculación con el entorno social.

En términos generales, la matriz de ponderación muestra que Río Lindo es una finca con un sistema agrícola sostenible, aunque se recomienda continuar reduciendo el uso de agroquímicos y fortalecer la integración comunitaria para consolidar un equilibrio entre los aspectos económicos, sociales, ambientales y productivos.

FIGURA A

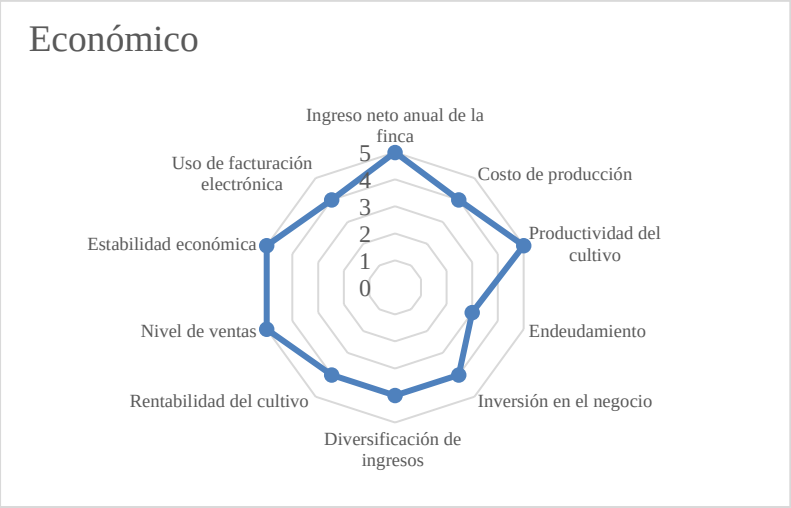


FIGURA B

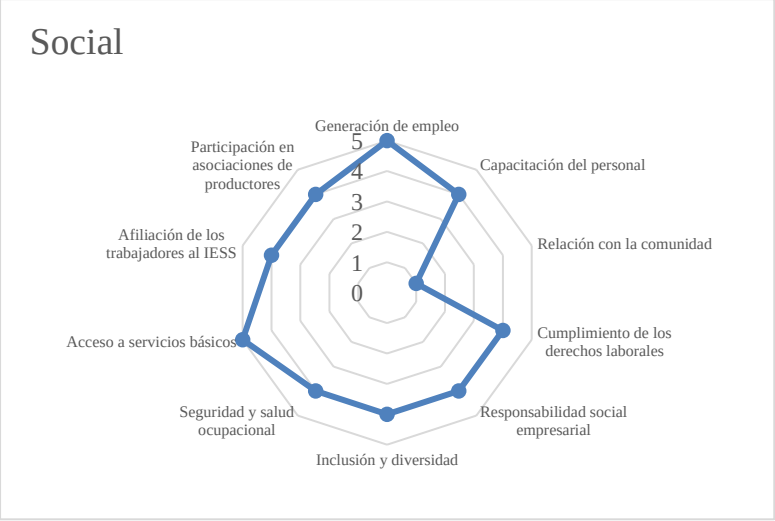


FIGURA C

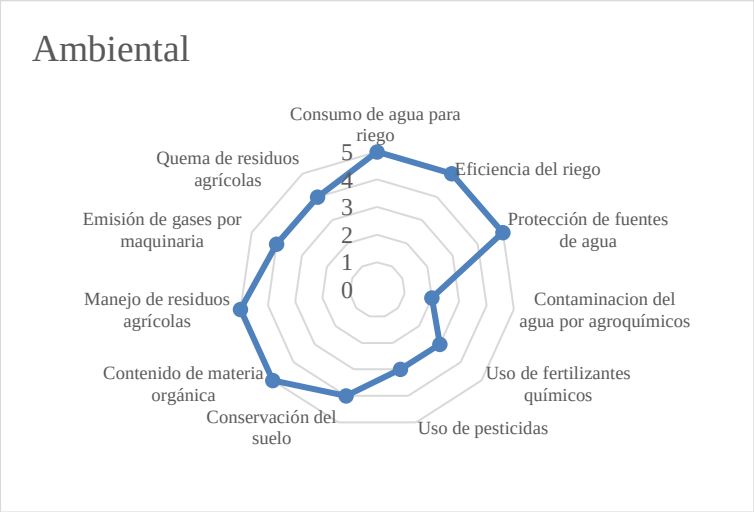
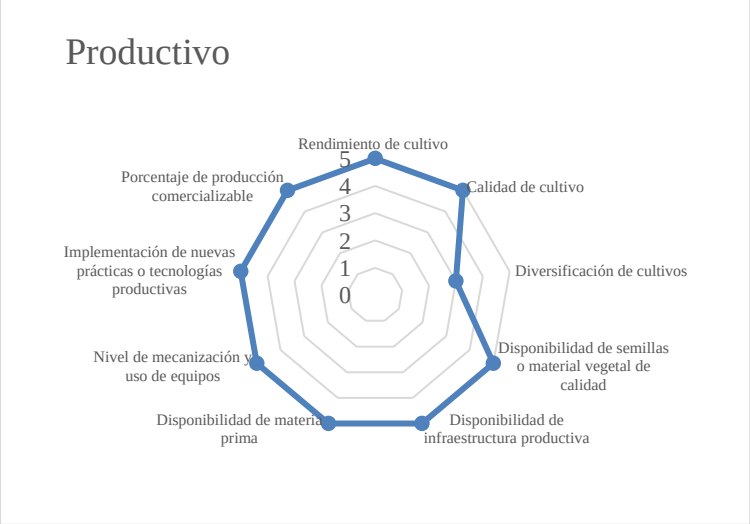


FIGURA D



Los gráficos de radar permitieron visualizar el comportamiento de los indicadores de sustentabilidad de la Finca Agrícola “Río Lindo”, facilitando la identificación de las principales fortalezas y aspectos susceptibles de mejora en las dimensiones económica, social, ambiental y productiva.

Figura A. Dimensión económica. – La dimensión económica de la finca agrícola “Río Lindo” presenta un desempeño favorable, evidenciado principalmente en los indicadores de ingreso neto anual, productividad, nivel de ventas y estabilidad económica, los cuales reflejan una adecuada capacidad para generar ingresos y mantener la continuidad de las actividades productivas. Asimismo, la diversificación de las actividades contribuye a disminuir la dependencia de una única fuente de ingresos. No obstante, se identifican oportunidades de fortalecimiento en aspectos relacionados con la inversión en el negocio, el manejo del

endeudamiento y la optimización de los costos de producción, por lo que resulta necesario mejorar la planificación y gestión financiera para incrementar la eficiencia económica y fortalecer la rentabilidad de la finca.

Figura B. Dimensión social. – La dimensión social evidencia un desempeño favorable debido a que los sistemas productivos evaluados presentaron condiciones adecuadas en aspectos relacionados con la participación, organización, bienestar y capacidades de los productores, destacándose indicadores relacionados con la generación de empleo, el cumplimiento de los derechos laborales, la seguridad y salud ocupacional y el acceso a servicios básicos. Estos resultados reflejan condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividades laborales y un compromiso con el bienestar de las personas vinculadas al sistema productivo. Sin embargo, se identifican aspectos que requieren mayor atención, particularmente la relación con la comunidad, la capacitación del personal y la participación en asociaciones de productores. El fortalecimiento de estos componentes permitiría mejorar la integración social de la finca, promover el desarrollo de capacidades y favorecer una mayor articulación con organizaciones y actores del sector agropecuario.

Figura C. Dimensión ambiental. – La dimensión ambiental presenta un desempeño favorable, destacándose el consumo eficiente del agua para riego, es la actividad que rápidamente se establece una práctica de uso y una gestión apropiadas que favorezca la solución de problemas. Estos resultados evidencian la aplicación de prácticas orientadas al uso responsable y conservación de los recursos naturales dentro del sistema productivo. En este contexto, los aspectos relacionados con la fertilización y el manejo de productos utilizados para el control de plagas constituyen oportunidades de fortalecimiento, por lo que se recomienda continuar promoviendo prácticas agroecológicas, priorizando el uso adecuado de insumos, la incorporación de materia orgánica y el manejo preventivo de plagas y enfermedades. De esta manera, se puede mantener el buen desempeño ambiental alcanzado y reducir posibles riesgos de afectación sobre el suelo y los recursos hídricos.

Figura D. Dimensión productiva. – La dimensión productiva presenta un desempeño favorable, destacándose el rendimiento y la calidad de los cultivos, la disponibilidad de infraestructura productiva, la disponibilidad de materia prima, el nivel de mecanización y el porcentaje de producción comercializable. Estos resultados evidencian que la finca dispone de condiciones y recursos adecuados para desarrollar eficientemente sus actividades agrícolas. Asimismo, la disponibilidad de infraestructura, mecanización y semillas de calidad constituye

una fortaleza que favorece la continuidad y eficiencia del proceso productivo. Como oportunidades de mejora se identifican principalmente la diversificación de cultivos y la incorporación de nuevas tecnologías, cuya implementación podría contribuir a incrementar la innovación, mejorar la eficiencia de los procesos y fortalecer la capacidad de adaptación del sistema agrícola ante cambios económicos, productivos y ambientales.

Tabla 11. Matriz de ponderación de indicadores Finca Casa Semilla

Finca agrícola "Casa semilla" ubicada en el cantón Cotacachi			
Dimensión	**Indicador**	**Calificación**	**Promedio**
Económico	Ingreso neto anual de la finca	4	3,70
	Costo de producción	3	
	Productividad del cultivo	3	
	Endeudamiento	4	
	Inversión en el negocio	4	
	Diversificación de ingresos	4	
	Rentabilidad del cultivo	4	
	Nivel de ventas	4	
	Estabilidad económica	4	
	Uso de facturación electrónica	3	
Social	Generación de empleo	3	3,50
	Capacitación del personal	3	
	Relación con la comunidad	3	
	Cumplimiento de los derechos laborales	4	
	Responsabilidad social empresarial	4	
	Inclusión y diversidad	4	
	Seguridad y salud ocupacional	4	
	Acceso a servicios básicos	4	
	Afiliación de los trabajadores al IESS	3	
	Participación en asociaciones de productores	3	
Ambiental	Consumo de agua para riego	4	3,36
	Eficiencia del riego	4	
	Protección de fuentes de agua	4	
	Contaminación del agua por agroquímicos	3	
	Uso de fertilizantes químicos	3	
	Uso de pesticidas	3	
	Conservación del suelo	3	
	Contenido de materia orgánica	3	
	Manejo de residuos agrícolas	4	
	Emisión de gases por maquinaria	3	
	Quema de residuos agrícolas	3	
Productivo	Rendimiento de cultivo	4	4,22
	Calidad de cultivo	4	
	Diversificación de cultivos	5	
	Disponibilidad de semillas o material vegetal de calidad	5	
	Disponibilidad de infraestructura productiva	5	
	Disponibilidad de materia prima	4	
	Nivel de mecanización y uso de equipos	4	
	Implementación de nuevas prácticas o tecnologías productivas	3	
	Porcentaje de producción comercializable	4	

La evaluación de la finca agrícola "Casa Semilla", ubicada en el cantón Cotacachi, refleja un buen nivel de sostenibilidad, destacándose la dimensión productiva (4,22), que

evidencia una adecuada diversificación de cultivos, disponibilidad de semillas de calidad, infraestructura productiva y una buena capacidad de comercialización. Estos aspectos favorecen la eficiencia y continuidad del sistema agrícola.

FIGURA A

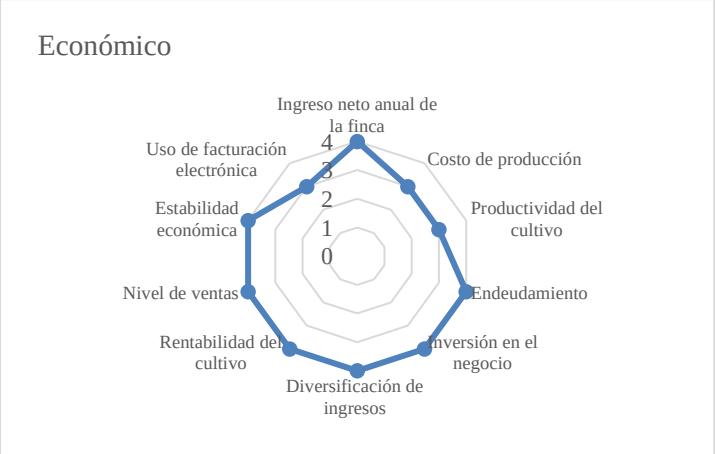


FIGURA B

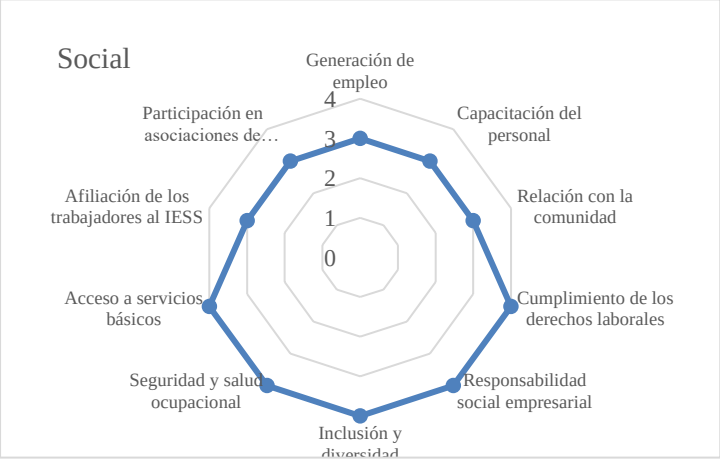


FIGURA C

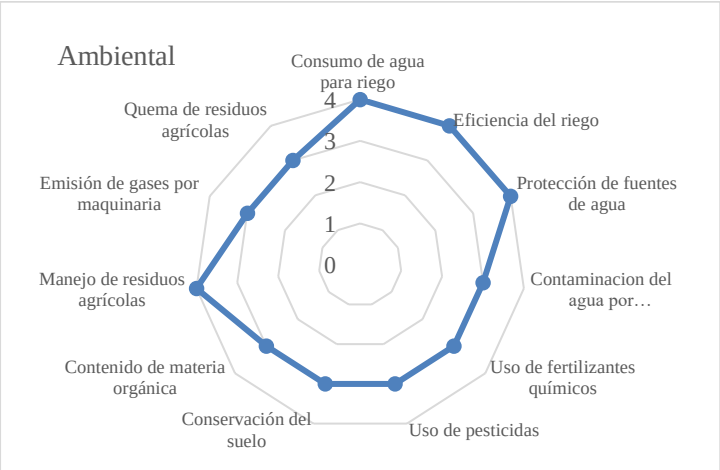
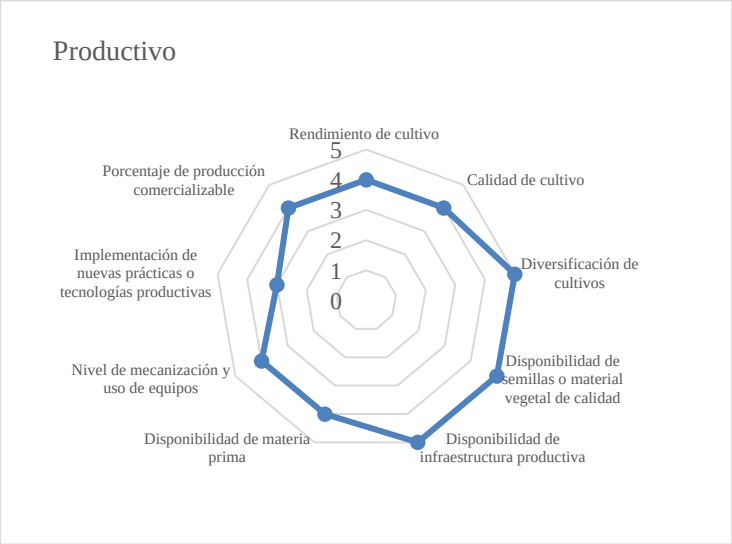


FIGURA D



Los gráficos de radar permitieron visualizar el comportamiento de los indicadores de sustentabilidad evaluados en la finca agrícola, facilitando la comparación de las fortalezas y aspectos susceptibles de mejora en las dimensiones económica, social, ambiental y productiva. En términos generales, los resultados evidenciaron un desempeño favorable, aunque algunos indicadores presentaron calificaciones intermedias que requieren acciones de fortalecimiento.

Figura A. La dimensión económica (3,70) presenta un nivel de sostenibilidad favorable, caracterizado por la estabilidad financiera, la diversificación de ingresos, el nivel de ventas y la rentabilidad; sin embargo, es necesario mejorar la productividad del cultivo, optimizar los costos de producción y fortalecer la gestión administrativa. La dimensión social (3,50) evidencia condiciones favorables en aspectos laborales y de responsabilidad social, aunque persisten necesidades relacionadas con la capacitación del personal, la afiliación al IESS y la participación en asociaciones de productores. Por su parte, la dimensión ambiental (3,36) obtuvo el promedio más bajo, lo que evidencia mayores oportunidades de mejora, principalmente en la conservación del suelo, el incremento y mantenimiento de la materia orgánica y el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales. En conjunto, los resultados de la matriz de ponderación evidencian que Casa Semilla presenta un nivel de sostenibilidad favorable, aunque con diferencias entre las dimensiones evaluadas, por lo que es necesario priorizar acciones de mejora principalmente en los componentes ambiental y social.

Figura B. Dimensión social. La dimensión social mostró resultados favorables en el cumplimiento de los derechos laborales, la responsabilidad social, la seguridad y salud ocupacional y el acceso a servicios básicos, reflejando condiciones adecuadas para el bienestar

de los trabajadores. Sin embargo, la generación de empleo, la capacitación del personal, la participación en asociaciones y la afiliación de los trabajadores al IESS presentaron calificaciones intermedias. Estos resultados evidenciaron la necesidad de fortalecer la capacitación, la organización de los productores y la formalización laboral.

Figura C. Dimensión ambiental presentó un promedio de 3,36, constituyéndose en el componente con mayor oportunidad de fortalecimiento dentro de la finca. Si bien Casa Semilla desarrolla prácticas favorables para el manejo sostenible del sistema productivo, entre ellas la ausencia de uso de agroquímicos, todavía existen aspectos susceptibles de mejora, principalmente relacionados con la conservación del suelo, el crecimiento y conservación de la materia orgánica y un uso eficaz de los recursos naturales. Existen prácticas que contribuyen al desarrollo agroecológico de la producción de habas y que deben ser implementadas. Conservar la fertilidad del suelo a partir de la incorporación de abonos orgánicos; el uso de coberturas vegetales y la asociación y rotación de cultivos.

Figura D. Dimensión productiva. La dimensión productiva evidenció un desempeño favorable, destacándose la calidad del cultivo, la disponibilidad de infraestructura productiva, la disponibilidad de materia prima y el porcentaje de producción comercializable. Estos resultados reflejaron una adecuada capacidad técnica y productiva de la finca. Por otro lado, el nivel de mecanización y la implementación de nuevas tecnologías presentaron valores intermedios, constituyéndose en oportunidades para incrementar la eficiencia, productividad y competitividad del sistema agrícola.

4.7 Análisis FODA y formulación de estrategias mediante la matriz TOWS

A partir de los resultados obtenidos mediante la metodología MESMIS se realizó un análisis FODA de los sistemas agrícolas evaluados, Con el fin de identificar los principales factores internos y externos que afectan su sostenibilidad. Las fortalezas y debilidades se establecieron a partir de los indicadores de mejor y menor desempeño en las dimensiones económica, social, ambiental y productiva. Las oportunidades y amenazas se establecieron considerando las condiciones externas que pueden llegar a favorecer o limitar el desarrollo de actividades agrícolas en el cantón Cotacachi.

Los resultados del análisis permitieron establecer una relación entre las condiciones internas de las fincas y las características del entorno. Esta información fue posteriormente

utilizada en la matriz TOWS para generar estrategias orientadas a aprovechar las fortalezas y oportunidades existentes, superar las debilidades, aprovechar las oportunidades disponibles y reducir la exposición frente a posibles amenazas. La aplicación de esta herramienta permitió transformar los resultados del diagnóstico de sostenibilidad en acciones concretas y orientadas a la mejora de los sistemas agrícolas. De esta manera, las estrategias propuestas no se establecieron únicamente de forma descriptiva, sino que fueron derivadas de la relación sistemática entre los factores internos y externos identificados en el diagnóstico.

Tabla 12. Matriz FODA

Factores internos	Factores externos
FORTALEZAS (F)	**OPORTUNIDADES (O)**
F1. Diversificación productiva.	O1. Programas de capacitación y asistencia técnica.
F2. Disponibilidad de infraestructura productiva.	O2. Acceso a tecnologías agrícolas.
F3. Experiencia y conocimiento de los productores.	O3. Demanda de productos agroecológicos.
F4. Capacidad de comercialización.	O4. Posibilidad de acceder a mercados diferenciados.
F5. Aplicación de prácticas de conservación.	O5. Programas de apoyo al sector agropecuario.
DEBILIDADES (D)	**AMENAZAS (A)**
D1. Limitada capacitación continua.	A1. Variabilidad climática.
D2. Limitada participación asociativa.	A2. Incremento del precio de insumos.
D3. Limitada gestión administrativa y financiera.	A3. Variación de precios de productos agrícolas.
D4. Bajo nivel de incorporación tecnológica.	A4. Presencia de plagas y enfermedades.
D5. Aspectos ambientales que requieren fortalecimiento.	A5. Disponibilidad limitada de agua en determinados períodos.

Tabla 13. Matriz TOWS

Estrategias FO (Fortalezas + Oportunidades)	Estrategias DO (Debilidades + Oportunidades)
Utilizar la capacidad productiva y de comercialización de las fincas para acceder a mercados diferenciados y fortalecer la venta de productos agrícolas.	Fortalecer la capacitación y asistencia técnica para mejorar la gestión administrativa, financiera y tecnológica.
Aprovechar la infraestructura y experiencia de los productores para implementar innovaciones y mejorar la eficiencia productiva.	Promover procesos de asociatividad para facilitar el acceso a capacitación, tecnologías, financiamiento y mercados.
Aprovechar las prácticas de conservación existentes para fortalecer sistemas de producción agroecológica.	Implementar programas de capacitación en manejo sostenible del suelo, agua y recursos naturales.
Estrategias FA (Fortalezas + Amenazas)	**Estrategias DA (Debilidades + Amenazas)**
Refuerce las prácticas de conservación de suelos y aguas para mejorar la capacidad de adaptación a la variabilidad climática.	Implementar medidas de adaptación al cambio climático mediante sistemas de manejo eficiente del agua y conservación del suelo.
Aprovechar la diversificación productiva para disminuir los efectos de las variaciones de precios agrícolas.	Fortalecer la planificación financiera para reducir la vulnerabilidad frente al incremento de costos de producción.
Utilizar la experiencia y capacidad productiva de los agricultores para mejorar la prevención y manejo de plagas y enfermedades.	Promover capacitación y asistencia técnica para mejorar la capacidad de respuesta frente a riesgos productivos y ambientales.

4.8 Estrategias para mejorar la sustentabilidad de los agro sistemas del cantón Cotacachi

Las estrategias, alternativas y proyectos propuestos se formularon a partir de los resultados obtenidos mediante la metodología MESMIS, considerando los principales puntos críticos y fortalezas identificados en las dimensiones económica, social y ambiental del agro sistemas evaluados. Estas propuestas tienen como finalidad reforzar la administración efectiva, alentar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, incrementar la emprendedora y fortalecer la resiliencia de las fincas, contribuyendo al desarrollo de sistemas agrícolas más sustentables y competitivos en el cantón Cotacachi.

4.8.1 Estrategia 1

Fortalecimiento de la gestión económica y comercial de las fincas agrícolas

Justificación

La evaluación de sustentabilidad evidenció que, aunque las fincas mantienen niveles aceptables de producción e ingresos, existen limitaciones relacionadas con la planificación financiera, acceso a mercados, inversión productiva y diversificación económica. Estas condiciones reducen la habilidad que tienen los productores para adaptarse a cambios en precios, situaciones climáticas y costos de producción. Por ello, resulta prioritario fortalecer las capacidades administrativas y comerciales de los agricultores para incrementar la rentabilidad y estabilidad económica de los agro sistemas.

Objetivo general

Fortalecer la sostenibilidad económica de los sistemas agrícolas mediante el mejoramiento de la gestión financiera, comercialización y diversificación de ingresos.

Tabla 14.Programa de ejecución de la Estrategia 1

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de ejecución	Recursos	Indicador de cumplimiento
Diagnóstico económico de las fincas	Levantamiento de información sobre costos de producción, ingresos, inversiones, endeudamiento y canales de comercialización.	Equipo técnico y productores	Mes 1	Encuestas, fichas técnicas, computadora	100 % de fincas diagnosticadas
Capacitación en gestión financiera	Talleres sobre elaboración de presupuestos, control de costos, registros contables y planificación financiera.	GAD Municipal, MAG y profesionales especializados	Meses 2 y 3	Material didáctico, proyector, salón de capacitación	Al menos el 80 % de productores capacitados
Fortalecimiento de la comercialización	Implementación de estrategias de venta directa, acceso a ferias agrícolas, mercados locales y plataformas digitales.	Asociaciones de productores y GAD Municipal	Meses 3 y 4	Material promocional, transporte, espacios comerciales	Incremento del número de canales de comercialización
Promoción de la diversificación productiva	Identificación e incorporación de cultivos complementarios o productos con valor agregado para reducir la dependencia de un solo ingreso.	MAG, técnicos agrícolas y productores	Meses 4 y 5	Semillas, asistencia técnica, insumos agrícolas	Al menos el 50 % de las fincas implementan una alternativa productiva
Evaluación y seguimiento	Verificación de resultados económicos obtenidos y evaluación del impacto de la estrategia mediante indicadores de rentabilidad e ingresos.	Equipo técnico y productores	Mes 6	Formatos de evaluación, registros financieros	Informe final elaborado y mejoras identificadas

4.8.2 Estrategia 2

Implementación de prácticas agroecológicas para la conservación de los recursos naturales

Justificación

Los indicadores ambientales evidenciaron la necesidad de fortalecer el manejo sostenible del suelo, agua y biodiversidad. Aunque existen prácticas tradicionales de conservación, todavía se observan procesos de erosión, uso limitado de materia orgánica y deficiencias en la gestión del recurso hídrico. La adopción de prácticas agroecológicas permitirá mejorar la productividad sin comprometer los recursos naturales.

Objetivo general

Fortalecer la sustentabilidad ambiental mediante la implementación de prácticas agroecológicas y de conservación de recursos naturales.

Tabla 15.Plan de ejecución, estrategia 2

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de ejecución	Recursos	Indicador de cumplimiento
Diagnóstico ambiental de las fincas	Evaluar el estado del suelo, disponibilidad de agua, cobertura vegetal y prácticas actuales de manejo agroecológico.	Equipo técnico, MAG y productores	Mes 1	Fichas de campo, GPS, equipos de medición	100 % de las fincas evaluadas
Capacitación en prácticas agroecológicas	Realizar talleres sobre conservación del suelo, elaboración de abonos orgánicos, rotación y asociación de cultivos, manejo integrado de plagas y uso eficiente del agua.	MAG, GAD Municipal y técnicos agropecuarios	Meses 2 y 3	Material didáctico, herramientas, salón de capacitación	Al menos el 80 % de productores capacitados
Implementación de prácticas de conservación	Establecer barreras vivas, coberturas vegetales, terrazas, sistemas de captación de agua lluvia, compostaje y aplicación de bioinsumos.	Productores con asistencia técnica	Meses 3, 4 y 5	Semillas, plantas, herramientas, composteras e insumos orgánicos	Al menos el 70 % de las fincas implementan dos o más prácticas agroecológicas
Monitoreo de los recursos naturales	Evaluar periódicamente la calidad del suelo, cobertura vegetal, eficiencia del uso del agua y reducción de procesos erosivos.	Equipo técnico y productores	Meses 4 y 5	Formatos de monitoreo, equipos de medición	Informes de seguimiento elaborados
Evaluación y mejora continua	Analizar los resultados obtenidos y definir acciones de mejora para garantizar la permanencia de las prácticas implementadas.	Equipo técnico, productores y GAD Municipal	Mes 6	Registros de campo, informes técnicos	Informe final con recomendaciones de mejora

4.8.3 Estrategia 3

Fortalecimiento organizacional y desarrollo del capital humano

Justificación

Los resultados sociales muestran que existe participación comunitaria y generación de empleo; sin embargo, aún es necesario fortalecer la organización de productores, el relevo generacional, la capacitación técnica y la participación de mujeres y jóvenes en los procesos

productivos. El fortalecimiento organizativo facilitará la gestión de proyectos y el acceso a programas de apoyo institucional.

Objetivo general

Fortalecer las capacidades organizativas y técnicas de los productores agrícolas del cantón Cotacachi.

Tabla 16. Plan de ejecución, estrategia 3

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de ejecución	Recursos	Indicador de cumplimiento
Diagnóstico organizacional	Evaluar el nivel de organización de los productores, necesidades de capacitación, liderazgo y participación comunitaria.	Equipo técnico, GAD Municipal y organizaciones de productores	Mes 1	Encuestas, fichas de diagnóstico, computadora	100 % de las organizaciones y productores evaluados
Capacitación en liderazgo y fortalecimiento organizacional	Desarrollar talleres sobre liderazgo, trabajo en equipo, asociatividad, formulación de proyectos y gestión administrativa.	MAG, GAD Municipal, universidades y organizaciones de apoyo	Meses 2 y 3	Material didáctico, equipos audiovisuales, salón de capacitación	Al menos el 80 % de los productores participan en las capacitaciones
Promoción de la participación de mujeres y jóvenes	Implementar actividades que incentiven la inclusión de mujeres y jóvenes en la toma de decisiones, emprendimientos rurales y procesos productivos.	GAD Municipal, MAG, organizaciones comunitarias	Meses 3 y 4	Material de capacitación, espacios comunitarios	Incremento de la participación de mujeres y jóvenes en las organizaciones
Fortalecimiento de la gestión de proyectos	Capacitar a los productores en la formulación de proyectos, acceso a financiamiento y vinculación con programas de apoyo institucional.	MAG, GAD Municipal, universidades y entidades financieras	Meses 4 y 5	Guías metodológicas, computadoras, asistencia técnica	Al menos una propuesta de proyecto elaborada por cada organización participante
Seguimiento y evaluación	Evaluar el fortalecimiento organizativo, la aplicación de los conocimientos adquiridos y los avances en la gestión comunitaria.	Equipo técnico y organizaciones de productores	Mes 6	Instrumentos de evaluación, registros de participación	Informe de evaluación con resultados y recomendaciones

4.8.4 Estrategia 4

Manejo integral del agua y adaptación al cambio climático

Justificación

El cambio climático representa uno de los principales riesgos para la agricultura del cantón Cotacachi debido a la variabilidad de las precipitaciones y eventos extremos. La implementación de medidas de adaptación permitirá reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas y mejorar la resiliencia de los productores.

Objetivo general

Incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático mediante una gestión eficiente del recurso hídrico.

Tabla 17.Plan de ejecución, estrategia 4

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de ejecución	Recursos	Indicador de cumplimiento
Diagnóstico del recurso hídrico y riesgos climáticos	Evaluar la disponibilidad y calidad del agua, los sistemas de riego existentes y los principales riesgos asociados al cambio climático en las fincas.	Equipo técnico, MAG, GAD Municipal y productores	Mes 1	Fichas de campo, equipos de medición, GPS, computadora	100 % de las fincas evaluadas
Capacitación en manejo eficiente del agua y adaptación climática	Desarrollar talleres sobre riego tecnificado, cosecha de agua, conservación de fuentes hídricas, uso eficiente del recurso y prácticas de adaptación al cambio climático.	MAG, GAD Municipal, INAMHI y universidades	Meses 2 y 3	Material didáctico, equipos audiovisuales, salón de capacitación	Al menos el 80 % de los productores capacitados
Implementación de prácticas de gestión hídrica	Instalar sistemas de captación de agua lluvia, mejorar la infraestructura de riego, promover el uso de riego por goteo y proteger fuentes de agua mediante reforestación y conservación de áreas de recarga hídrica.	Productores con asistencia técnica	Meses 3, 4 y 5	Tanques de almacenamiento, tuberías, herramientas, plantas forestales e insumos	Al menos el 70 % de las fincas implementan una o más prácticas de manejo eficiente del agua
Monitoreo del uso del agua y medidas de adaptación	Realizar seguimiento al consumo de agua, eficiencia de los sistemas de riego y aplicación de prácticas de adaptación frente a eventos climáticos extremos.	Equipo técnico y productores	Meses 4 y 5	Formatos de monitoreo, equipos de medición	Informes periódicos de seguimiento elaborados
Evaluación y mejora continua	Analizar los resultados obtenidos, identificar oportunidades de mejora y establecer recomendaciones para fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas.	Equipo técnico, GAD Municipal y productores	Mes 6	Registros técnicos, informes y herramientas de evaluación	Informe final con resultados y plan de mejora elaborado

4.8.5 Estrategia 5

Innovación tecnológica y monitoreo permanente de la sustentabilidad

Justificación

La evaluación mediante MESMIS constituye una línea base que debe mantenerse mediante procesos continuos de seguimiento. La incorporación de tecnologías de información y monitoreo permitirá tomar decisiones oportunas para mejorar el desempeño económico, ambiental y social de las fincas.

Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo e innovación tecnológica para mejorar continuamente la sustentabilidad de los agro sistemas.

Tabla 18. Plan de ejecución, estrategia 5

Actividad	Descripción	Responsable	Tiempo de ejecución	Recursos	Indicador de cumplimiento
Diagnóstico tecnológico y establecimiento de la línea base	Identificar el nivel de adopción de tecnologías en las fincas y definir los indicadores económicos, sociales y ambientales que serán monitoreados periódicamente mediante la metodología MESMIS.	Equipo técnico, MAG, GAD Municipal y productores	Mes 1	Encuestas, fichas técnicas, computadora y software de análisis	100 % de las fincas diagnosticadas y línea base establecida
Capacitación en herramientas tecnológicas y monitoreo	Desarrollar talleres sobre uso de aplicaciones móviles, registros digitales, hojas de cálculo, sistemas de información geográfica y evaluación de indicadores de sustentabilidad.	MAG, universidades, GAD Municipal y técnicos especializados	Meses 2 y 3	Computadoras, proyector, material didáctico, conexión a internet	Al menos el 80 % de los productores capacitados
Implementación del sistema de monitoreo	Diseñar e implementar un sistema de registro y seguimiento de indicadores económicos, ambientales y sociales que permita evaluar periódicamente el desempeño de las fincas y apoyar la toma de decisiones.	Equipo técnico y productores	Meses 3, 4 y 5	Software, bases de datos, formularios digitales y dispositivos móviles	Sistema de monitoreo implementado en al menos el 70 % de las fincas
Seguimiento y análisis de indicadores	Realizar la recopilación y análisis de información para evaluar la evolución de los indicadores de sustentabilidad e identificar oportunidades de mejora.	Equipo técnico y productores	Meses 4 y 5	Registros de campo, equipos informáticos y software de análisis	Informes de monitoreo elaborados y actualizados
Evaluación y mejora continua	Analizar los resultados obtenidos, proponer acciones correctivas y actualizar el sistema de monitoreo para garantizar su continuidad y eficacia.	Equipo técnico, GAD Municipal, MAG y productores	Mes 6	Informes técnicos, matrices de evaluación y herramientas informáticas	Informe final con plan de mejora y recomendaciones elaborado

4.9 Alternativas de desarrollo propuestas

Como complemento a las estrategias, se plantean las siguientes alternativas de desarrollo:

Tabla 19. Alternativas de desarrollo propuestas

Alternativa	Descripción	Beneficios esperados
Producción agroecológica certificada	Implementar procesos de certificación orgánica o participativa	Mejores precios y acceso a mercados diferenciados
Turismo comunitario agroecológico	Integrar las fincas a rutas de turismo rural	Diversificación de ingresos y fortalecimiento cultural
Centros de acopio y comercialización	Crear espacios para almacenamiento y venta conjunta	Reducción de intermediarios y mayores ingresos
Bancos comunitarios de semillas	Conservación e intercambio de semillas nativas	Mayor resiliencia y conservación de la agrobiodiversidad
Biofábricas comunitarias	Producción local de compost, bioles y bioinsumos	Reducción de costos y menor uso de agroquímicos
Escuelas de campo agroecológicas	Capacitación práctica y continua entre productores	Fortalecimiento de capacidades técnicas

CAPÍTULO V
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1 Conclusiones

El proceso de diagnóstico realizado en las fincas "San Antonio", "Río Lindo" y "Casa Semilla" evidenció un nivel adecuado de sustentabilidad, sustentado en aspectos como la variedad de rubros productivos, la generación de fuentes de trabajo, el compromiso social, el cuidado ambiental y la adopción de técnicas agroecológicas. No obstante, se detectaron debilidades vinculadas a la formación técnica, la escasa participación de la comunidad, las limitaciones de acceso a crédito, la administración financiera, los canales de venta y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales.

Mediante la metodología MESMIS se logró determinar indicadores clave en las dimensiones social, económica, ambiental y productiva, observándose un mejor comportamiento en los aspectos productivo y económico. Los estudios de suelo reflejaron niveles adecuados de materia orgánica, calcio, potasio y magnesio, mientras que se registraron deficiencias en fósforo, zinc, manganeso y boro, junto con problemas de acidez en algunas muestras, condiciones que podrían restringir la absorción de nutrientes y el rendimiento de los cultivos.

A partir de los hallazgos obtenidos y del cruce de información FODA-TOWS, se plantearon líneas de acción enfocadas en mejorar la gestión económica y comercial, consolidar las prácticas agroecológicas, impulsar la organización de los agricultores, optimizar el uso del agua, fortalecer la capacidad de adaptación climática e incorporar innovación tecnológica. Estas propuestas representan opciones concretas para abordar las debilidades detectadas y avanzar hacia sistemas productivos más sostenibles en el cantón Cotacachi.

5.2 Recomendaciones

Impulsar procesos de capacitación y acompañamiento técnico dirigidos a productores y trabajadores en temas de agroecología, cuidado de suelo y agua, manejo integral de cultivos, gestión administrativa y comercialización, incentivando al mismo tiempo la participación comunitaria y el trabajo asociativo como vías para ampliar capacidades y oportunidades dentro de los sistemas agrícolas.

Establecer un programa integral de manejo de la fertilidad del suelo, apoyado en análisis periódicos que permitan definir esquemas de fertilización ajustados a cada cultivo, junto con la aplicación de materia orgánica, abonos naturales, abonos verdes y bioinsumos, además de técnicas de conservación como el uso de coberturas, la asociación de cultivos y la rotación.

Fomentar la puesta en marcha y el seguimiento de las estrategias planteadas, reforzando la administración económica y comercial, la gestión eficiente del agua y la adopción de recursos tecnológicos. Se sugiere realizar evaluaciones periódicas aplicando la metodología MESMIS, con el fin de medir avances, detectar nuevas debilidades y reorientar las acciones según las particularidades de cada sistema productivo

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y aplicaciones.

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). La revolución agroecológica en América Latina: Rescatando la naturaleza, garantizando la soberanía alimentaria y empoderando a los campesinos. Journal of Peasant Studies, 38(3), 587–612. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947

Astier, M., Masera, O., Galván-Miyoshi, Y., López-Ridaura, S., & Eakin, H. (2012). El método MESMIS: Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales. Mundi-Prensa.

Ayala Herrería, J. A. (2024). Prácticas agrícolas sostenibles y la rentabilidad. Caso de estudio APAEC, Cotacachi [Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16131

Bionegocios Ecuador. (2025). Normativa nacional sobre agrobiodiversidad y sostenibilidad.https://bionegociosecuador.org/normativa/

Chiriboga, M., Jácome, D., & Molina, A. (2021). Transformaciones rurales en los Andes ecuatorianos. FLACSO Andes.

Cisneros Fariño, J. E., García Mata, B. E., Zambrano Barcos, L. L., Navarrete Chévez, D. C., & Jiménez Icaza, M. G. (2024). Estrategias agroecológicas para una agricultura sostenible. REINCISOL, 3(6), 6784–6795. [https://doi.org/10.59282/reincisol.v3i6.67846795](https://doi.org/10.59282/reincisol.v3i6.6784-6795)

Código Orgánico del Ambiente. (2017). Registro Oficial Suplemento No. 983.

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial No. 449.

Cotacachi Mayorga, H. (2024). Programa de educación ambiental para la conservación de los recursos hídricos en la microcuenca del río Escudillas [Trabajo de titulación, Universidad TécnicadelNortehttps://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15964](https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15964)

Cuascota, D. L. (2025). Sistemas productivos agroecológicos para la conservación de la biodiversidad en los Andes ecuatorianos [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. [https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/10382/1/T4514-MCCSD-Rocha Sistemas.pdf](https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/10382/1/T4514-MCCSD-Rocha-Sistemas.pdf)

Dialnet. (2020). Agroecología en el Ecuador: Proceso histórico, logros y desafíos. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7567032.pdf

El Telégrafo. (2015). Cotacachi impulsa la agricultura sostenible. https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/2015/1/cotacachi-impulsa-la-agricultura-sostenible

Food and Agriculture Organization. (2012). Chakra andina: Un sistema agrícola ancestral de las comunidades indígenas de Cotacachi. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/283f7c8c-8208-4e28-90c8-d72b870e2557/content

Food and Agriculture Organization. (2022). Managing agrobiodiversity in successful smallholder landscapes in Ecuador. https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1639736/

Geportal IGM. (2023). Memoria técnica del cantón Cotacachi: Sistemas productivos agropecuarios. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi. https://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/cotacachi/MT_Cotacachi_Capacidad_Uso_de_las_Tierras.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Ana de Cotacachi. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cotacachi 2020–2031. Cotacachi, Ecuador.

Gobierno Provincial de Imbabura. (2020). Plan provincial de educación ambiental de Imbabura 2020–2025. [https://www.imbabura.gob.ec/phocadownload/k-planes-programas/planes2020/Plan_Provincial_de_Educacion_Ambiental_de_Imbabura.pdf](https://www.imbabura.gob.ec/phocadownload/kplanesprogramas/planes2020/Plan_Provincial_de_Educacion_Ambiental_de_Imbabura.pdf)

Guzmán Sarmiento, A. M. (2022). Agricultura sostenible y agroecología: Un enfoque para el desarrollo rural en Ecuador [Tesis de maestría, Universidad Técnica Particular de Loja]. https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/20480/1/Guzmán%20Sarmiento,%20Angeline%20Marilú.pdf

Instituto Geográfico Militar. (2023). Atlas geográfico de la República del Ecuador. Instituto Geográfico Militar.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Proyecciones de población por cantón 2020–2025. INEC.

Larios-González, R., Salmerón-Miranda, F., & García-Centeno, L. (2014). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. La Calera, 14(23), 67–75.

Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable. (2017). Registro Oficial Suplemento No. 990.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Potencial frutícola de Imbabura y Carchi se desarrolla a través de una agricultura sostenible. https://www.agricultura.gob.ec/potencial-fruticola-de-imbabura-y-carchi-se-desarrolla-a-traves-de-una-agricultura-sostenible/

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). Información de suelos agropecuarios del Ecuador. MAG.

Ministerio del Ambiente. (2021). Informe consolidado CCLEAI 2019–2020. [https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/04/InformeConsolidadoCCLEAI20192020.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2021/04/Informe-Consolidado-CCLEAI-2019-2020.pdf)

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2015). Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental. MAATE.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2022). Zonificación ecológica y funcional del Ecuador. MAATE.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). Plan de manejo de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas. MAATE.

Rocha, M. (2025). Sistemas productivos agroecológicos para la conservación de la biodiversidad en los Andes ecuatorianos [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/10382/1/T4514-MCCSD-Rocha-Sistemas.pdf

Rivadeneira, M. I. (2020). Educación ambiental formal y no formal [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8737/1/T3829-MIE-Rivadeneira-Educacion.pdf

Sierra, R. (Ed.). (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF–EcoCiencia.

Tapia, M., & Fries, A. (2018). Chakra andina: Un sistema agrícola ancestral de las comunidades *kichwa*s de Cotacachi. FAO, INIAP y UNORCAC. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/283f7c8c-8208-4e28-90c8-d72b870e2557/contentUniversidad Técnica del Norte. (s. f.). Evaluación de tres tipos de fertilizante en café (Coffea arabica), Puranquí–Intag, Imbabura.

Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi. (2015). Informe de conservación y desarrollo comunitario en Cotacachi. UNORCAC.

Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi. (2023). Microproyecto UNORCAC Cotacachi–Imbabura: Agroecología y nutrición. https://maan.ifoam.bio/pages/viewpage.action?pageId=64786818

Valverde, F., Alvarado Ochoa, S., Chancosa Muenala, C., Viana Morales, E., & Parra, R. (2015). Evaluación del efecto de abonos verdes en la calidad del suelo en Imantag, Imbabura. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Vandermolen, K. (2007). Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi [Tesis de maestría]. FLACSO Ecuador. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/4263

Zorrilla, C. (2025, 25 de enero). DECOIN. https://decoin.org/

ANEXOS

Toma de muestras Finca San Antonio










Toma de muestras Finca Río Lindo

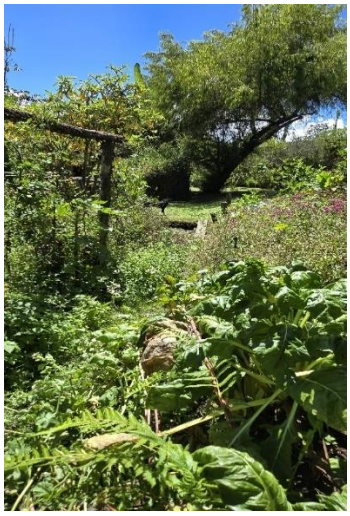






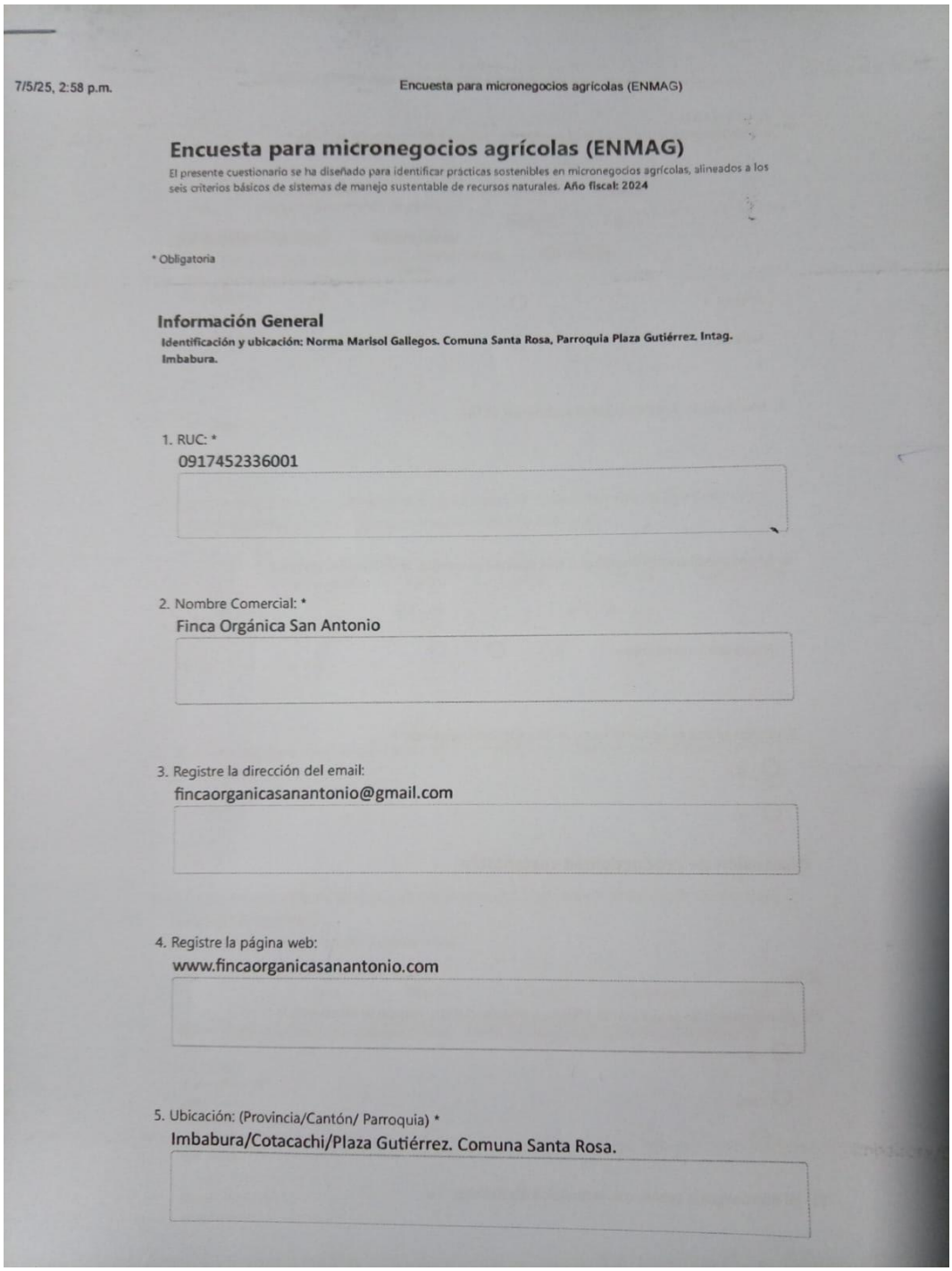


Toma de muestras Finca Casa Semilla



Encuesta realizada en cada Finca



7/5/25, 2:58 p.m. Encuesta para micronegocios agrícolas (ENMAG)

Encuesta para micronegocios agrícolas (ENMAG)

El presente cuestionario se ha diseñado para identificar prácticas sostenibles en micronegocios agrícolas, alineados a los seis criterios básicos de sistemas de manejo sustentable de recursos naturales. **Año fiscal: 2024**

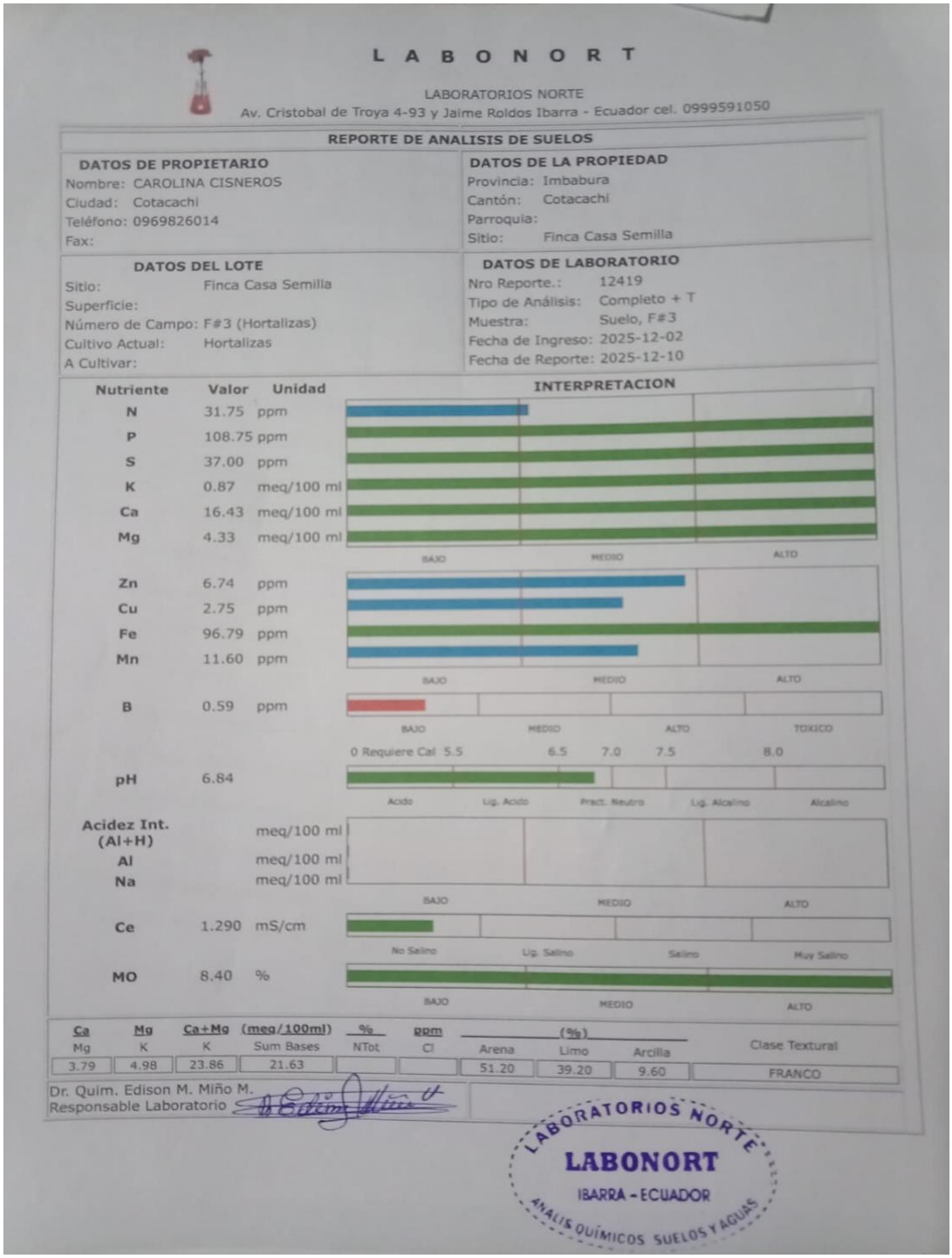
* Obligatoria

Información General

Identificación y ubicación: Norma Marisol Gallegos. Comuna Santa Rosa, Parroquia Plaza Gutiérrez. Intag. Imbabura.

1. RUC: *
   0917452336001
2. Nombre Comercial: *
   Finca Orgánica San Antonio
3. Registre la dirección del email:
   fincaorganicasanantonio@gmail.com
4. Registre la página web:
   www.fincaorganicasanantonio.com
5. Ubicación: (Provincia/Cantón/ Parroquia) *
   Imbabura/Cotacachi/Plaza Gutiérrez. Comuna Santa Rosa.

Resultados de las muestras
Finca San Antonio
Finca Rio Lindo
Finca Casa Semilla



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: CAROLINA CISNEROS
Ciudad: Cotacachi
Teléfono: 0969826014
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia:
Sitio: Finca Casa Semilla

DATOS DEL LOTE
Sitio: Finca Casa Semilla
Superficie:
Número de Campo: F#3 (Hortalizas)
Cultivo Actual: Hortalizas
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 12419
Tipo de Análisis: Completo + T
Muestra: Suelo, F#3
Fecha de Ingreso: 2025-12-02
Fecha de Reporte: 2025-12-10

Nutriente	Valor	Unidad
N	31.75	ppm
P	108.75	ppm
S	37.00	ppm
K	0.87	meq/100 ml
Ca	16.43	meq/100 ml
Mg	4.33	meq/100 ml
Zn	6.74	ppm
Cu	2.75	ppm
Fe	96.79	ppm
Mn	11.60	ppm
B	0.59	ppm
pH	6.84	
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml
Al		meq/100 ml
Na		meq/100 ml
Ce	1.290	mS/cm
MO	8.40	%

INTERPRETACION

BAJO MEDIO ALTO

BAJO MEDIO ALTO

BAJO MEDIO ALTO TOXICO

0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0
Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino

BAJO MEDIO ALTO

No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino

BAJO MEDIO ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
3.79	4.98	23.86	21.63			51.20	39.20	9.60	FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: CAROLINA CISNEROS
Ciudad: Cotacachi
Teléfono: 0969826014
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia:
Sitio: Finca Casa Semilla

DATOS DEL LOTE
Sitio: Finca Casa Semilla
Superficie:
Número de Campo: F#3 (Frutales)
Cultivo Actual: Frutales
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 12420
Tipo de Análisis: Completo + T
Muestra: Suelo, F#3
Fecha de Ingreso: 2025-12-02
Fecha de Reporte: 2025-12-10

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	36.25	ppm	
P	60.55	ppm	
S	20.50	ppm	
K	0.67	meq/100 ml	
Ca	15.75	meq/100 ml	
Mg	3.80	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn	6.93	ppm	
Cu	3.77	ppm	
Fe	161.26	ppm	
Mn	11.02	ppm	BAJO MEDIO ALTO
B	0.44	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	6.30		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acido, Pract. Neutro, Lig. Alcalino, Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Ce	1.00	mS/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	8.24	%	BAJO MEDIO ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	(%) Limo	(%) Arcilla	Clase Textural
4.14	5.67	29.18	20.22			57.20	33.20	9.60	Franco arenoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: CAROLINA CISNEROS
Ciudad: Cotacachi
Teléfono: 0969826014
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia: Cuellaje
Sitio: Finca Río Lindo

DATOS DEL LOTE
Sitio: Finca Río Lindo
Superficie:
Número de Campo: F#2 (Café)
Cultivo Actual: Café
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 12418
Tipo de Análisis: Completo + T
Muestra: Suelo, F#2
Fecha de Ingreso: 2025-12-02
Fecha de Reporte: 2025-10-10

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	23.75	ppm	
P	23.84	ppm	
S	11.25	ppm	
K	0.44	meq/100 ml	
Ca	15.36	meq/100 ml	
Mg	1.81	meq/100 ml	BAJO · MEDIO · ALTO
Zn	3.56	ppm	
Cu	11.02	ppm	
Fe	248.27	ppm	
Mn	9.32	ppm	BAJO · MEDIO · ALTO
B	0.23	ppm	BAJO · MEDIO · ALTO · TOXICO
pH	5.94		0 Requiere Cal · 5.5 · 6.5 · 7.0 · 7.5 · 8.0 — Acido · Lig. Acido · Pract. Neutro · Lig. Alcalino · Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO · MEDIO · ALTO
Ce	0.570	mS/cm	No Salino · Lig. Salino · Salino · Muy Salino
MO	5.62	%	BAJO · MEDIO · ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
8.49	4.11	39.02	17.61			64.20	25.20	10.60	Franco arenoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: CAROLINA CISNEROS
Ciudad: Cotacachi
Teléfono: 0969826014
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia: Intag
Sitio: Finca San Antonio

DATOS DEL LOTE
Sitio: Finca San Antonio
Superficie:
Número de Campo: F#1 (Cítricos)
Cultivo Actual: Cítricos
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 12416
Tipo de Análisis: Completo + T
Muestra: Suelo, F #1
Fecha de Ingreso: 2025-12-02
Fecha de Reporte: 2025-12-10

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	32.50	ppm	
P	6.97	ppm	
S	6.75	ppm	
K	0.90	meq/100 ml	
Ca	5.50	meq/100 ml	
Mg	1.05	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn	2.27	ppm	
Cu	7.64	ppm	
Fe	210.14	ppm	
Mn	2.54	ppm	BAJO MEDIO ALTO
B	0.40	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	5.45		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acido, Pract. Neutro, Lig. Alcalino, Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Ce	0.350	mS/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	6.66	%	BAJO MEDIO ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
5.24	1.17	7.28	7.45			64.40	26.00	9.60	Franco arenoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: CAROLINA CISNEROS
Ciudad: Cotacachi
Teléfono: 0969826014
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia: Intag
Sitio: Finca San Antonio

DATOS DEL LOTE
Sitio: Finca San Antonio
Superficie:
Número de Campo: F#1 (Café)
Cultivo Actual: Café
A Cultivar:

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 12417
Tipo de Análisis: Completo + T
Muestra: Suelo, F #1
Fecha de Ingreso: 2025-12-02
Fecha de Reporte: 2025-12-10

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	31.50	ppm	
P	8.83	ppm	
S	13.0	ppm	
K	0.67	meq/100 ml	
Ca	9.22	meq/100 ml	
Mg	1.93	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn	2.20	ppm	
Cu	7.65	ppm	
Fe	451.86	ppm	
Mn	4.93	ppm	BAJO MEDIO ALTO
B	0.49	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	5.38		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acido, Pract. Neutro, Lig. Alcalino, Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Ce	0.400	mS/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	5.52	%	BAJO MEDIO ALTO

Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
4.78	2.88	16.64	11.82			63.20	28.20	8.60	Franco arenoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS