



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA FINCA
“TRES HERMANOS”, DEL CANTÓN NARANJITO – GUAYAS**

AUTOR

SAAVEDRA PAUCAR VICENTE JOEL

TUTOR

ING. MOREJÓN TROYA FERNANDO M.Sc.

MILAGRO, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA FINCA “TRES HERMANOS”, DEL CANTÓN NARANJITO – GUAYAS, realizado por el estudiante SAAVEDRA PAUCAR VICENTE JOEL; con cédula de identidad N°0942349523 de la carrera AMBIENTAL, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,



ING. MOREJÓN TROYA FERNANDO M.Sc.
Tutor

Milagro, 7 de agosto del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA FINCA “TRES HERMANOS”, DEL CANTÓN NARANJITO – GUAYAS”**, realizado por el estudiante **SAAVEDRA PAUCAR VICENTE JOEL**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. FAJARDO ESPINOZA PAOLA M.Sc.
PRESIDENTE

ING. GAVILANES MUÑOZ HUMBERTO M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. GAVILÁÑEZ LUNA FREDDY, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 7 de agosto del 2026

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres y a mí por todo el esfuerzo durante estos años.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, a mis padres, quienes me apoyaron, también a mis compañeros, amigos e ingenieros que me ayudaron a avanzar durante todos los años de estudios.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **SAAVEDRA PAUCAR VICENTE JOEL**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“EVALUACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA FINCA “TRES HERMANOS”, DEL CANTÓN NARANJITO – GUAYAS”** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 7 de agosto del 2026

A handwritten signature in black ink, reading "Vicente Saavedra", is placed over a light blue rectangular background.

SAAVEDRA PAUCAR VICENTE JOEL

C.I. 0942349523

Resumen

La investigación se centró en la evaluación de la huella ecológica en la Finca “Tres Hermanos” con el objetivo de mejorar las prácticas agrícolas, dentro del desarrollo se describieron las actividades realizadas en la finca, se cuantificó las categorías de consumo como energía, agua, residuos sólidos, alimentos y combustibles. Estas categorías se evaluaron para calcular las sub huella, así conocer el consumo de los recursos por parte de la finca, además se calculó la huella ecológica de la finca, utilizando la metodología de línea base, tomando los datos de manera directa, como resultado se obtuvo las sub huellas de las siguientes categorías: energía 1.06 ha/año, agua 2,03 ha/año, residuos sólidos 2.1 ha/año, alimentos 1,35 ha/año, combustible 0,65 y la producción de 16,20 ha/año, Como resultado de huella ecológica tuvo un total de 23,26 hag, quiere decir 1,96 hag por persona, la huella en el límite del promedio global que es de 2,1 hag, su valor presenta la alta productividad de la finca de acuerdo a las extensiones de área sin afectación al ambiente, sin embargo, es importante tomar medidas para el uso correcto de los recursos, además de que se recomienda que se hagan estos estudios en otras fincas u otros tipos de cultivos, para tener información detallada del uso de los recursos.

Palabras calves: Ambiente, Carbono, Ecología, Energía.

Abstract

The research focused on the evaluation of the ecological footprint at the "Tres Hermanos" farm with the aim of improving agricultural practices. The development described the activities carried out on the farm, and quantified the consumption categories such as energy, water, solid waste, food, and fuels. These categories were evaluated to calculate the sub-footprints, thus understanding the farm's resource consumption. Additionally, the farm's ecological footprint was calculated using the baseline methodology, collecting data directly. The resulting sub-footprints for the following categories were obtained: energy 1.06 ha/year, water 2.03 ha/year, solid waste 1.95 ha/year, food 1.35 ha/year, fuel 0.65 ha/year, and production 16.20 ha/year. The total ecological footprint was 23.26 hag, which translates to 2.1 hag per person. This footprint is below the global average of 2.1 hag, reflecting the farm's high productivity relative to the area without environmental impact. However, it is important to implement measures for the proper use of resources. Furthermore, it is recommended that similar studies be conducted on other farms or with other types of crops to obtain detailed information on resource use.

Keywords: Environment, Carbon, Ecology, Energy.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes del problema	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.3 Justificación de la investigación	14
1.4 Delimitación de la investigación	15
1.5 Objetivo General	15
1.6 Objetivos Específicos	15
1.7 Hipótesis	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Estado del Arte.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.3 Marco Legal	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Enfoque de la investigación	29
3.2 Metodología	29
4. RESULTADOS	35
4.1 Actividades agrícolas que se realizan en la finca “Tres Hermanos”	35
4.2 Cuantificación las categorías como generación y consumo de energía, agua, residuos sólidos, alimentos y combustible en la finca “Tres Hermanos”	36
4.3 Calculo la Huella Ecológica de la finca utilizando la metodología de línea base.	41
5. DISCUSIÓN	42
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
6.1 Conclusiones	44
6.2 Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA	46

APÉNDICE	50
-----------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables dependientes.	30
Tabla 2. Variables independientes.	30
Tabla 3. Consumo de energía y huella ecológica anual.	37
Tabla 4. Residuos sólidos	38
Tabla 5. Alimentos	39
Tabla 6. Valores de las huellas de las diversas categorías.	41

ÌNDICE DE APÉNDICE

Apéndice N° 1.	Labor de cosecha en la finca.....	50
Apéndice N° 2.	Implementos de riego en la finca	50
Apéndice N° 3.	Preparación de compuesto para control de plagas	51
Apéndice N°4.	Lavor de mantenimiento de la finca, construcion de zanjaz	51
Apéndice N°5.	Fumigación de la finca	52
Apéndice N°6.	Pesaje de residuos.....	52
Apéndice N°7.	Área de estudio	53

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La evaluación de la huella ecológica es un tema cada vez más importante para abordar los problemas ambientales y fomentar prácticas sostenibles. Es crucial la evaluación del impacto ecológico de diversas actividades y sectores incluidos en las prácticas agrícolas.

El uso de la huella es importante para cuantificar el impacto ambiental de las acciones humanas, en especial en lo que respecta al uso de los recursos naturales y la habilidad del planeta para poder recuperarlos (Wackernagel y Rees, 1996). Este indicador ha adquirido gran relevancia en el ámbito agrícola para evaluar y optimizar las técnicas de cultivo con el objetivo de minimizar los impactos negativos al medio ambiente (Galli et al., 2020). Las actividades que más recursos consume y enfrenta grandes retos en términos de sostenibilidad es la agricultura (Pimentel et al., 2020).

La agricultura desempeña un rol de vital importancia económico y preservación ambiental. No obstante, las técnicas convencionales conllevan generalmente un elevado desembolso de recursos hídricos, energéticos y otros naturales, además de generar considerables cantidades de desperdicio. Al examinar minuciosamente la huella ecológica asociada a la actividad agrícola, surgen oportunidades para potenciar la eficiencia y mitigar los impactos ambientales, propiciando así un modelo agrario más sustentable (FAO, 2026).

El enfoque en la investigación centra en la evaluación de la huella ecológica de la Finca “Tres Hermanos” ubicada en el cantón Naranjito, Guayas, Ecuador. La finca es conocida por su producción de cacao CCN-51, lo que tiene importantes efectos económicos, con el objetivo evaluar la huella ecológica en la Finca “Tres Hermanos”, este estudio pretende evaluar el impacto ambiental e identificar las áreas de mejora en términos de sostenibilidad. Esta investigación pretende mejorar la comprensión de efectos a largo plazo de prácticas agrícolas y su afectación al medio ambiente, particularmente en lo que respecta al cultivo de cacao.

Con el fin de determinar la eficiencia ambiental de la finca, este estudio analizo el consumo de energía, la generación de residuos sólidos, agua, alimentos y combustible.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La finca “Tres Hermanos” ubicada en Naranjito, Guayas, Ecuador, es un ejemplo de retos como oportunidades que se presentan en la agricultura sostenible en Ecuador. Esta finca se enfrenta a problemas habituales, consumo excesivo de energía, agua y otros recursos, así como la mala gestión de residuos sólidos. A pesar de la relevancia de estos temas, no se ha realizado un análisis para la huella ecológica de la finca que permita identificar y cuantificar los impactos ambientales específicos de sus prácticas.

Como es de conocimiento el desarrollo de la huella ecológica es una de las principales formas de tener el conocimiento de la cantidad de recursos que se está utilizando en una actividad, dentro de la finca no se ha realizado dicha estimación, por lo cual los recursos dentro de la producción de cacao pueden estar siendo explotados sin medida, poniendo en riesgo tanto la viabilidad ecológica de los procesos como los rendimientos económicos futuros debido a tales ineficiencias.

El tener el conocimiento de los recursos utilizados y la medida en la que estos son manejados dentro de la finca no solo permite minimizar su impacto ambiental, sino mejorar su eficiencia operativa y contribuir al bienestar ecológico de la región. Además, proporcionará un modelo que otras fincas en la región puedan replicar si buscan adoptar prácticas agrícolas más sostenibles.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es la cantidad de recursos utilizados en la finca “Tres Hermanos” por medio del cálculo de huella ecológica?

1.3 Justificación de la investigación

Este trabajo se fundamenta en el requerimiento de transformar los sistemas de prácticas agrícolas tradicionales, en el caso del sector cacaotero, representa un pilar económico crucial, por lo que enfrenta el desafío de mitigar su impacto sobre los ecosistemas locales frente a la crisis climática global, la estimación de dicho indicador se representa como una herramienta estratégica indispensable, ya que permite identificar puntos críticos, además de mejorar las prácticas agrícolas de la

finca “Tres Hermanos” a través de la evaluación de su huella ecológica, lo que a su vez puede conducir a una mejor gestión y sostenibilidad de la finca.

Los resultados de esta investigación sirven para los agricultores, quienes tienen la responsabilidad de tomar de decisiones en cuanto a las labores de las fincas agrícolas y los investigadores o estudiantes en el campo de la evaluación de la huella ecológica, contribuyendo al conocimiento de estrategias de optimización para el rendimiento y cuidado del cultivo y el medio ambiente.

1.4 Delimitación de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo en la finca “Tres Hermanos”, del cantón Naranjito, Guayas, Ecuador; se ubica en las coordenadas 2°09'14"S 79°25'00"W. donde se realizó el desarrollo del trabajo. Esta investigación se llevó a cabo durante el año académico 2024 – 2025, tiempo que tomó el desarrollo del trabajo de investigación. La población de estudio incluirá la finca “Tres Hermanos” y sus operaciones agrícolas.

1.5 Objetivo General

Evaluar la huella ecológica en la finca “Tres Hermanos” y mejorar las prácticas agrícolas y así contribuir con el medio ambiente.

1.6 Objetivos Específicos

- Describir las actividades agrícolas que se realizan en la finca “Tres Hermanos”.
- Cuantificar las categorías como generación y consumo de energía, agua, residuos sólidos, alimentos y combustible en la finca “Tres Hermanos”.
- Calcular la huella ecológica de la finca utilizando la metodología de línea base.

1.7 Hipótesis

El análisis del indicador de la huella ecológica aplicado en la finca “Tres Hermanos”, mediante la cuantificación del consumo de recursos, permitirá identificar los puntos críticos de impacto ambiental, demostrando que la aplicación de optimización operativa para las prácticas agrícolas reducirá significativamente la demanda de recursos naturales en la producción del cultivo de cacao.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Paredes y Andrade (2025) en su trabajo donde analizó el proceso técnico del cacao en producción en seco aplicando las buenas prácticas agrícolas (BPA) en el municipio de Granada, Meta”, menciona que el cultivo de cacao tiene una importancia fundamental para el desarrollo de los países. Los autores del estudio dicen que la asociación ASOPCARI tiene problemas en las fases como siembra, cosecha y procesamiento del cacao seco. Estos problemas se deben a que no hay suficiente ayuda técnica, no se gestionan bien los costos de producción, hay restricciones para acceder a los mercados y los productores no tienen la capacitación necesaria. Para el estudio, se utilizó un enfoque cuantitativo para analizar el proceso del cacao seco siguiendo las buenas prácticas agrícolas, que implementa ASOPCARI del municipio de Granada. Se aplicaron encuestas a 20 productores para evaluar cómo manejan las plagas, la poda, la fermentación y el secado del cacao. Los resultados mostraron que los agricultores en su mayoría tienen pequeñas extensiones de terreno, lo que limita su acceso a recursos productivos. Aunque tienen experiencia en el cultivo, todavía no aplican bien las prácticas agrícolas recomendadas.

Becerra (2022) realizó una investigación para mejorar el cultivo de cacao para impulsar las actividades agrícolas, en los productores de la Guaira”. El objetivo en esta investigación fue fortalecer la producción de cacao para ayudar a pequeños productores de la zona. Para lograr esto, se aplicaron varias prácticas agronómicas para manejar el cultivo de manera eficiente. Estas prácticas como fertilización, monitoreo constante, podas de mantenimiento y fitosanitarias, labores culturales, recolección semanal de frutos deteriorados y actividades de cosecha, poscosecha y comercialización del cacao. Con el fin de entender mejor cómo se producía el cacao en la zona, se hizo el análisis financiero comparativo de dos modelos de producción. Esto permitió determinar cuál de los dos modelos era más rentable. Además, se capacitó a los productores sobre cómo comercializar su producto, con énfasis en la importancia de las prácticas de cosecha, poscosecha y en la aplicación de protocolos de limpieza y conservación para garantizar la inocuidad del cacao. También se trabajó en un componente social para mostrar a los agricultores la efectividad de ambos modelos productivos. Los resultados

mostraron que el sistema de producción tecnificado aumentó los ingresos de los productores en un 2 % aproximadamente durante el manejo del cultivo de cacao en la comunidad de La Guaira, en el municipio de Convención, Norte de Santander.

Machachi (2022) tuvo como objetivo estructurar un referente metodológico que emplea el indicador de la huella ecológica con el fin de medir la sustentabilidad dentro del Gobierno Autónomo Descentralizado. Se elaboró un plan de manejo ambiental. Para lograrlo, se recopilaron datos en la institución mediante visitas. Se recolectó información sobre el uso de materiales como plástico, papel, cartón y caucho, electricidad, combustible, uso de tierra, agua y servicios. Luego, los datos se procesaron en una herramienta ofimática utilizando un método contable. Facilitando la obtención de la huella ecológica en categoría y total. La suma para la institución fue de 447,6 hectáreas globales (hag). A partir de este resultado, se comparó la huella ecológica de GADPCH con la del país y el nivel internacional. Se encontró que la huella ecológica de GADPCH es menor, con un valor de 0,81 hectáreas globales por empleado al año. Finalmente, se formuló un plan de manejo ambiental con estrategias para reducir, restaurar y compensar los impactos ambientales adversos causados por el consumo de productos en la institución.

Machachi (2022) tuvo como objetivo estructurar un referente metodológico que emplea el indicador de la huella ecológica con el fin de medir la sustentabilidad dentro del Gobierno Autónomo Descentralizado. Se elaboró un plan de manejo ambiental. Para lograrlo, se recopilaron datos dentro de la institución. Se recolectó información sobre el uso de materiales como plástico, papel, cartón y caucho, electricidad, combustible, agua, uso de suelo y servicios. Luego, los datos se procesaron en una herramienta ofimática utilizando un método contable. Facilitando la obtención de la huella en categoría y la total. La suma para la institución fue de 447,6 hectáreas globales (hag). En base al resultado, se comparó la huella ecológica de GADPCH con la del país y el nivel internacional. Se encontró que el GADPCH tiene un valor menor, de 0,81 ha/g por cada empleado. Finalmente, se formuló una propuesta de administración interna con lineamientos orientados a mitigar, restaurar y contrarrestar los efectos adversos causados por el consumo de productos en la institución.

Curasma (2023) evaluó la huella en habitantes del distrito de ascensión, Hualcavilca. La investigación de tipo aplicada, utilizando un diseño no experimental

y transversal, con una muestra de 373 individuos, 175 hombres y 198 mujeres. Para analizar y establecer la huella, se exploraron diversas áreas del distrito, considerando los factores para medir la huella, cada uno representado en dimensiones como: energía, alimentación y transporte. El hallazgo fue de 302,7262 hag/año, la dimensión de la alimentación mostró la predominancia más alta, abarcando el 19,03 hag/año y la energía tuvo una repercusión equivalente al 91,173 hag/año.

Pinedo (2023) llevó a cabo una investigación donde calculó la huella en una universidad de Huacho, Perú. En cuanto a la metodología, tomó una muestra de 20 estudiantes de la carrera de educación inicial; para recolectar datos aplicó encuestas y cuestionarios, que fue validado por expertos al cien por ciento, y su fiabilidad se evaluó mediante el Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,616. Los resultados indican que los estudiantes tienen un nivel elevado en relación a su huella ecológica; en el proceso de estimación, se observó que el puntaje más alto alcanzado por un estudiante fue de 435 puntos, lo cual se traduce entre 6,0 y 7,8 hectáreas, mientras que el puntaje más bajo alcanzó 195 puntos, coincidiendo con una huella ecológica de 4,0 a 6,0 hectáreas. En conclusión, el estudio revela que la demanda de recursos de este sector de alumnos se mantiene considerablemente elevada, comportamiento asociado a dinámicas de consumo cotidianas que incrementan su repercusión ambiental, evidenciando la urgencia de promover prácticas de vida sustentable.

Ezquerria (2023) llevó a cabo un estudio que se centró en analizar los efectos ambientales en un campus de la universidad de Tacna, utilizando la Huella Ecológica como herramienta de evaluación. Para esto, se implementó la técnica establecida por la doctora López y Blanco, con adaptación a la universidad, donde incluía mediciones directas basadas en la información de consumo facilitada por la institución, así como estimaciones indirectas logradas mediante encuestas y análisis de residuos en las categorías que no contaban con datos específicos. El inventario de gases de efecto invernadero arrojó los siguientes datos: 249,55 toneladas generadas por las construcciones, 113,08 ton en electricidad, 0,42 ton en agua, 70,57 toneladas de desechos sólidos, 90,72 ton derivadas de la movilidad y 5,21 toneladas correspondientes al papel. En total, la suma total fue 483,29 ton de CO₂. Para mitigar estas emisiones, serían necesarias 58,82 hectáreas, lo que

equivale a 0,03 hectáreas por persona al año, cifra que resulta que es inferior a otras universidades de Perú.

Dante y Casani (2022) realizaron un estudio donde calcularon la huella ecológica en el cultivo de café, donde los agricultores de la comunidad agrícola de los Chirinos mencionan que uno de los principales productores de café es Cajamarca, con una superficie cultivada de 64,908 ha, su huella fue de 960,50 ha, y la capacidad biológica se calcula en 0,0678 ha por persona, respectivamente, mientras que el déficit ecológico se ubica en 0,0184 ha por persona. La evaluación del déficit es positiva, lo que sugiere que el uso del suelo va hacia una mayor sostenibilidad ambiental.

Gonzales et al., (2021) hablan sobre la huella ecológica corporativa de la empresa Molinera Frank País García, que está en el municipio de Santiago de Cuba. La huella ecológica es un indicador que ayuda a evaluar la sostenibilidad de la empresa. Para calcular esto, se utilizó la metodología de Doménech, que se encuentra en la “Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa”. Esta guía se adaptó para que se ajustara a la investigación. El resultado de la Huella Ecológica fue de 0,02 hectáreas por tonelada. Esto se puede desglosar en diferentes partes: la energía, que fue de 0,011032 hectáreas por tonelada, los insumos, que fueron 0,00226284 hectáreas por tonelada, la superficie construida, que fue muy pequeña, de $1,013\ 99 \times 10^{-6}$ ha/t, los gastos indirectos, que fueron 0,000400536 ha/t, y los residuos, emisiones y vertidos, que fueron 0,0149527 ha/t. Este último representa el 79% del total. La segunda parte más grande fue la de los insumos, que representa el 12%.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Cultivo de cacao en Ecuador

Según Ahmed et al., (2020) el cultivo de cacao tiene un valor económico significativo para Ecuador, ya que es reconocido a nivel mundial por sus excepcionales características organolépticas. En Ecuador la producción de cacao va en aumento; posesionado como uno de los países en la principal producción de cacao, representando el 68 % de la oferta global, y se realiza mediante monocultivos o cultivos mixtos. La distribución de la cosecha de cacao en Ecuador es la siguiente: (70%) pequeños agricultores, (20 %) medianos agricultores y (10

%) grandes agricultores (Asociación nacional de exportadores de cacao de Ecuador, 2019).

2.2.2 Huella Ecológica

Guarín y Vitonco (2022) señalan que la huella ecológica funciona como un método para mostrar de forma numérica el consumo de recursos naturales. Esto es crucial para progresar en la gestión del medio ambiente, ya que proporciona medios que facilitan y permiten esta labor, puesto que examina la cantidad de terreno que es biológicamente útil. Esto es vital para producir los bienes y servicios que usamos.

2.2.2.1 Componentes de la huella ecológica

Ministerio del ambiente (2017) la huella ecológica es generada por seis áreas productivas y los bosques retienen carbono, también denominado huella de carbono, debido a que la cobertura boscosa favorece la adsorción de los gases contaminantes generados por la actividad humana. Las emisiones que provienen de la utilización de combustibles fósiles constituyen, de manera constante, más del 95 % del total de la huella de carbono.

Tierra agrícola: representa un 33 % de la superficie total generalmente destinado a la producción alimenticia (frutas, vegetales, hortalizas, entre otros), fibras para el consumo humano. La huella de la región ha crecido, al igual que las huellas de las importaciones y exportaciones agrícolas, debido a la fuerte demanda de productos como el maíz, la soja, el arroz y el algodón. El 86 % de esta huella corresponde a banano, cacao y palmeras (Gómez, 2025).

Dehesa: Esta área se emplea para la crianza de ganado, lo que nos proporciona los cárnicos. En pastizales la huella sobrepasa la capacidad biológica local porque el estado se encarga de administrar la producción local para cubrir las necesidades de los clientes (Cuevas et al., 2024).

Bosque: entorno densamente poblado por especies arbóreas, donde la minería y la extracción de recursos como madera y pulpa se llevan a cabo en esta zona. La repercusión de los intercambios comerciales y de la actividad silvícola se ha elevado en el último periodo (García y Aguilera, 2023).

Áreas de pesca: el valor de la actividad pesquera a escala internacional, en términos financieros y de bienestar comunitario, radica en su capacidad para

generar puestos de trabajo y proveer sustento alimenticio. La pesca tiene una huella ecológica elevada por la captura de camarón, langostino y atún (Díaz et al., 2023).

Tierra Urbanizada: Áreas utilizadas para infraestructura (viviendas, parques, etc.), transporte e industria y desarrollo, carecen de impacto significativo con mucha actividad económica como las áreas de pesca en ámbito productivo (Mantilla, 2024).

Huella de carbono: alude al volumen global de gases de efecto invernadero (GEI) liberados hacia el entorno a raíz de las prácticas humanas en un área determinada, expresándose en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) (Cabezas, 2024).

2.2.2.2 Hectárea Global

Para calcular esta demanda, se suman todas las necesidades de recursos biológicos en una unidad común conocida como hectárea global (gHa), que es una hectárea hipotética que representa la superficie total del mundo empleada para cubrir las demandas de productos biológicos de una nación. La hectárea global se determina a partir de la superficie que se usa para cultivos, pastos, madera, pulpa y fibra, recursos pesqueros; así como la extensión boscosa requerida para mitigar el excedente de dióxido de carbono presente en el entorno; por último, este indicador integra directamente el espacio ocupado por asentamientos humanos (ciudades), industrias, vertederos y vías y cuerpos de agua artificiales (Pellegrino, 2023).

2.2.2.3 Energía en Ecuador

Según Barragán (2020), Ecuador tiene muchos recursos energéticos renovables. Históricamente, su abastecimiento energético ha venido de la energía hidroeléctrica y la energía térmica, generada a partir de combustibles fósiles. El suministro eléctrico representa el recurso indispensable para la automatización de las operaciones fabriles. El autor también dice que la industria ha generado mucha contaminación, lo que ha llevado a implementar medidas de eficiencia y ahorro energético. Estas son medidas clave para que las empresas sean más competitivas.

Los sectores industriales en Ecuador son diferentes en términos de eficiencia energética. Los sectores industriales en Ecuador son diferentes en términos de aprovechamiento energético. Por eso, la elección de la matriz de energía renovable debe adaptarse a las necesidades específicas de cada subsector. Según reportes del Ministerio de energía y minas (2020), el mes de mayo del año 2019 se destacó por ser el que más energía consumió, con un total de 2 203 GWh empleados, según datos recolectados por CENACE, la compañía operadora eléctrica nacional. El 90% del flujo generado en el territorio ecuatoriano proviene de fuentes limpias, lo cual disminuye en un 30% el uso de combustibles fósiles. Las exportaciones de electricidad a otras naciones, incluyendo Perú y Colombia, se incrementaron cuando la producción de energía renovable creció un 19 %. Se vendieron 1.765 GWh y 60 GWh en cada país respectivamente, lo que produjo ingresos económicos para el erario nacional por un total de 66,8 millones de dólares estadounidenses.

2.2.2.4 Alimento y su impacto en la huella de carbono

La actividad humana que tiene un impacto más grande sobre el medio ambiente es la industria alimentaria, que incluye las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Aguilera et al., 2020). El indicador de carbono en este ámbito abarca las liberaciones gaseosas contaminantes asociadas a todo el ciclo de suministros, incluyendo el procesamiento agrícola y de la agricultura misma, además de las correspondientes a las materias primas empleadas en la producción (Piñero et al., 2019).

La ingesta alimenticia constituye un elemento crucial para la salvación subsistencia de la población, se relaciona directamente con la evolución social, el bienestar y el desempeño diario de los individuos. Además, coadyuva a evitar padecimientos y a optimizar las condiciones físicas. La desnutrición en el entorno laboral tiene un impacto negativo en los trabajadores, ya que causa fatiga física y mental, desgano en el trabajo, la salud y el desarrollo físico, ya que es el medio a través del cual el cuerpo obtiene las sustancias y nutrientes necesarios para tener una vida saludable (Camelo et al., 2020).

2.2.3 Huella hídrica azul

Este el indicador hídrico contempla el destino y uso de regadío en el proceso de cultivo (evaporación, humedad del producto cosechado y agua de escorrentía) y se distribuye uniformemente entre el rendimiento por hectárea para estandarizar y comparar datos sobre toneladas producidas. Por ejemplo, al cosechar arroz, este estudio encontró valores de rendimiento que oscilan entre 8,49 y 13,02 t/ha. El contenido de humedad en el momento de la cosecha varía entre el 15,6% y el 24,3% según la provincia. El agua no se regenera en si hace alusión al volumen hídrico que se pierde debido a una infiltración profunda, puesto que este recurso se encuentra apartado de su trayectoria original (fuentes superficiales o de poca profundidad) y es conducido hacia tratos inferiores, lo que impide su aprovechamiento por parte de otros agentes del entorno (Romero y Sierra, 2020).

2.2.3.1 Agua

El recurso hídrico constituye en elemento fundamental para el desarrollo de cualquier actividad y es un derecho que todos tienen, los patrones de consumo del agua implican un solo elevado; es importante entender los problemas de contaminación y escasez. Es evidente que se emplea agua en las tareas cotidianas, pero a veces se olvida que el agua también participa en el proceso de producción. Esto quiere decir que una gran cantidad del agua, pero a veces se olvida que el agua también participa en las cadenas de manufactura. Está claro que el empleo de un modelo circular y la utilización de las innovaciones tecnológicas en reciclaje, reutilización y reducción del agua contribuirán a solucionar los problemas relacionados con este recurso (Díaz, 2020).

2.2.4 Incremento de la Huella Ecológica en Ecuador.

2.2.4.1 Causas

El ministerio del ambiente (2018) señala que los factores determinantes detrás del crecimiento del indicador ambiental (HE) comprenden:

- Directrices estatales desprovistas de un enfoque en la sustentabilidad.
- Costumbres y patrones de consumo de la población.

- La magnitud del impacto ambiental de diversos artículos de uso común se encuentra ligado a la eficiencia de los productos manufactureros mediante las cuales se proveen dichos servicios y bienes.
- Incremento de la población.

2.2.4.2 Consecuencias

A nivel global, y con especial énfasis en el territorio ecuatoriano, la expansión de la huella ecológica acarrea efectos como:

- Reducción permanente de los bienes pesqueros como consecuencia de la sobrepesca.
- Deforestación desmedida de ecosistemas boscosos.
- Deterioro de las propiedades del suelo a causa del empleo desproporcionado de agroquímicos, fertilizantes y las modificaciones en su aprovechamiento físico.
- Disminución de la variedad biológica debido a la alteración y destrucción de sus entornos naturales.
- Incremento de la temperatura global por la concentración de gases.
- Disputa más intensa por bienes escasos, lo que reduce las tensiones de carácter social, financiero y político a escala internacional.

2.2.5 Categorías de consumo

Rodríguez (2022) menciona que dentro de las categorías más comunes cuando se evalúa la huella ecológica están:

Alimentación

Demanda de superficie para el cultivo o pastoreo destinado a la obtención de productos alimenticios vegetales y animales, lo cual incluye los costos energéticos relacionados con dicha producción.

Vivienda

Superficies requeridas por la industria de viviendas, en términos de energía y superficies artificiales.

Movilidad y transporte

Considera las extensiones territoriales vinculadas al gasto de energía y las áreas utilizadas para el despliegue de redes de comunicación y traslado.

Servicios

Espacios integrados al requerimiento energético del sector terciario, así como el terreno edificado o pavimentado donde se desarrollan dichas prestaciones.

Bienes de consumo

Áreas requeridas con el fin de manufacturar artículos de uso final, abarcando tanto suministro de energía y recursos base para su elaboración, como suelo urbanizado destinado al establecimiento de plantas fabriles.

2.3 Marco Legal

CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Registro Oficial 449 de 20-oct-2008

Capítulo VII

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 14).

Capítulo II

BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

Sección I

NATURALEZA Y AMBIENTE

Art.395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 64).

Sección IV

RECURSOS NATURALES

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota.

El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 65).

Sección V

SUELO

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente,

especies nativas y adaptadas a la zona (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 66).

Sección VI AGUA

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 66).

VII BIÓSFERA, ECOLOGÍA URBANA Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 66).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1 Investigación documental

La base de este trabajo es una revisión exhaustiva de literatura especializada, que abarca desde libros de agronomía y manuales técnicos hasta artículos científicos recientes sobre la medición de impactos ambientales. No se trata solamente de recoger datos, sino también de elegir el método que mejor se ajuste a las condiciones reales del predio 'Tres Hermanos'. Así, cada uno de los objetivos del proyecto contará con una base teórica fuerte que apoye las decisiones técnicas y las sugerencias para mejorar la sostenibilidad.

3.1.1.2 Investigación de campo

El proceso de recolección de datos primarios se realizó en las instalaciones de la finca "Tres Hermanos", utilizando un levantamiento de información del campo, el cual está diseñado para auditar la actuación ambiental de sus operaciones. Este procedimiento posibilitó una valoración exhaustiva de la huella ecológica de la propiedad, dividiendo el análisis en categorías esenciales como la eficiencia energética, el balance hídrico, desechos sólidos y la utilización de combustibles fósiles. La investigación tiene un carácter exploratorio, porque no hay registros anteriores exhaustivos de estos indicadores en la finca. Para determinar patrones de consumo y sugerir estrategias de mitigación adecuadas, este enfoque es esencial para establecer una línea base.

3.1.2 Diseño de la investigación

La investigación cuenta con un diseño no experimental al ser un proyecto técnico. Los datos y las distintas categorías serán tomados de manera directa de la finca "Tres Hermanos", donde se evaluará la huella ecológica.

3.2 Metodología

3.2.1. Variables

En este trabajo se incluyen las siguientes variables de tipo independiente y dependiente.

3.2.1.1 Variable dependiente

Tabla 1.

Variables dependientes.

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Huella Ecológica	Cuantitativo	Ordinal	Presencial

Elaborado por: Saavedra, 2025

3.2.1.2 Variable independiente

Tabla 2.

Variables independientes.

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Consumo de agua	Cuantitativo	Ordinal	Cantidad de agua de riego.
consumo de energía	Cuantitativo	Ordinal	Consumo de energía.
Consumo de combustibles	Cuantitativo	Ordinal	Cantidad de combustible utilizado.
Consumo de alimentos	Cuantitativo	Ordinal	Cantidad de alimentos consumidos.
Producción del cultivo	Cuantitativo	Ordinal	Producción total de la finca.

Elaborado por: Saavedra, 2025

3.2.2 Recolección de datos

3.2.2.1 Recursos

Para el desarrollo del proyecto se necesitó de varios recursos que nos permiten la toma de datos y el desarrollo de la investigación dentro del proyecto se usaron los siguientes recursos:

- Esferos
- Calculadora científica
- Hojas
- Computadora

3.2.2.2 Métodos y técnicas

Para describir las actividades que se realizan en la finca se realizó una lista enumerando los procesos para la producción final. Se realizó un recorrido por la finca y se entrevistará a los trabajadores.

Categorías de consumo

Para las categorías se realizó una línea base donde se describirá el consumo de cada una y se utilizarán formulas o métodos de acuerdo a lo requerido por cada una de las categorías.

Consumo de energía

Para calcular el consumo de energía se sumará el consumo por un año de la finca “Tres Hermanos”, esta información se la tomará de las planillas mensuales de consumo. Para ello se tomará el consumo en kWh. Para ello usaremos factor de emisión de [X] kg CO₂/ kWh y una tasa de absorción forestal de [Y] t CO₂/ ha, siguiendo la metodología de la Global Footprint Network (GFN), donde establece la para los cálculos la siguiente formula:

$$E = C \times FE$$

E: Emisiones de CO₂ (Kg)

C: Consumo anual

FE: Factor de Emisión 0,4 kg CO₂/kWh

Conversión de CO₂ a hectáreas

Con la estimación de absorción de CO₂ de los bosques de aproximadamente 2.02 toneladas.

$$\text{Huella (ha)} = \frac{\text{Consumo (kWh)} \times FE}{1000 \times \text{Capacidad de absorción}}$$

Agua

Para el cálculo de consumo de agua del cultivo, se utilizó la Evapotranspiración de Cultivo (ETC) usando la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua (m}^3\text{)} = \text{ETC (mm/día)} \times 10 \times \text{área (ha)} \times \text{días de riego.}$$

Para calcular la cantidad de agua que sale de una bomba de riego se debe calcular el caudal de la bomba.

1. Demanda por hectárea al día: Se multiplica la ETC por 10 para convertir los mm a metros cúbicos (m³/ha).

2. Volumen total: Se multiplica el resultado anterior por el número de hectáreas y por la cantidad de días del ciclo de riego.

Residuos solidos

Par calcular la cantidad de residuos sólidos se pesó la cantidad de residuos que se produzcan en la finca en kilogramos.

-Se tomó el peso de una semana de desechos, este resultado será dividido para los 7 días de la semana con la siguiente formula:

$$\text{Generación} = \frac{\text{total de peso en la semana}}{7}$$

- La generación diaria promedio será multiplicada por los 365 días para la obtención de los kg/año.
- Además, se realizó el cálculo de emisiones de CO₂ de Ciclo de Vida (ACV) metodología estandarizada que cuantifica los impactos ambientales ISO - 14 040, donde establece que para residuos sólidos (inorgánicos) 0,02 kg CO₂/kg y para residuos orgánicos 0,05 kg CO₂/kg, donde estos valores son multiplicados con el valor total de cada residuo.
- Para el cálculo de la huella se utiliza el factor de adsorción o biocapacidad de la Global Footprint Network (GFN), su fórmula general es:

$$\text{HE} = \frac{\text{Emisiones totales (Ton CO}_2\text{e/año)}}{\text{factor de adsorción local o global}}$$

Alimentos

Para esta categoría se preguntó a la encargada de la finca.

Producción

Para obtener la huella en cuanto a producción en el cultivo de cacao se usó la siguiente fórmula propuesta por (Dante, 2022):

$$HE = \frac{P}{Y} \times Fr \times Feq$$

Donde

P: Es la producción: la cantidad de producto que se produce, después del proceso de cosecha.

Y: Rendimiento: es el rendimiento de la producción del cacao dentro de la ciudad.

Fr: Factor rendimiento: es el cálculo de la producción en base a la cantidad de personas que se benefician de la producción.

Feq: Factor Equivalencia: es el tipo de área utilizada en hectáreas globales.

Combustible

Para calcular la huella de combustible aplicaremos la metodología de la Global Footprint Network (adsorción 3 000 kg de CO₂/ha y factor de equivalencia forestal de 1,26). Uso de tres bombas de riego con el uso de 5 galones de combustible (gasolina) un total de 56,79 litros por día.

Datos

Consumo de combustible: Los 56,79 litros los multiplicamos por 12 meses, son 681,48 L/año.

Factor de emisión: Cantidad de gases liberados a la atmosfera, valor obtenido de la multiplicación de la cantidad combustible consumida por un año multiplicado por el 2.31 kgCO₂/litro (composición química de la gasolina) propuesto por la (IPCC).

Factor de adsorción: Rendimiento de secuestro de carbono 3 000 kgCO₂/ha/año.

Factor de equivalencia: Es un multiplicador de ponderación biológica establecido por la (GFN) su valor es de 1,26 gha/ha.

$$HE = \frac{\text{Emisiones Anuales de CO}_2 \text{ (kg)}}{\text{Factor de adsorción de carbono}} \times \text{Factor de equivalencia}$$

3.2.2.3 Calculo de huella ecológica

El cálculo de huella ecológica se obtuvo mediante la suma de todas los componentes individuales, además se comparó el valor frente al promedio nacional que es 1,73 hag por persona, además de la biocapacidad de 2,1 hag por persona, se tuvo en cuenta la cantidad de trabajadores dentro de la finca que son un total de 11 trabajadores.

3.2.3 Análisis estadístico

Se empleo una estadística descriptiva en los datos de consumo evaluados como energía, agua, residuos, alimentos, combustible y producción, los cuales fueron consolidados y tabulados en la herramienta de Excel.

4. RESULTADOS

4.1 Actividades agrícolas que se realizan en la finca “Tres Hermanos”

La Finca “Tres Hermanos”, cuenta con una extensión de nueve hectáreas y once trabajadores, se especializa en el cultivo de cacao semitecnificado, además cuenta con un suelo arcilloso. Utiliza sistemas de riego por gravedad y subfoliar, lo que permite un manejo eficiente de los recursos hídricos. A continuación, se describen las diferentes actividades agrícolas que se realizan dentro de la finca, organizadas en etapas clave.

1. Mantenimiento del Cultivo

- **Riego:**

Se emplean dos sistemas:

Riego por gravedad para aprovechar la topografía del terreno y riego subfoliar para mantener la humedad en las horas secas.

- **Control de malezas:**

El deshierbe se realiza manualmente para proteger las raíces superficiales del cacao.

- **Fertilización:**

Se aplican fertilizantes orgánicos y químicos durante momentos clave del crecimiento del cacao.

- **Poda:**

Se eliminan ramas secas o no productivas para fomentar el desarrollo saludable de la mata de cacao.

- **Control de plagas y enfermedades:**

Se vigila la aparición de plagas y enfermedades, aplicando pesticidas orgánicos para su control.

2. Cosecha

- **Determinación del punto de madurez:**

Los trabajadores evalúan las mazorcas de cacao para asegurarse de que estén en su punto óptimo antes de la recolección.

- **Cosecha manual:**

Se corta el cacao de forma manual utilizando machetes para preservar la integridad de los árboles.

- **Postcosecha:**

El cacao cosechado se fermenta y se seca para mejorar la calidad final del grano.

3. Mantenimiento de la Finca

- **Reparación de infraestructura:**

Los sistemas de riego y las herramientas se revisan y reparan regularmente.

- **Sostenibilidad:**

Se implementan prácticas sostenibles, como el uso de abonos orgánicos, para conservar la salud del suelo y reducir el impacto ambiental.

4.2 Cuantificación las categorías como generación y consumo de energía, agua, residuos sólidos, alimentos y combustible en la finca “Tres Hermanos”

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de las diferentes categorías dentro de la finca “Tres Hermanos”.

4.2.1 Generación y consumo de energía

Para obtener la generación y consumo de energía se usaron los siguientes datos obtenidos.

Datos:

E: Emisiones de CO₂ (Kg)

C: Consumo anual (5 328,00 kWh)

FE: Factor de Emisión 0,4 kg CO₂ /kWh

Capacidad de absorción de CO₂ de los bosques 2.02 toneladas.

$$\text{Huella (ha)} = \frac{\text{Consumo (kWh)} \times \text{FE}}{1000 \times \text{Capacidad de absorción}}$$

$$\text{Huella (ha)} = \frac{5\,328,00(\text{kWh}) \times 0,4}{1000 \times 2,02}$$

$$\text{Huella (ha)} = \frac{2\,131,2 \text{ CO}_2}{2\,020 \text{ kgCO}_2}$$

$$\text{Huella (ha)} = \frac{2\,131,2 \text{ kg}}{2\,020 \text{ kg/ha}} = 1,055 \text{ ha}$$

Tabla 3.

Consumo de energía y huella ecológica anual.

Categorías	Unidad de medida	Unidades de consumo	Dólares sin IVA	Huella total (ha*año)
Energía eléctrica	kWh/mes	444,00	35,42	
Subtotal		5 328,00	425,04	1,055

Saavedra, 2025

De acuerdo con los registros obtenidos en la tabla 4 se observa un consumo de energía de 444,00 kWh mensuales. Al realizar la proyección anual, el consumo de energía que registra la finca “Tres Hermanos” es de 5 328,00 kWh anualmente, dichos valores multiplicados por los factores de conversión dan como resultado una huella ecológica de 1,055 ha/año.

4.2.2 Agua

El cálculo de agua que se realizó en época seca, dónde se tomó en cuenta el uso de días de la bomba y cantidad requerida para el riego que es 3mm/día, el área es de 9 hectáreas y una bomba de 3 pulgadas, para determinar la cantidad de agua se utilizó la siguiente formula:

Consumo diario por hectárea:

$$\text{Consumo diario (m}^3\text{/ha)} = 3\text{mm/día} \times 10 = 30\text{m}^3\text{/ha/día}$$

Consumo diario en 9 hectáreas:

$$\text{Consumo diario total: } 30\text{m}^3\text{/ha} = 270 \text{ m}^3\text{/día}$$

$$\text{Volumen total (150 días)} = 270 \text{ m}^3\text{/día} \times 150 \text{ días} = 40\,500 \text{ m}^3$$

$$\text{Huella hídrica} = 40\,500 \text{ m}^3 \times 0,00045 \text{ hag/m}^3 = 2,03 \text{ hag/ha}$$

La bomba trabaja 150 días al año ya que se realiza riego cada 15 días, el cálculo de huella se da por medio de la fórmula de la Global Footprint Network y la WWF, donde dictamina que se debe multiplicar por el factor de intensidad hídrica y factor de equivalencia de cultivos en Ecuador que promedia de 0 00045 hag/m³, el consumo de del recurso hídrico es de 2,03 hag. Este valor representa la extracción directa de agua.

4.2.3 Residuos solidos

Tabla 4.
Residuos sólidos

Categorías	Total de peso en la semana (kg)	Unidades de consumo (kg/año)	Toneladas (Ton/año)
Papel y cartón	0,14	21,22	0,021
Plástico	1,37	71,40	0,071
Orgánicos	151,17	7 882,85	7,88
Subtotal	152,68	7 975,47	7,972

Saavedra, 2025

Con base en la caracterización de residuos se tomó los datos de una semana, y se promediaron para los 7 días de la misma con el fin de obtener el promedio diario, se obtuvieron 21,922 kg diarios como subtotal de todos los residuos, lo que puede indicar que dentro de la finca “Tres Hermanos” se genera 7,972 Kg de residuos al año. Tomado en cuenta estos datos, se estableció la huella ecológica, la cual se determina con las emisiones de los residuos orgánicos e inorgánicos mediante los factores de simplificación de alcance tres basados en promedios internacionales Análisis ciclo de vida (ACV). El factor para residuos orgánicos es de 0,5 kg CO₂ y para residuos sólidos 0,02 kg CO₂ mediante este caculo de emisiones, se obtuvo un impacto de 1,85 kg CO₂^e año para residuos sólidos y 3,914.42 kg CO₂^e para orgánicos. De este modo, el total de emisiones es de 3,94 toneladas de CO₂^e/ año estableciendo que la huella para residuos es de 1,95 ha/año.

4.2.4 Alimentos

Tabla 5.

Alimentos

Categorías	Consumo semanal kg	Unidades de consumo Kg/año	Toneladas (Ton/año)	Huella total [ha*fe]
Pollo	11,96	418,60	0,42	0,43
Bovino, ovino	3,83	134,05	0,13	0,22
Cereales, harinas, pastas, arroz y pan	21,52	753,20	0,75	0,27
Legumbres, raíces y tubérculos	19,13	669,55	0,67	0,19
Azúcares	1,91	66,85	0,07	0,03
Aceites y grasas	1,91	66,85	0,07	0,05
Lácteos	7,70	269,50	0,27	0,16
Total	67,96	2 378,60	1,35	1,35

Saavedra, 2025

La población de la finca “Tres Hermanos” consume 2 378,60 kg de provisiones nacionales, las cuales abarcan grupos alimenticios como productos cárnicos, legumbres etc. Al consolidar el impacto individual de cada alimento evaluado, se obtiene un indicador ecológico total equivalente a 1,35 ha/año.

4.2.5 Producción

Tomando en cuenta la cantidad de plantas y las 9 hectáreas de la finca se puede establecer la producción local de la zona geográfica del cantón Naranjito con una producción total del predio de 13 500 kg/ha/año para la especie CCN-51, se tomó como referencia el valor fue establecido por el instituto de investigaciones agropecuarias (INIAP), dicho valor se toma en cuenta para comparar el rendimiento de la finca “Tres Hermanos” cuyo rendimiento es de 1 500 kg/ha/año en 9 hectáreas, este valor se obtuvo de la división del rendimiento local por las 9 hectáreas de la finca.

Para la formula se usaron los siguientes datos:

P: Es la producción local: 13,500 kg/ha/año

Y: Rendimiento de la finca: 1,500kg/ha/año

Fr: Factor rendimiento: 1,00 este valor se obtuvo de la división del rendimiento de la finca y la producción nacional del MAG es de 750kg/ha.

Feq: Factor Equivalencia: 1.80 propuesto por la World Wide Fund for Nature, para tipos de cultivos.

$$HE = \frac{P}{Y} \times Rr \times Feq$$

$$HE = \frac{\text{Produccion}}{\text{Rendimiento}} \times F. \text{rendimiento} \times F.\text{equivalente}$$

$$HE = \frac{13,500}{1,500} \times 1,00 \times 1,80$$

$$HE = 9 \times 1,00 \times 1,80$$

$$HE = 16,20 \text{ hag}$$

4.2.6 Combustible

El cálculo para esta categoría se lo obtuvo del desarrollo la fórmula propuesta: luego de la multiplicación de la emisión por año de 681,48 L/año y el factor de emisión 2.31 kgCO₂/litro, el valor para emisiones anuales es de; 1 574, 22 kg CO₂/año.

$$HE = \frac{1\,574,22 \text{ kg CO}_2/\text{año}}{3\,000 \text{ kg CO}_2/\text{año/ha/año}} \times 1,26 \text{ gha/ha}$$

$$HE = 0,67 \text{ gha}$$

4.3 Calculo la Huella Ecológica de la finca utilizando la metodología de línea base. 2

Tabla 6.

Valores de las huellas de las diversas categorías.

Categoría	Consumo final	Huella ecológica ha/año
Energía eléctrica	5 328,00 kWh	1,06
Residuos solidos	7 975,47 kg	1,95
Consumo de alimentos	2 378,60 kg	1,35
Agua de riego	40 500 m ³	2,03
Producción	1,500 kg/ha	16,20
Combustible	681,48 L/año	0,67
Total		23,26 hag

Saavedra, 2025

Como se puede observar en la tabla 7 el valor total de la huella en la finca “Tres Hermanos” es de 23,26 hag (hectáreas globales), este valor en cuanto la huella, el promedio de biocapacidad 2,1 hag por persona, donde el valor obtenido representa el 2,1 hag por cada trabajador dentro de la finca, es decir este valor se encuentra por debajo del límite de biocapacidad global, lo que representa un sistema productivo ambiental sostenible.

5. DISCUSIÓN

Dentro de la finca “Tres Hermanos” las actividades que se realizan son siembra, riego, cosecha, mantenimiento y comercialización, al igual que Paredes y Andrade (2025) que menciona que es importante realizar un análisis en base a la producción de cacao con buenas prácticas, esto debido a problemas fitosanitarios, pues menciona que las malas técnicas pueden traer consecuencia a la producción, en la finca tres hermanos, estas labores se realizan con su debido cuidado, aunque el número de plantas es de 9,400 su cuidado ha presentado una producción favorable, la extensión de nueve hectáreas no ha sido obstáculo para mantener las buenas prácticas como menciona el autor antes mencionado donde indica que a las grandes extensiones se les dificulta el bajo uso de productos químicos, añadiendo el manejo de plagas, la poda, la fermentación y el secado del cacao.

Los hallazgos de esta investigación coinciden con los planteamientos de Becerra (2022), quien sostiene que la optimización de la productividad cacaotera depende directamente de una ejecución técnica rigurosa ya que en su estudio la eficiencia del cultivo aumento en un 2%. En la finca 'Tres Hermanos', la implementación de fertilización, riego y podas no solo respondió a una necesidad agronómica, sino que se alineó con las exigencias de un mercado global cada vez más demandante, al combinar el riego por gravedad y subfoliar Mientras que Becerra se enfoca en la mejora del cultivo, los resultados la finca “Tres Hermanos” sugieren que estas técnicas deben integrarse con la evaluación de la huella ecológica.

Los resultados obtenidos en la investigación de la finca "Tres Hermanos", fue una huella de 23,26 hag, donde evaluó las categorías de energía, alimento, agua, combustible, desechos y producción. A diferencia de Curasma (2023) y Pinedo (2023), se observan diferencias significativas tanto en la magnitud de los resultados como en los métodos de aplicación. Estos autores realizaron sus evaluaciones en entornos institucionales, donde el consumo de energía y transporte suele estar concentrado en flujos humanos densos, por otro lado, este estudio se enfoca en el sector productivo agropecuario de la finca "Tres Hermanos". El valor reportado por Curasma fue 302,73 hag/año y Pinedo 483,29 hag/año, estos valores reflejan una presión ambiental considerable, centradas en categorías de

alimentación y movilidad de sus muestras. En contraste, la finca "Tres Hermanos" donde la categoría con mayor intensidad fue la de producción con 16,20 hag, la cual no implica en si una contaminación directa sino un uso de suelo considerable. Esta cifra notablemente expresa un alto rendimiento de la finca en cuanto producción, ya que en valores en cuanto a consumo de energía, alimento, combustible y residuos son inferiores.

Al igual que Macanchi (2022) y Ezquerro (2023) utilizaron la misma metodología de la línea base, analizando las categorías, adaptadas al entorno universitario, en base a datos de consumo de manera directa, ya que esta es una medida para obtener datos de manera más precisa, por lo que se podría decir que es una de las metodologías más utilizadas. Al que en nuestro proyecto los datos obtenidos fueron tomados de manera directa para cada una de las categorías, estando de acuerdo con los autores que esta metodología es la más precisa para la toma de información para su posterior desarrollo, esta metodología por otro lado está adaptada para un sector productivo.

A comparación Dante y Casani (2022) que para determinar de la Huella Ecológica en la producción de café, basaron sus datos a la cantidad de producción su resultado fue de 969,50 hag este valor se los dividió para una población de 14 299 personas por lo que su huella fue positiva con 0,0862 ha/cápita en 64,908 hectáreas, a diferencia de nuestro proyecto donde el resultado fue de 23,26 hag y 2,1 hag por persona en 9 ha y un total de 11 personas que trabajan dentro de la finca, sin embargo este valor es cuanto a la producción, ya que su valor fue la categoría más alta con 16,20 ha/año a diferencia del resto de las categorías, el cultivo de cacao como el de café son grandes productores, sus ingresos se basan en la cantidad de producto vendido.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Dentro de la finca “Tres Hermanos”, se realizan diversas actividades de buenas prácticas que van desde la selección de las plántulas de cacao, estas se encuentran sembradas en una distancia de 3x3, la finca cuenta con sistema de riego mixto por gravedad y sudfoliar, con podas que van de acuerdo al calendario lunar, deshierbe con maquinaria, además de la aplicación de abonos, fertilizantes y productos de control de plagas y enfermedades prácticas esenciales para un cultivo semi-tecnificado.

Las categorías que se evaluaron dentro de la finca fueron energía con un consumo de 1.06 ha/año, agua 2,03 ha/año, residuos sólidos 1.95 ha/año, alimentos 1,35 ha/año, combustible 0,65 y la producción de 16,20 ha/año, siendo esta última la categoría más alta. Este valor no representa en sí una afectación ambiental directa, presenta la alta productividad de la finca de acuerdo a las extensiones de área, lo que se puede establecer como un valor positivo en cuanto a la producción sin afectación al ambiente.

El total de la huella fue de 23,26 hag quiere decir 2.1 hag por persona, valor límite en cuanto a huella ecológica, ya que el límite de biocapacidad global es de 2,1 hag por persona, por lo que se puede considerar que la finca está dentro de un rango de sostenibilidad ambiental.

6.2 Recomendaciones

Las buenas prácticas dentro de los cultivos, es una medida que permite una alta productividad por lo que promover la mejora continua en las actividades que se realiza dentro de la finca. Aplicar esta recomendación ayudará a conservar el entorno y asegurar que las actividades realizadas sean más responsables con el medio ambiente, beneficiando tanto a quienes forman parte de la finca como a sus alrededores.

Es recomendable mantener y fortalecer las prácticas, garantizando el rubro de producción ya que mantiene una eficiencia ambiental, ya que la huella se encontró por debajo de la biocapacidad global, manteniendo un alto rendimiento

productivo, con un buen uso de recursos naturales, es aconsejable capacitar al personal en cuanto a uso de agua y disposición de residuos.

En cuanto a la elaboración de metodologías para evaluar la huella ecológica en sectores agrícolas, si se tendría que tomar en cuenta muchos aspectos, haciendo énfasis en la cantidad de hectáreas utilizadas o la cantidad de trabajadores, ya que hay varias fincas con grandes áreas utilizadas para cultivos pero su número de trabajadores es bajo debido a contratos ocasionales en época de cosecha, así mismo deberían realizarse estudios de huella ecológicas en las grandes fincas que existen en el país, y así poder desarrollar alternativas para el cuidado y uso de los recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, E., Piñero, P., Amate, J., Gonzalez, M., Lassaletta, L., Y Sanz, A. (2020). *Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España* [Tesis de doctorado, Universidad de Michigan, Estados Unidos] <https://www.researchgate.net/profile/AlbertoSanzCobena/publication/34477481>
- Ahmed, E., Marcillo, J, Gómez, J., Martínez, F. (2020) Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao en Ecuador, *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(3), 368-380. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890912>
- Alexander, J., y Lucas, L. (2021). *Huella ecológica como indicador de sostenibilidad en el cultivo de cacao (Theobroma Cacao L.), en la zona norte de la provincia de Los Ríos, 2018* [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo – Ecuador]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/statistics/items/562c7d6b-3e86-4cdb-9ad7-fc6b850654a6>
- Asociación Nacional de Exportadores de cacao –Ecuador ANECACAO (2019). Boletín mensual de anecacao, *Sistemas Agro Forestales. Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 88. <https://anecacao.com/wp-content/uploads/2024/01/revista-anecacao-enero-2024.pdf>
- Barragán, R. (2020) *La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el ecuador a partir del uso de las energías renovables* [Trabajo de titulación, Universidad Internacional SEK, Quito- Ecuador]. <https://n9.cl/ldixd>
- Becerra, A. (2022) *Mejoramiento de un cultivo de cacao (Theobroma cacao L) como alternativa de fomento a la actividad agrícola para los pequeños productores de la vereda La Guaira Convención Norte de Santander* [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/18691>
- Cabezas, D. (2024) Huella de carbono en residuos postcosecha de Theobroma cacao L. y la economía circular, *Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, (6)11, <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i11.4143>

- Camelo, L., Piñeros, G., y Chaves, L. (2020). Fomento de alimentación laboral saludable en américa del sur. *SciELO*, 23(1), 61–68. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S181774332020000100009&script=sci_arttext
- Constitución de la república del Ecuador, Capítulo II, 449 13 (2008). https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Cuevas, V., Loaiza, A., Gutiérrez, O., Borja, M., Rosales, C., (2024). Tipología de productor y efectos indirectos del cambio climático en la ganadería bovina en Sinaloa, *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 15(3), 555-569 <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v15n3/2448-6698-rmcp-15-03-555.pdf>
- Curasma, J. (2023). *Determinación de la huella ecológica de los pobladores del distrito de Ascensión – Huancavelica* [trabajo de titulación, Huancayo- Peru]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13927>
- Dante, Y. (2023) Estimación de la huella ecológica en la producción de café pergamino. Caso de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera, *La Prosperidad de Chirinos*, 27(33)- 2-56.
- Díaz, L., Soto, E., Bravo, L., Chávez, M. (2023). Ecological footprint of an artisanal fishing cooperative in a lagoon body. *Revista Bio Ciencias*, 10, 1-20. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1399>
- Díaz, T. (2020). La huella hídrica indicador para aplicar la circularidad del agua: modelo de gestión sostenible para Panamá, *Revista Especializada en Estudios Culturales y Humanísticos*, 1 (17) 1-11. <https://n9.cl/axtuh3>
- Ezquerria, D. (2023). *“Huella ecológica del campus Capanique II de la universidad privada de Tacna - 2023”* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna, Perú]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/3138>
- Galli, A., et al. (2020). Ecological Footprint: Implications for Biodiversity. *_Ecological Indicators*. <https://n9.cl/o7cvl>
- García, E., Aguilera, M. (2023). Antecedentes para una definición formal del concepto “monocultivo forestal”. *Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR*, 28 (3), 71- 81. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.584>

- Gómez, E. (2025). "Conceptos para el estudio del agro latinoamericano: campesinos y agricultores familiares". *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología* 58, 107-130. <https://doi.org/10.7440/antipoda58.2025.05>
- Gonzales, A. Rodríguez, K. y Matos, L (2021) Cálculo de la huella ecológica corporativa en la molinera "Frank Pais Garcia" *Revista Tecnológica Química* 41(1).http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222461852021000100005&script=sci_arttext&tlng=en
- Guarín Calle, J. C., y Vitoncó, Y. (2022). La huella ecológica, indicador de sostenibilidad ambiental y social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4156-4175. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1791
- Guarín, J. y Vitoncó, Y. (2022). La huella ecológica, indicador de sostenibilidad ambiental y social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4156-4175. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1791
- Macanchi, J. (2022) *Determinación de la huella ecológica como indicador de sostenibilidad en el gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Chimborazo para el desarrollo de un plan de manejo ambiental* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21255>
- Mantilla, L. (2024) Huella ecológica y zonas bioproductivas. Una mirada desde la economía ecuatoriana. *CIENCIA UNEMI*, 17(44), 52-64. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss44.2024pp52-64p>
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). Consumo de energía eléctrica en Ecuador. <https://www.rekursyenergia.gob.ec/en-ecuador-el-consumo-de-energiaelectrica-se-incremento-en-un-45-en-2019/>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Huella Ecológica del Ecuador, Principales avances y resultados [foro Ecuador].<https://www.ambiente.gob.ec/2017/08/Boletin-Nro.-1.-Huella-Ecologica.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2026). Agricultura de conservación, [publicación en foro] <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/es/>

- Paredes, D. y Andrade, J. (2025). *Análisis técnico del proceso de producción de cacao seco a partir de las buenas prácticas agrícolas (BPA) en productores asociados a la Cooperativa ASOPCARI en el municipio de Granada, Meta* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66848>
- Parra, M. (2019) Variedad CCN – 51: ¿Una Amenaza Para la Industria Del Cacao? [Comentario en foro] <https://perfectdailygrind.com/es/2019/07/19/variedad-ccn-51-una-amenaza-para-la-industria-del-cacao/>
- Pellegrino, L. (2023) Cálculo de la huella ecológica de la Facultad de Artes, Diseño y Ciencias de la Cultura [Tesis de grado, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina] <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51788>
- Pimentel, D. (2020). Energy and Land Constraints in Food Production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107085.
- Pinedo, S. (2023). Estimación de la huella ecológica de los estudiantes de la universidad pública de Huacho, Perú. (2023). *Revista Ciencia Agraria*, 2(1), 7-17. <https://doi.org/10.35622/j.rca.2023.01.001>
- Piñero, P., Aguilera, E., Infante, J., y Sanz, A. (2019). Input-Output MultiRegional vs. Análisis de Ciclo de Vida para el cálculo de la huella de carbono de la alimentación española. *VII Workshop Remedia*, 1. <https://oa.upm.es/64866/>
- Rodríguez, X. (2022). *Estimación de huella ecológica en soluciones estructurales de acero* [Tesis de grado, Universidad de Coruña, España]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/30838>
- Romero, M. y Sierra, L. (2020) *Cuantificación de la huella hídrica del cultivo de arroz en dos zonas productoras de Perú* [Tesis de grado, alianza biodiversity internacional y el centro internacional de agricultura tropical]. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/92cfbac3-8ec8-4b69-ac8d-e1ec31bc44dc/content>
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers*, 9(7) <https://faculty.washington.edu/stevehar/footprint.pdf>

APÉNDICE

Apéndice N° 1.

Labor de cosecha en la finca



Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N° 2.

Implementos de riego en la finca



Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N° 3.

Preparación de compuesto para control de plagas



Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N°4.

Lavor de mantenimiento de la finca, construcción de zanjas



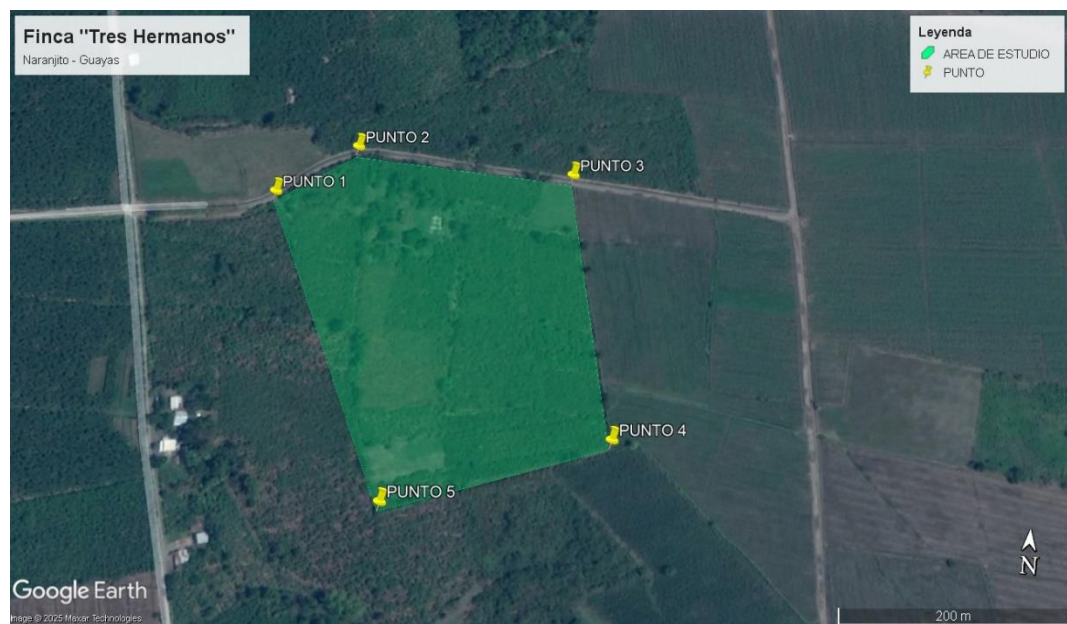
Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N°5.*Fumigación de la finca*

Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N°6.*Pesaje de residuos*

Fuente: El autor, (2025)

Apéndice N°7.**Área de estudio**

Fuente: El autor, (2025)