



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ECOEFICIENCIA A TRAVÉS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ
PERGAMINO PARA LA COOPERATIVA AGRARIA CAFETALERA LA PROSPERIDAD

Línea de investigación:

Competitividad Industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el grado académico de

Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Acuña Delgado, Leonardo Dante
(ORCID: 000-0002-6167-1110)

Asesor:

Ccasani Allende, Julián
(ORCID: 0000-0003-4880-0798)

Jurado:

Renee Alfaro, Maria

Huiman Sandoval, José Alberto

Zarate Navarro, Herbert Emilio

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a: Mis padres Angelica Delgado y Gonzalo Acuña, por sus esfuerzos y ejemplo de vida. A mi hermano Angel por su comprensión y apoyo de cuando necesité para comenzar este camino.

Agradecimientos

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis Julián Ccasani y al Ing. Alexis Dueñas por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino, a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

A la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, por haberme brindado su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema	2
Problema General.....	6
Problemas Específicos	6
1.2. Antecedentes	6
Antecedentes Internacionales.....	6
Antecedentes Nacionales.	7
1.3. Objetivos	9
Objetivo General	9
Objetivo Específico	9
1.4. Justificación.....	10
1.5. Hipótesis.....	11
Hipótesis General.	11
Hipótesis Específicas.	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Región Cajamarca	12
2.1.1. Distrito de Chirinos	13
2.2. Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad	13
2.3. Café en el Perú	14
2.3.1. Proceso Productivo del Café	15
2.4. Ecoeficiencia en la Producción	20
2.4.1. Ciclo de Vida.....	20
2.5. Uso Eficiente de la Materia Prima	23
2.6. Uso Eficiente de Agua	24
2.6.1. Huella Hídrica	25
2.6.2. Retiro de Agua	26
2.6.3. Agua Virtual.....	27

2.7. Huella de Carbono.....	27
III. MÉTODO	31
3.1. Tipo de Investigación	31
3.2. Ámbito Temporal y Espacial	32
Limitación Temporal.....	32
Limitación Espacial.....	32
3.3. Variables	34
3.3.1. Variable Independiente	37
3.3.2. Variables Dependiente	37
3.4. Población y Muestra.....	39
3.4.1. Huella de Carbono.....	43
3.4.2. Huella Hídrica	47
3.5. Instrumentos	50
3.6. Procedimientos	51
3.7. Análisis de Datos.....	52
IV. RESULTADOS	56
4.1. Resultados de la Encuesta	56
4.1.1. Fiabilidad del Instrumento	56
4.2 Descripción del objeto de estudio	65
4.2. Objetivo Específico 1: Huella de Carbono.....	70
4.3. Objetivo específico 2: Huella Hídrica.....	73
4.4. Análisis de las huellas	76
4.4.1. Evaluación de las Huellas	80
4.4.2. Unidad Funcional por Huella	80
4.5. Ecoeficiencia de la Producción	84
4.5.1 Ecoeficiencia Obtenida por Huella	84
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
VI. CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES.....	91
VIII. REFERENCIAS.....	92

IX. ANEXOS.....	98
Anexo 01: Matriz de consistencia	98
Anexo 02: Validación de Juicio de Expertos	99
Anexo 03: Encuesta Aplicada a los Caficultores	105
Anexo 04: Cultivos de café en los caseríos del distrito de Chirinos, según productor encuestado.....	110
Anexo 05: Georreferenciación de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad	115
Anexo 06: Datos Hidrometeorológicos en Chirinos	116
Anexo 07: Prueba de Shapiro–Wilk.....	117
Anexo 08: Distribución por estrato.....	118
Anexo 9: Panel Fotográfico	119

TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía del café</i>	16
Tabla 2 <i>Tabla de inventario para un estudio LCA</i>	21
Tabla 3 <i>Huella hídrica nacional</i>	26
Tabla 4 <i>Indicadores de desempeño según su aspecto ambiental</i>	36
Tabla 5 <i>Matriz de Operacionalización de variables</i>	38
Tabla 6 <i>Superficie agrícola con cultivo en Cajamarca</i>	39
Tabla 7 <i>Datos generales de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad</i>	40
Tabla 8 <i>Estadísticos de tendencia y dispersión según el estrato</i>	41
Tabla 9 <i>Distribución de la muestra según sus bases y por estratos</i>	43
Tabla 10 <i>Factores de emisión utilizados para el cálculo de huella de carbono</i>	45
Tabla 11 <i>Potencial de calentamiento global (PCG)</i>	46
Tabla 12 <i>Datos teóricos de cultivo café para uso en CROPWAT 8.0</i>	49
Tabla 13 <i>Fiabilidad de la encuesta</i>	56
Tabla 14 <i>Dimensión Valor Económico de Ecoeficiencia</i>	57
Tabla 15 <i>Dimensión Emisiones GEI</i>	60
Tabla 16 <i>Dimensión Agua</i>	63
Tabla 17 <i>Emisión de dióxido de carbono según estrato</i>	71
Tabla 18 <i>Huella Hídrica por bases</i>	74
Tabla 19 <i>Resumen de huellas</i>	76
Tabla 20 <i>Prueba de normalidad</i>	77
Tabla 21 <i>Prueba de medianas y prueba de Prueba de Kruskal-Wallis</i>	78
Tabla 22 <i>Rho de Spearman</i>	79

Tabla 23 Clasificación HC	81
Tabla 24 Clasificación HH.....	81
Tabla 25 Unidad funcional por base, HC	82
Tabla 26 Unidad funcional por base, HH.....	82
Tabla 27 <i>Unidad funcional según la Huella de Carbono</i>	83
Tabla 28 Unidad funcional según la Huella Hídrica	84
Tabla 29 <i>Eficiencia de la Huella de carbono total (HC) y huella Hídrica total (HHv)</i>	85

FIGURAS

Figura 1 <i>Emisiones por componente</i>	4
Figura 2 <i>Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad</i>	14
Figura 3 <i>Principales productores de café a nivel mundial – 2020</i>	15
Figura 4 <i>Proceso productivo del café</i>	17
Figura 5 <i>Composición de la cereza del café</i>	19
Figura 6 <i>Evaluación del impacto del ciclo de vida</i>	22
Figura 7 <i>Fuentes de emisión en la producción agrícola</i>	29
Figura 8 <i>Cadena de valor del café, emisión directa e indirecta</i>	30
Figura 9 <i>Modelo básico LCA</i>	31
Figura 10 <i>Flujo del café</i>	33
Figura 11 <i>Las diferentes dimensiones de los indicadores</i>	34
Figura 12 <i>Estación hidrometereológica de Chirinos</i>	48
Figura 13 <i>Modelo de medida de ecoeficiencia</i>	53
Figura 14 <i>Análisis del ciclo de vida</i>	54

Figura 15 <i>Ecoeficiencia</i>	57
Figura 16 <i>Capacitaciones</i>	58
Figura 17 <i>Nivel pobreza</i>	58
Figura 18 <i>Ingresos</i>	59
Figura 19 <i>Investigación y desarrollo</i>	59
Figura 20 <i>Indicador de ecoeficiencia</i>	60
Figura 21 <i>Huella de Carbono</i>	61
Figura 22 <i>Emisiones</i>	61
Figura 23 <i>Cuantificación de emisiones</i>	62
Figura 24 <i>Dióxido de carbono equivalente</i>	62
Figura 25 <i>Huella hídrica</i>	63
Figura 26 <i>Huella azul</i>	64
Figura 27 <i>Huella verde</i>	64
Figura 28 <i>Huella gris</i>	65
Figura 29 <i>Cantidad mínima</i>	65
Figura 30 <i>Grado de estudio</i>	66
Figura 31 <i>Sexo</i>	67
Figura 32 <i>Certificación</i>	67
Figura 33 <i>Balance de materia</i>	69
Figura 34 <i>Emisiones por base</i>	72
Figura 35 <i>Emisiones por estrato</i>	72
Figura 36 <i>Lamina neta total</i>	73
Figura 37 <i>Huella hídrica verde (HHV) por base</i>	75

Figura 38 <i>Huella Hídrica por estrato</i>	76
Figura 39 <i>Evaluación de las huellas</i>	80
Figura 40 <i>Ecoeficiencia de la huella de carbono e hídrica</i>	85
Figura 41 <i>Cultivos de café en Chirinos</i>	119
Figura 42 <i>Planta de café.</i>	120
Figura 43 <i>Pozo para el despulpado de café</i>	121
Figura 44 <i>Despulpadora eléctrica</i>	122
Figura 45 <i>Recepción de sacos de café pergamino seco</i>	123

RESUMEN

Objetivo: Identificar el nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino en los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, 2020. **Método:** El estudio tiene un método analítico con fundamento científico, el diseño es no-experimental y transeccional, se utilizó como instrumento un cuestionario dirigido a los caficultores de la cooperativa y la ficha bibliográfica para la recolección de datos. En relación a los indicadores (huella de carbono y huella hídrica), primeramente, se utilizó como herramienta el análisis de ciclo de vida (ACV) y el kilogramo de café pergamino seco como su unidad funcional (kg cps), para así analizar la huella de carbono (en CO₂-eq) y la huella hídrica (en m³), con la finalidad de estimar la ecoeficiencia en la producción. **Resultado:** Se obtuvo una muestra de 146 productores a entrevistar, que según su base ubicación se dividió en tres estratos, como son: estrato A (Balcones y Chirinos), estrato B (El Cruce, El Limón, La Cordillera y La Laguna) y el estrato C (La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso y Sillarrume). Se estimó la huella de carbono y la huella hídrica dando como resultado 2.5939 kg CO₂-eq/ kg cps y 6,6745 m³/ tn kg cps respectivamente. **Conclusión:** El nivel de ecoeficiencia en relación a las huellas propuestas, se obtiene que la huella de carbono y la huella hídrica es de 5.26 y 2.0 soles respectivamente, este análisis solo considera el factor económico más no ambiental.

Palabras claves: Ecoeficiencia, análisis de ciclo de vida, huella de carbono, huella hídrica.

ABSTRACT

Objective: To identify the level of eco-efficiency carried out by the parchment coffee production activities in the coffee growers of the Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, 2020.

Method: The study has an analytical method with a scientific basis, the design is non-experimental and cross-sectional, A questionnaire addressed to the coffee growers of the cooperative and the bibliographic record for data collection were brought as an instrument. In relation to the indicators (carbon footprint and water footprint), firstly, the life cycle analysis (LCA) and the kilogram of dry parchment coffee as its functional unit (kg cps) were used as a tool, in order to analyze the footprint of carbon (in CO₂-eq) and the water footprint (in m³), in order to estimate the eco-efficiency in production. **Result:** A sample of 146 producers was obtained to be interviewed, which according to their location base was divided into three strata, such as: stratum A (Balcones and Chirinos), stratum B (El Cruce, El Limón, La Cordillera and La Laguna) and stratum C (La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso and Sillarrume). The carbon footprint and the water footprint resulting in 2.5939 kg CO₂-eq/ kg cps and 6.6745 m³/ tn, respectively. **Conclusion:** The level of eco-efficiency in relation to the proposed footprints, it is obtained that the carbon footprint and the water footprint is 5.26 and 2.04 soles respectively, this analysis only considers the economic factor, not the environmental one.

Keywords: Eco-efficiency, life cycle analysis, carbon footprint, water footprint.

I. INTRODUCCIÓN

Cajamarca es un ejemplo paradigmático del norte peruano en la producción de café que a nivel nacional abarcó un 19.8% en el 2020, y en su mayor parte de la producción se realiza en las provincias de Jaén y San Ignacio (zona norte del departamento de Cajamarca), a diferencia de la región de San Martín que es el mayor productor de café a nivel nacional que cuenta con un total 23.5% y le sigue Junín con el 22.1% de la producción nacional de café. En el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca, la producción de café es muy importante para los pequeños agricultores que viven en los caseríos cercanos a la ciudad; en la cual también se encuentran cooperativas y asociaciones de productores cafetaleros y apicultores. Para el desarrollo de la presente tesis se realizará una investigación enfocada a las actividades y en consecuencia las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) proveniente del manejo y producción del café en los productores de la “Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad”.

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo identificar la ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café en la “Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad”, desarrollando un análisis de la huella hídrica y la huella de carbono en los cultivos de café. De modo que, uno de los métodos para reducir el impacto generado por las actividades de producción es la ecoeficiencia. La ecoeficiencia está basada en el consumidor que se enfoca no solo sobre el impacto ambiental de la fase de uso, sino también sobre problemas de calidad del producto y satisfacción del consumidor (Niinimäki, 2015). El sentido de ecoeficiencia es impulsar un uso más respetuoso, culto y eficiente de los recursos naturales. Las acciones de ecoeficiencia pueden ser aplicadas por las municipalidades, industrias, empresas de servicios y oficinas administrativas del sector público y privado, todo esto bajo el concepto de “crear más bienes y servicios utilizando

menos recursos y creando menos basura y polución”, con la ventaja de ser más rentables y productivas.

Una de las herramientas de la ecoeficiencia para estimar el impacto generado en la agricultura es el “Ciclo de Vida” (VCA). El objetivo de ciclo de vida o Life Cycle Assessment (LCA, siglas en inglés) es rastrear impactos y evaluarlos desde una perspectiva de sistemas, identificando estrategias de mejora, incluidas las aplicaciones existentes y emergentes destinadas en apoyar el medio ambiente, en las decisiones informadas en la formulación de políticas, en el desarrollo de productos y adquisiciones, y elecciones de los consumidores (Hellweg y Milà i Canals, 2015). Aplica indicadores que pueden ser cuantitativos o cualitativos. Los impactos cuantificados son expresados por una o varias unidades funcionales relacionadas con las funciones clave del sistema, como “kg” (kilogramos) producidos para la función de producción (Basset y Ledgard, 2008).

1.1. Descripción y Formulación del problema

En el Perú, el crecimiento de las exportaciones en sus diferentes regiones ha generado una gran demanda de los productos que conlleva, ya sea, en generar mas ingresos a los productores peruanos, como también la contaminación del medio ambiente, que empieza desde el almacigo (en algunos productos) hasta puesto en algún puerto del Perú para su respectiva exportación. Esta degradación ambiental puede ser provocado por las malas practicas de los agricultores, el transporte de los productos, en otros factores. Actualmente, la agricultura puede ser parte de la generación de residuos y generación de los GEI (gases de efecto invernadero), en la que algunos

agricultores usan insecticidas, herbicidas y plaguicidas en sus cultivos, también, en la práctica del uso en el encalado de suelos.

El cambio climático está llevando al aumento de las temperaturas y los nuevos patrones de lluvia, algo que está poniendo a las especies de café Arábica bajo amenaza. Hay cuatro especies principales: Arábica, Robusta, Excelsa y Libérica. Arábica es ampliamente considerada como la de mejor calidad, gracias a sus sabores aromáticos, por lo que atrae precios más altos. También representa aproximadamente el doble del mercado internacional del café.

El Arábica es más sensible a los aumentos de la temperatura, que reducen su crecimiento, capacidad de florecer, y la consiguiente capacidad de producir fruta. Necesita crecer a temperaturas más frías que las otras especies. Esto significa que generalmente se cultiva en altitudes más altas. A medida que el clima cambia, la tierra fértil disponible para Arábica disminuye. De hecho, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha pronosticado una disminución del 10 – 20 % en el rendimiento total de las cosechas para 2050. Además, las plagas que una vez encontraron las altas altitudes de las fincas arábicas demasiado frías para sobrevivir ahora pueden prosperar ahí y el Arábica es más sensible a estos que el Robusta (Muñoz , 2017).

Conocer la vulnerabilidad de un sistema al cambio climático es importante para poder diseñar una estrategia de adaptación. Dependiendo de los niveles de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, existen diferentes niveles de adaptación necesaria, es decir, diferentes medidas que se deberían implementar para que el sistema siga desarrollando sus funciones y en el caso de la cadena de valor, siga produciendo y comercializando café.

Los problemas que se han generado en la atmósfera y el medio, con la producción en masa y generación de residuos sólidos como también líquidos, la deficiencia en la calidad del agua, entre otros daños al medio ambiente, la suma de todos estos factores es el resultado del calentamiento global. Según Gandini et al. (2021): “El ambiente es el conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etc., que rodean a las personas”. (p. 2)

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera es el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación), los procesos de emisión y absorción están organizados por componentes del ecosistema:

Figura 1

Emisiones por componente

Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> • La biomasa de la planta, incluyendo las partes subterráneas y aéreas, es el principal conducto para la absorción de CO₂ procedente de la atmósfera.
Materia orgánica muerta	<ul style="list-style-type: none"> • La mayor parte de la producción de biomasa contenida en el material vivo de la planta, que se transfiere finalmente a las reservas de materia orgánica muerta (MOM) (madera muerta y hojarasca).
Suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la materia orgánica muerta se fragmenta y descompone, se transforma en materia orgánica del suelo. Adicionalmente, los suelos pueden ser fertilizados y modificados.
Ganado	<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas de producción animal, en concreto, aquellos en los que hay animales rumiantes pueden ser fuentes significativas de emisiones de gases de efecto invernadero.

Nota. Las emisiones por componentes presentado por la FAO, 2014, describen sobre cuatro emisiones por componente, ya sea, por medio de la biomasa, MOM, suelos y ganado.

La ecoeficiencia tiene sus orígenes en el concepto de desarrollo sustentable presentado en abril de 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente, en la Asamblea General de las Naciones Unidas. El resultado más importante de esta Comisión fue el reporte “Nuestro Futuro Común”, también llamado “Reporte Brundtland”, donde el desarrollo sustentable fue entendido como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de que generaciones futuras puedan satisfacer sus propias necesidades” (Rincon & Wellens, 2011). La gestión ecoeficiente cobra cada vez más importancia en el ámbito empresarial, perfilándose como una práctica efectiva que, basada en la prevención de la contaminación y la minimización del consumo de materiales, es capaz de lograr beneficios rentables. De allí, el creciente interés de organizaciones como la Comisión Europea (CE), el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), el World Resources Institute (WRI), la Global Reporting Initiative (GRI) y finalmente, el Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible (CLACDS/INCAE) (Ormeño & Ayala, 2016). Reducir los contaminantes en general que nosotros mismos la provocamos, ya sea directamente o indirectamente, es seguir con los acuerdos internacionales, los cuales son: Protocolo de Montreal, Protocolo de Kyoto, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), NRTEE (The National Round Table on the Environment and the Economy), Convenio de Brasilia, estos son unos de los acuerdos que está en avance y mejoramiento que ayudará a reducir los problemas a corto o a largo plazo. En este plano caben cinco dimensiones principales; el uso de los recursos naturales, agua, materias primas, uso del suelo, y energía.

Problema General

¿Cuál es el nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad?

Problemas Específicos

- ¿Es posible determinar la huella de carbono en la producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad?
- ¿Es posible determinar la huella hídrica en la producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad?

1.2. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

El estudio de ecoeficiencia en los últimos años se ha dado en muchos países, un caso de estudio en Paraíba – Brasil sobre la captación de dióxido de carbono de tres diferentes tipos de frijoles, con respecto a la hora de riego. Los ecótipos de frijoles expresaron variaciones en los intercambios gaseosos y en la eficiencia instantánea en el uso del agua, durante el día, bajo las condiciones edafoclimáticas del semiárido Paraíba. El ecotipo G2227 fue el que presentó las mejores respuestas fisiológicas, en cuanto a la asimilación de CO₂ y eficiencia en la carboxilación, de presentar menor variación en la eficiencia instantánea en el uso de agua, de las 9h a las 11h, evidenciando mejor adaptación a las condiciones del semiárido y potencialidad de cultivo (Barbosa de Brito, et al., 2012).

Sayago et al. (2014), realizaron un estudio para la elaborar lineamientos de acción orientados al logro óptimo de la ecoeficiencia en la empresa CVA CAFÉ C.A, en el estado de Lara - Venezuela. Los resultados obtenidos indicaron que en la empresa se lleva a cabo criterios y técnicas de ecoeficiencia moderadamente débiles en el área de producción. A partir de esos hallazgos se elaboraron lineamientos orientados al logro óptimo de la ecoeficiencia en la empresa CVA CAFÉ C.A., en el ciclo del producto. Finalmente se presentó un programa de Cultura Ambientalista para la Empresa CVA CAFÉ C.A; expresada en líneas de acción que ayudan a conocer los aspectos ambientales y sus impactos. (p. 1)

Georgopoulou et al. (2016), desarrollaron métricas de ecoeficiencia para medir el desempeño ambiental y económico de un sistema. El artículo presentado por los autores intenta explorar el uso de indicadores de ecoeficiencia en sistemas de uso del agua y, a través de ellos, evaluar el impacto de la tecnología innovadora en tales sistemas. La ecoeficiencia es expresada como la relación entre el indicador de desempeño económico y el desempeño ambiental. El enfoque propuesto fue aplicado a un sistema de uso de agua de la agricultura. sector, y más específicamente a la producción de cultivos de tomate en forma fresca en Phthiotida. Los análisis revelaron que los impactos ambientales más importantes del sistema son (a) emisiones de gases domésticos debido al consumo de energía, (b) liberación de sustancias tóxicas, debido al uso de fertilizantes y plaguicidas, y (c) agotamiento de los recursos de agua dulce.

Antecedentes Nacionales.

Beltrán (2020). En el Perú se ha industrializado la agricultura que ha generado un crecimiento en producción y en muy corto tiempo. En este proceso se han utilizados diferentes

insumos químicos y bioquímicos que han disminuido la calidad del suelo. El objetivo fue establecer si una relación existente entre el conocimiento ecológico tradicional y las conductas hacia la ecoeficiencia agrícola en la población dentro de la provincia de Junín, Perú. Formulando la hipótesis: existe una relación significativa entre el conocimiento ecológico tradicional y conductas hacia la ecoeficiencia agrícola en los pobladores de la provincia de Junín. La población estuvo conformada por pobladores de las 24 comunidades de la provincia de Junín, Perú. Los resultados obtenidos fue una relación significativa entre el conocimiento ecológico tradicional y las conductas hacia la ecoeficiencia agrícola en pobladores de Junín, con 0.05 de significancia y $\tau = 0.587$ y $Z (1.87) < Z (5.87)$. (p. 111)

Núñez (2017), presentó en su tesis una estimación de ecoeficiencia en edificios tradicional e inteligente, en el campus universitario de la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú). El instrumento de gestión ambiental utilizado fue la ecoeficiencia, a través de la cual se evaluó los parámetros ambientales de calidad del paisaje, emisión de ruido y residuos sólidos generados, así como los costos en los que incurre la operación y mantenimiento de los edificios, tales como servicio de limpieza y consumo de agua y energía eléctrica. Los resultados que se obtuvo en la ecoeficiencia respecto de la calidad del paisaje muestran que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica (CIA) es más ecoeficiente que la Biblioteca Central. Respecto de los niveles de presión sonora emitidos en ambos edificios, la Biblioteca Central es más ecoeficiente que la biblioteca del Complejo de Innovación Académica.

Delgado et al. (2020). Los autores publicaron sobre los recursos hídricos que se ven afectados por las variaciones climáticas, en particular por la magnitud y distribución de precipitaciones, aumento de temperatura y mayor probabilidad de ocurrencia de eventos extremos.

La huella hídrica es un indicador que expresa el uso de agua tanto en su uso directo, como indirecto y para su cálculo se empleó el software CROPWAT 8.0 y la base de datos CLIMWAT 2.0. Se estimó que la huella hídrica total de los cultivos estudiados en $m^3 \cdot ton^{-1}$ de producto generado es de 156, 1 124 y 891 para la caña de azúcar, el arroz y el maíz respectivamente; con una contribución de la huella verde en 1.6%, 0.7% y 3.4%. El cultivo con mayor huella es el arroz y la caña de azúcar tiene la menor huella hídrica, explicado por altos rendimiento en biomasa. Con base en la cantidad de agua requerida por superficie cultivada, se aprecia que la caña de azúcar es el cultivo con mayor consumo, al requerir $16\ 000\ m^3 \cdot ha^{-1}$, el arroz y el maíz solo requieren $9\ 000$ y $6\ 000\ m^3 \cdot ha^{-1}$ de agua respectivamente. Se determinó que la eficiencia del arroz es $3.24\ m^3 \cdot ton^{-1}$ de agua por volumen producido. La comisión de Morrope presenta una mejor relación entre volumen de producción y volumen de agua, con ratios de 2.57 y 2.52 en comparación con el resto, que tienen valores de 1.25 y 1.21 para el arroz y el maíz, respectivamente.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Identificar el nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino en los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad.

Objetivo Específico

- Determinar la huella de carbono en condiciones de producción de café pergamino de los caficultores en la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad.

- Determinar huella hídrica en condiciones de producción de café pergamino de los caficultores en la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad.

1.4. Justificación

En la actualidad el factor agrícola es uno de los principales motores de desarrollo del país y es también una de las actividades que genera más ingresos como también impactos al ambiente. Cajamarca es una región que cuenta con un buen desempeño en la agricultura y la ganadería, y esto ha aumentado relativamente. El café en Cajamarca es uno de sus principales actividades exportadoras que cuenta con una superficie cosechada de 64,908 hectáreas (ha) y equivale al 14.81% a nivel nacional, es uno de los productores con mayor exportación de café.

La agricultura contribuye al desarrollo sostenible en el medio rural, también aporta varios beneficios ambientales, como evitar la desertificación, son emisores de oxígeno, ayuda a regular el clima y la hidrología, además que actúa como sumideros de CO₂ (dióxido de carbono), por estas razones se considera como un sector estratégico (Ruiz, 2014).

Esta investigación se fundamenta por cuanto pretende abocarse a la medición de los impactos que genera en la producción café pergamino de los caficultores, en la zona norte del departamento de Cajamarca, con esto poder promover un mejor manejo de los recursos, reduciendo la generación de impactos ambientales posibles puesto que la ecoeficiencia fomenta la innovación y con ello el crecimiento y competitividad, de tal manera no afecte a las generaciones futuras.

El marco político, legal e institucional para que los servicios ambientales tengan un valor reconocido y el peso específico que merecen como medios para el desarrollo. Merece destacar el

desempeño del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), a través de sus Direcciones Generales Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS) y de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA), el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMCHCS) hoy AgroRural, y la actual Autoridad Nacional del Agua (ANA) (Llerena & Yalle, 2014).

El resultado de esta investigación estimará la huella de carbono e hídrica con su nivel de ecoeficiencia en la producción de café pergamino de los caficultores de la “Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad”.

1.5. Hipótesis

Hipótesis General.

El nivel de ecoeficiencia realizado mediante las Actividades de producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad es óptimo

Hipótesis Específicas.

- Si se determina las actividades de producción de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad, será posible determinar la huella de carbono en la producción de café pergamino.
- Si se determina las actividades de producción de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad, será posible determinar la huella de hídrica en producción de café pergamino.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Región Cajamarca

Cajamarca se encuentra ubicado en la zona norte del país y abarca una superficie de 33,318 Km² (kilómetros cuadrados). El departamento de Cajamarca fue creado el 11 de febrero de 1855 y se encuentra políticamente constituido por 13 provincias: Cajabamba, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Cutervo, Hualgayoc, Jaén, San Ignacio, San Marcos, San Miguel, San Pablo y Santa Cruz, y por 127 distritos, siendo su capital la ciudad de Cajamarca, ubicada a 2750 m.s.n.m. (distante a 856 km de Lima). Las actividades más importantes de la economía departamental, según la estructura productiva son algunos sectores como agricultura, ganadería, caza y silvicultura, administración pública y defensa, construcción, así como extracción de petróleo, gas y minerales.

Cajamarca comprende dos regiones naturales la cuales son sierra y selva, y es predominante la primera. La altura de la región Cajamarca oscila entre los 400 m.s.n.m. (distrito de Choros - provincia de Cutervo) y los 3 550 m.s.n.m. (distrito Chaván - provincia de Chota), por ello tiene una gran variedad de productos agrícolas, que en el caso de las provincias de Jaén y San Ignacio están a 729 m.s.n.m. y 1324 m.s.n.m. respectivamente, estas dos ultimas provincias hace favorable las condiciones climáticas para la siembra de la planta de café.

El clima del departamento es variado, frío en las alturas andinas, templado en los valles y cálido en las quebradas y los márgenes del río Marañón. Las principales cuencas hidrográficas son: Marañón, conformada por los ríos Chinchipe, Chamaya, Llancano, Lunyhuy, Llanguat y

Crisnejas principalmente; y la cuenca del Pacífico, conformada por los ríos Sangarará, Chancay, Saña, Chilete – Tembladera (afluentes del Jequetepeque), Chicama y otros.

2.1.1. Distrito de Chirinos

El distrito de Chirinos es uno de los siete distritos de la provincia de San Ignacio en el departamento de Cajamarca, bajo la administración del Gobierno regional de Cajamarca, en el Perú. Su actividad principal es el cultivo de café, siendo considerado entre uno de los mejores cafés del mundo por su gran calidad tanto en sabor, aroma y rendimiento en tasa; además se dedica al cultivo de arroz y ganado vacuno en las zonas del valle y también al cultivo de frutas como la granadilla, naranja, lima, piña, plátano y otros. Su capital es el poblado de Chirinos que se encuentra a 1850 m.s.n.m., y según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) cuenta con 15,974 habitantes. Está políticamente conformado por 3 centros poblados (Las Pirias, Perico y Tamborapa) y 65 caseríos.

2.2. Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad

La Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, fue creada el 28 de febrero de 1968 por un grupo de pequeños agricultores con el objetivo de contribuir a una caficultura sostenible y competitiva, se encuentra el distrito de Chirinos, San Ignacio – Cajamarca. Conformada por más de 800 socios, la cooperativa ha mantenido los más altos estándares de calidad en la producción y postcosecha de sus granos de café. La Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad cuenta con varios socios y/o productores en las provincias de Jaén y de san Ignacio. La calidad del café es una de las principales características de la cultura organizacional de la cooperativa, principio en el cual también están comprometidos técnicos y personal administrativo para garantizar la transparencia

en la trazabilidad y generar la confianza en el asociado para seguir creciendo y contribuyendo al desarrollo económico, social y medioambiental donde la cooperativa tiene influencia. La cooperativa cuenta con una prima de “Comercio Justo” la que se ha convertido en una importante herramienta para la mayor producción de café de calidad lo que les genera mayores ingresos económicos que redunda en beneficio de los agricultores y sus familias.

Figura 2

Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad



Nota. En la figura de observa el logo de la cooperativa.

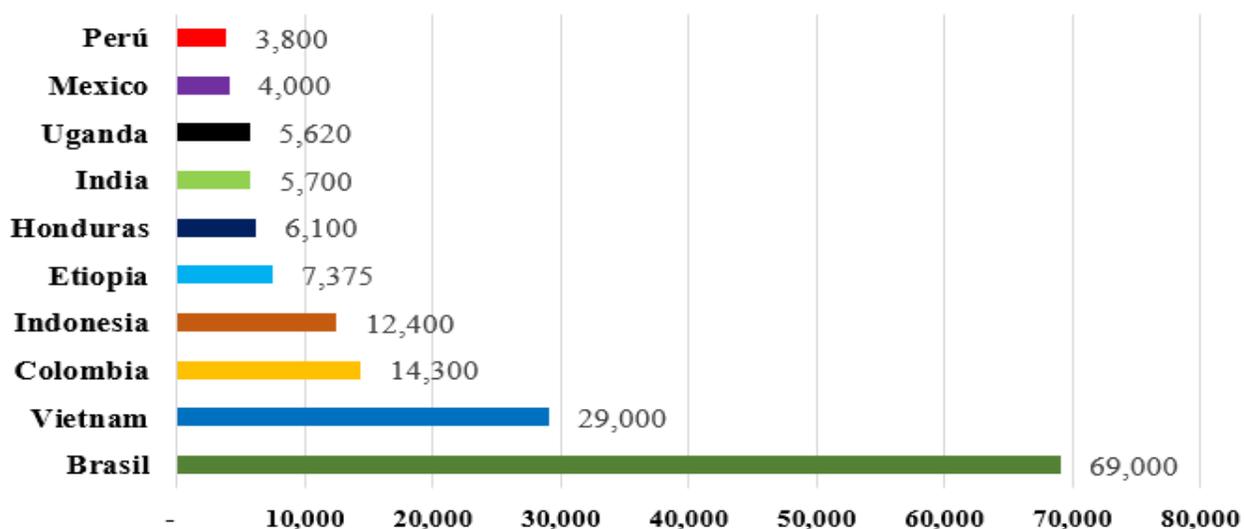
2.3. Café en el Perú

El Perú es el décimo país exportador de café a nivel mundial. El café, no solo lidera las exportaciones agrícolas sino está dentro de los 10 principales productos de exportación, después de algunos minerales, petróleo, gas natural, harina de pescado, entre otros. Las exportaciones de café en el año 2020 fueron de 648.2 millones de dólares y sus principales destinos fueron Estados Unidos, Alemania, Bélgica y España.

El Perú posee 425,416 hectáreas dedicadas al cultivo de café las cuales representan 6% del área agrícola nacional. Las plantaciones de café están instaladas en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos. En la actualidad, 223,482 familias de pequeños productores están involucrados con la producción de café a nivel nacional y el 95% de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos del producto (MIDAGRI, 2020).

Figura 3

Principales productores de café a nivel mundial – 2020



Nota. En la figura se observa los principales países productores de café en el año 2020, se recopiló de la fuente de Statista, 2020, en el eje “y” se describen los países y en el eje “x” se describe en relación al total de miles de bolsas de 60 kilogramos.

2.3.1. Proceso Productivo del Café

El clima de la selva tropical, área donde se cultiva el café, es variable según cafetaleras, debido a la combinación de diversos factores; entre los cuales tenemos, altitud, precipitación,

radiación solar, y las características químicas como el pH, materia orgánica (M.O) y los elementos minerales como nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, etc. Los factores climáticos considerados como los más determinantes para un buen desarrollo de las plantaciones de café son la temperatura y la precipitación. Los suelos de selva presentan características físicas adecuadas para fomentar la agricultura tropical, estas son: profundidad, textura, estructura.

Tabla 1

Taxonomía del café

Fruta/Tax.	Café				
División	Magnoliophyta				
Clase	Magnoliopsida				
Orden	Gentianales				
Familia	Rubiáceas				
Genero	Coffea				
Especie	Coffea Libérica	Coffea Canephora (Robusta)	Coffea Arábica	Coffea Eugenoides	Coffea Anthonyi

Nota. Elaboración propia, en la tabla se puede identificar los niveles del café, en donde se describe hasta 5 especies. Tax = taxonomía.

Las temperaturas medias exigidas para un mejor crecimiento y desarrollo de las variedades de café cultivado, están en el rango de 18 a 22°C, este factor climático incide en el desarrollo fenológico del cultivo de manera general. El contenido de MO (materia orgánica) de los suelos debe estar entre 2 y 4%. El pH debe estar entre 4,5 – 5,5.

El comportamiento de la precipitación (principales lluvias) redonda su importancia por ser la fuente de abastecimiento de agua para la humedad del suelo. Es importante que las precipitaciones tengan una buena distribución para satisfacer los requerimientos de agua de la

planta en las etapas de floración. Llenando de grano y cosecha. La cantidad requerida por el café para un buen crecimiento y desarrollo es de 1 600 a 1 800 mm/año (MINAGRI, 2019).

Las plantas de café producen la primera cosecha de rendimiento pleno aproximadamente a los cinco años de edad. Para la obtención del café pergamino, se realiza mediante dos métodos, el método húmedo y el método seco. El primer método consiste el ablandamiento de las cerezas de café con agua, eliminación mecánica de la pulpa, fermentación en depósitos, lavado y secado del café. El método seco, que suele reservarse para las semillas recolectadas de la segunda forma, se reduce a secar el grano y eliminar las envolturas externas. En la figura 4, se detalla el proceso que generalmente siguen los caficultores.

Figura 4

Proceso productivo del café

Instalación y Siembra

- **Germinador:** La semilla debe de estar disponible 8 meses antes del trasplante al campo definitivamente, de los cuales 2 meses corresponden al proceso de germinación y los 6 restantes al almácigo.
- **Almácigo:** Su finalidad es el desarrollo adecuado y la selección de las plántulas para el cultivo, este proceso es indispensable porque asegura la buena selección del material.
- **Preparación del Terreno y Siembra:** El suelo constituye un recurso el cual se debe de aprovechar adecuadamente, el cual se basa en un buen trazado para así no desperdiciar espacios y acomodar el número mayor de árboles por unidad de superficie.

Sigue...

Cultivo

- **Manejo de Arvenses:** Esta actividad permite la conservación del recurso del suelo, los sistemas de deshierbo tradicionales de los agricultores es desnudar totalmente los suelos.
- **Fertilización:** Esta práctica contribuye a un crecimiento óptimo y lograr su máximo potencial del cultivo de café y sin deterioro del medio ambiente, esta labor puede realizarse mediante un plan de abonamiento o la racionalización de los fertilizantes, pero siempre complementado con adicionar material orgánico.
- **Control de Plagas:** Dentro de los controles utilizados para el manejo de plagas en café se encuentran el biológico, el cultural, el legal, el mecánico, el natural y el químico.
- **Poda:** Cuando el árbol de café va terminando su vida útil productiva, es necesario intervenir su crecimiento para así recuperar su capacidad de producción, a partir de nuevas ramas y nudos, a esta intervención se le llama PODA, esta recupera y normaliza la cosecha, mejora la calidad del grano y facilitar su recolección.

Cosecha

- Para la especie arábica ocurre de 6 a 8 meses después de la floración, y para la especie robusta entre 9 a 11 meses después de la floración. Es un proceso largo y minucioso que consiste en la recolección de los frutos maduros del cafeto uno a uno. Primero los frutos del cafeto maduran hasta que alcancen un color rojizo y luego los recolectores repasan los cafetos y recogen una a una los frutos maduros; así, el proceso se repite hasta que todas están maduras completamente.

Post-Cosecha

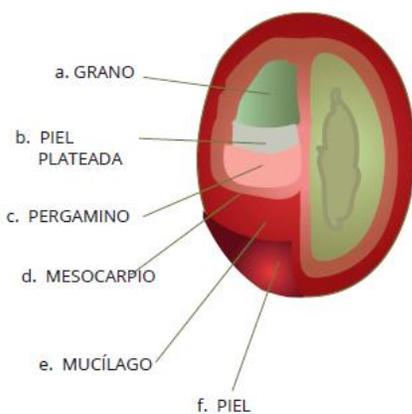
- **Despulpado:** El despulpado consiste en eliminar la pulpa del café cosechado, y se debe de realizar en seco, pues se ha comprobado que se puede despulpar el café sin agua, sin afectar la capacidad del proceso y la calidad de los granos. Esta práctica evita la contaminación producida en un 72%.
- **Fermentación:** En este proceso básicamente las lavaduras y las bacterias de mucilago mediante sus enzimas naturales oxidan parcialmente los azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácido, láctico, ácido acético y dióxido de carbono. También se degradan los líquidos de mucilago de café y cambian el color, el olor, la densidad, la acidez, el PH, los ácidos solubles, la temperatura y la composición química y microbiana de ese sustrato.
- **Lavado:** Se hace con agua limpia, eliminando la miel que queda adherida al pergamino por el medio de la inmersión, dispositivos como el hidrociclón, permiten alcanzar mayor eficiencia en este sentido.
- **Secado:** Este proceso consiste en la disminución de la humedad del café entre el 10% y 12% para su comercialización. El secado se puede realizar mediante un proceso natural o artificial, lo cual dependerá de la cantidad de producción y del área disponible. El proceso natural se hace con la energía solar para lo cual se utilizan carros secadores o marquesinas, entre otras estructuras, con el fin de exponer los granos a la radiación solar y el viento, y para el proceso artificial se usan secadoras con diferentes tipos de combustible.

Nota. Se presenta los procesos productivos del café, según sus 4 procesos principales, la figura fue descrita por Zapata Ruiz, 2020, pp. 34-37.

El proceso de post-cosecha comienza tan pronto como las cerezas de café han sido cosechadas. Cada grano tiene una piel exterior (exocarpio) que envuelve una sustancia dulce y pulposa (mesocarpio). El mucílago y el pergamino se encuentran debajo de la pulpa, y el grano está cubierto por una delicada y translúcida membrana (figura 5). Uno de los procesos más comunes a nivel mundial se llama procesamiento post-cosecha en seco. El procesamiento húmedo incluye la recepción de las cerezas, el despulpado, la eliminación del mucílago, el lavado, el secado y el almacenamiento de los granos de café (Gmünder, et al., 2020, p. 41).

Figura 5

Composición de la cereza del café



Nota. La cereza es el fruto del arbusto de café, la composición de la cereza fue obtenida de Mantilla, 2006.

2.4. Ecoeficiencia en la Producción

La metodología empleada para la ecoeficiencia en la producción puede ser una evaluación ambiental de los escenarios mediante el análisis de Ciclo de Vida (LCA). La definición del marco del estudio implica los siguientes pasos:

A) Identificación del sistema o sistemas y caracterización de los escenarios a evaluar. En los procesos agrarios, el sistema de producción determina las prácticas agrícolas a realizar, pudiéndose considerar por tanto distintos escenarios de producción.

B) Definición de la unidad funcional. La unidad funcional es la unidad de referencia a utilizar en el estudio y refleja la función principal producida por el sistema productivo.

C) Definición de los límites del sistema. Es la definición clara de qué es lo que se incluye en el mismo y qué es lo que queda fuera. De acuerdo con los objetivos del estudio se puede decidir incluir sólo el proceso productivo en sí (prácticas agrícolas) o también otras etapas como la producción o extracción de materias primas (fabricación de fertilizantes) (Ribal et al., 2009).

2.4.1. Ciclo de Vida

El procedimiento de asignación es una práctica para distribuir las cargas ambientales entre los productos o procesos. Se pueden encontrar diferentes enfoques metodológicos, pero la norma ISO 14041 indica que la expansión del sistema, incluidas las funciones de los coproductos, es preferible a la división de las cargas ambientales entre los sistemas.

Las cargas ambientales de los sistemas multifuncionales se pueden dividir de acuerdo con diferentes factores, como el equilibrio económico o de masas. La asignación es uno de los temas más controvertidos en la metodología de ACV (análisis del ciclo de vida) (Sierra, 2016).

Tabla 2

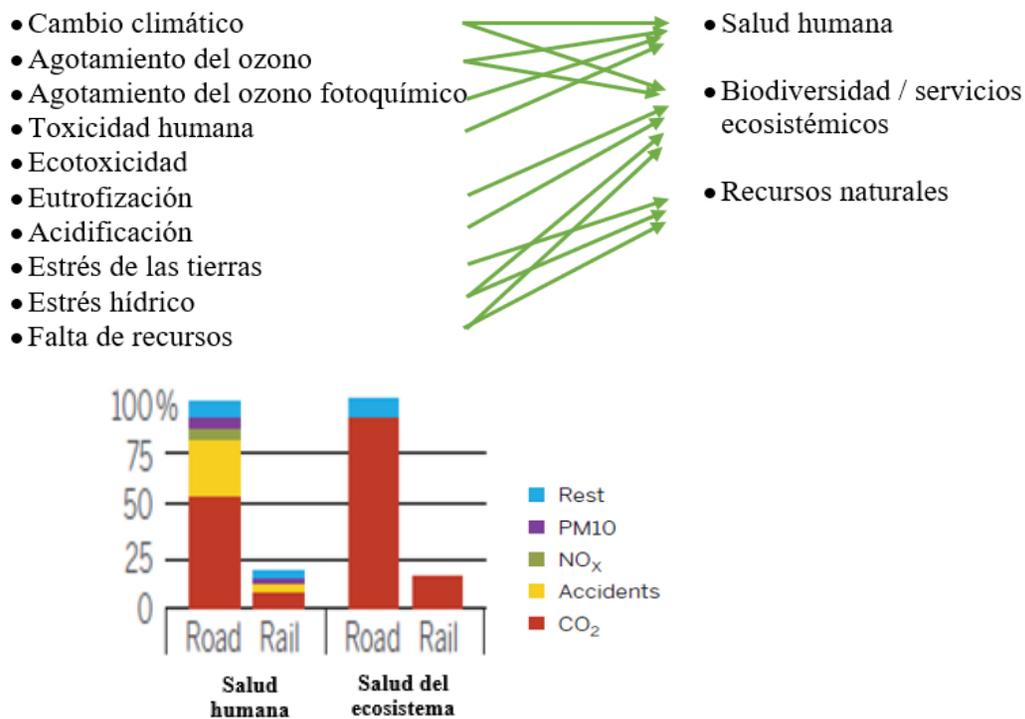
Tabla de inventario para un estudio LCA

INPUTS			
Desde la tecnosfera.		De la naturaleza	
Tipo	Cantidad (unidades)	Tipo	Cantidad (unidades)
Materiales	kg/UF	Agua	l/UF
Combustibles	kg/UF (MJ/UF)	Minerales	kg/UF
Energía	MJ/UF	Biomasa	kg/UF
Transportes	km/UF		
Agua			
OUTPUTS			
A la tecnosfera		De la naturaleza	
Tipo	Cantidad (unidades)	Tipo	Cantidad (unidades)
Producto	Unidades / UF (kg / UF)	Emisiones al aire	kg/UF
Co-productos	Unidades / UF (kg / UF)	Emisiones al agua	kg/UF
Subproductos	Unidades / UF (kg / UF)	Emisiones al suelo	kg/UF
Residuos para el tratamiento	kg/UF		

Nota. Los datos del inventario se recolectan típicamente por medio de cuestionarios de encuesta, que luego de ser validados, se transforman y adaptan a la UF (unidad funcional). Esto ayuda a facilitar la estructuración y el almacenamiento de la información. La tabla fue adaptada de “ejemplo de una tabla de inventario para un estudio de LCA” (p. 66), por Sierra, 2016, Unisersitat Autònoma de Barcelona [Tesis Doctoral].

Figura 6

Evaluación del impacto del ciclo de vida



Nota. En la figura se hace una comparación del transporte por carretera y ferroviario para una cadena de transporte. Resultados ejemplares de evaluación de inventario e impacto para tres emisiones y dos categorías de daños, normalizados para carreteras transporte. Adaptado de “Las cuatro fases de LCA para el ejemplo del transporte de carga” (p. 1110), por Hellweg & Canals, 2015, Revista Science, 344.

La categorización de las emisiones de una organización se puede definir de acuerdo a los alcances de estos. Los alcances pueden ser, alcance 1 que va muy relacionado a las actividades de la empresa que pueden generar la producción de gases de efecto invernadero o en este caso la emisión directa de GEI como por ejemplo aplicación de fertilizantes o el uso de consumo de

combustibles fósiles usados en vehículos propios, mientras el alcance 2 y el alcance 3 se pueden definir como emisiones indirectas estas emisiones no están controladas por la compañía pero en el caso del alcance 2 solo se ve influenciada por el consumo de energía eléctrica (Vallejo et al., 2017).

2.4.1.1. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida. Fase de la Evaluación de Ciclo de Vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo vida (ISO 14040). Además, cuantifica de una manera más clara los efectos ambientales, ya sea directa o indirectamente, en la producción de la unidad funcional. Los efectos ambientales es un efecto negativo de un sistema, donde se considera las emisiones de GEI.

2.5. Uso Eficiente de la Materia Prima

En la actualidad el manejo adecuado de los residuos sólidos generado por las actividades productivas representa varios problemas en el medio ambiente, ya que, si no tienen un manejo adecuado de los mismos e igualmente una mínima reutilización de los mismos en casos más graves se dispone por cualquier parte originando focos de infecciones.

Frente a estas problemáticas el reciclaje se muestra como una alternativa efectiva para disminuir los impactos de la producción de residuos, además de disminuir la utilización de materia prima para su nueva producción al reutilizar materiales. Para las emisiones basadas en el uso del suelo. Saynes et al. (2016) afirman que:

El suelo es el principal almacén de carbono (C) en los ecosistemas terrestres, ya que el carbono orgánico en el suelo (COS), a un 1 m de profundidad, es de 1500 Pg, tres veces mayor que el almacén de C en la vegetación (550 Pg C) y dos veces mayor que el

atmosférico (760 Pg). La conversión de bosques a usos agrícolas (deforestación) y la degradación de los bosques emiten 17.4% de las emisiones GEI a escala global. (p. 85).

2.6. Uso Eficiente de Agua

El agua es otro de los insumos principales de los procesos productivos. Es también un recurso escaso por el cual compiten los diferentes usuarios, el agua no es un criterio completamente objetivo, pero está socialmente definido y depende del uso que se le piense dar al líquido, en tanto, su uso requiere un determinado estándar de calidad; es por ello que para evaluar la calidad del agua se debe ubicar en el contexto del uso probable que tendrá (Sayago et al., 2014).

La vertiente ambiental de la sostenibilidad del regadío pasa por la conservación de los recursos naturales que le son esenciales el suelo, el agua y la energía y también de la biodiversidad. El recurso hídrico es, por supuesto, el más crítico de los factores de producción en regadío, pero no puede olvidarse que los tres recursos son inseparables en lo que se refiere a la conservación, tanto en la disponibilidad cuantitativa, como en la calidad, que puede, por su parte, limitar la disponibilidad cuantitativa (Braz-Tangerino et al., 2014)

Básicamente hay cinco métodos de riego: A) Riego de superficie, que cubre toda la superficie cultivada o casi toda. B) Riego por aspersión, que imita a la lluvia. C) Riego por goteo, que aplica el agua gota a gota solamente sobre el suelo que afecta a la zona radicular. D) Riego subterráneo de la zona radicular, mediante contenedores porosos o tubos instalados en el suelo. E) Subirrigación, si el nivel freático se eleva suficientemente para humedecer la zona radicular.

El uso eficiente del agua en la agricultura es de tal manera saber cuánto se debe gastar y cuanto se puede obtener en unidades de producción, de tal manera que, podamos utilizar el agua, ya que es uno de los problemas significativos que se debe tomar en cuenta dentro de cualquier operación.

2.6.1. Huella Hídrica

El uso de agua se mide en términos del volumen de agua consumido (evaporado) y/o contaminado por unidad de tiempo (m^3/kg para la producción de bienes y en $m^3/año$ para el consumo de individuos o comunidades). La huella hídrica es un indicador geográficamente explícito pues no sólo muestra los volúmenes de agua usados y contaminados, sino también las ubicaciones.

Un país limitado en su disponibilidad de recursos hídricos podría decidir utilizar estos de otra forma, en lugar de su aplicación a la agricultura o a cultivos que consumen mucha agua o decidir importarlos y ahorrar el agua de su territorio para destinarla hacia otras producciones o al consumo doméstico o industrial, pretendiendo hacer un uso económico más eficiente del recurso. Por ello, la restricción y los problemas vinculados a la escasez de agua en el mundo para la agricultura y la seguridad alimentaria alertan sobre futuros problemas en el uso eficiente del recurso (Pengue, 2015).

Desde hace unos veinte años se comenzó a aludir al agua de los ríos, lagos y acuíferos como agua azul. Esta es la parte del ciclo hidrológico que los seres humanos han tratado de modificar para su provecho mediante la construcción de estructuras más o menos convencionales, fundamentalmente canales y presas. El agua verde es la que queda empapando el suelo, a veces se

llama también agua del suelo o agua de la zona no saturada. Esta agua del suelo es la que permite la existencia de la vegetación natural (bosques, praderas, matorral, tundra, etc.) así como los cultivos de secano (Llamas, 2005, p. 3).

Tabla 3

Huella hídrica nacional

HH nacional (hm³/año)	HH verde	HH azul	HH gris	HH total
HH de producción	12 447	9 403	4 482	26 332
HH de exportación	3 279	1 616	519	5 414
HH de importación	9 542	572	1 145	11 259

Nota. En la tabla, se presentan los volúmenes de huella hídrica verde, azul y gris que componen la huella hídrica nacional en materia de producción y comercio (importación y exportación), adaptado de “Huella hídrica nacional del Perú” (p. 11), por Sevilla, 2015.

2.6.2. Retiro de Agua

El uso real del agua en los balances anuales de agua está cambiando respecto a los patrones de cultivo y las intensidades de cultivo cambian y cambio, a veces en respuesta a los recursos hídricos disponibles. Por lo tanto, una imagen global consistente de las extracciones de agua y el uso consuntivo en la agricultura de regadío no se puede obtener sin alguna referencia a estimaciones modeladas (Hoogeveen et al., 2015).

Los datos de retiro de agua se recogen de diversas fuentes. Las extracciones de agua del sector agrícola se extraen del boletín anual de recursos hídricos de cada provincia. Solo las

extracciones de agua azul (es decir, las extracciones de agua fresca superficial y subterránea) se incluyen en estas estadísticas. No incluye agua verde (es decir, la precipitación almacenada en el suelo) en este estudio, porque el agua verde generalmente no está sujeta a un uso competitivo (Chao y Diaz, 2014, p. 160).

2.6.3. Agua Virtual.

Es la cantidad total de agua que se requiere para la obtención de un producto ya sea en el cultivo, el crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y ventas de los productos. Se le denomina "agua virtual" porque el agua no está presente en el producto final. A cada producto agrícola o industrial se le puede calcular el contenido de agua virtual. Es por eso que el comercio de agua virtual permite obtener una económica seguridad hídrica en los países con escasez de agua.

Por lo tanto, los conceptos de "huella hídrica" y "agua virtual" están estrictamente relacionados. A través de la importación de alimentos y ciertos productos que de otra manera consumen grandes cantidades de agua, como productos agrícolas y ganaderos, países afectados por la escasez de agua podría aliviar este problema. América del Norte y del Sur y el sur de Asia son importantes exportadores de agua virtual neta (Mancosu et al., 2014). Para relacionar los productos importados y exportados con la cantidad de agua requerida en su producción, se utilizarán índices de demanda de agua en metros cúbicos por unidad producida (Marengo, 2007).

2.7. Huella de Carbono

La huella por ocupación de espacio se obtiene directamente y la huella de los recursos naturales, a partir de la productividad natural. La huella se ofrece desglosada en "energía fósil",

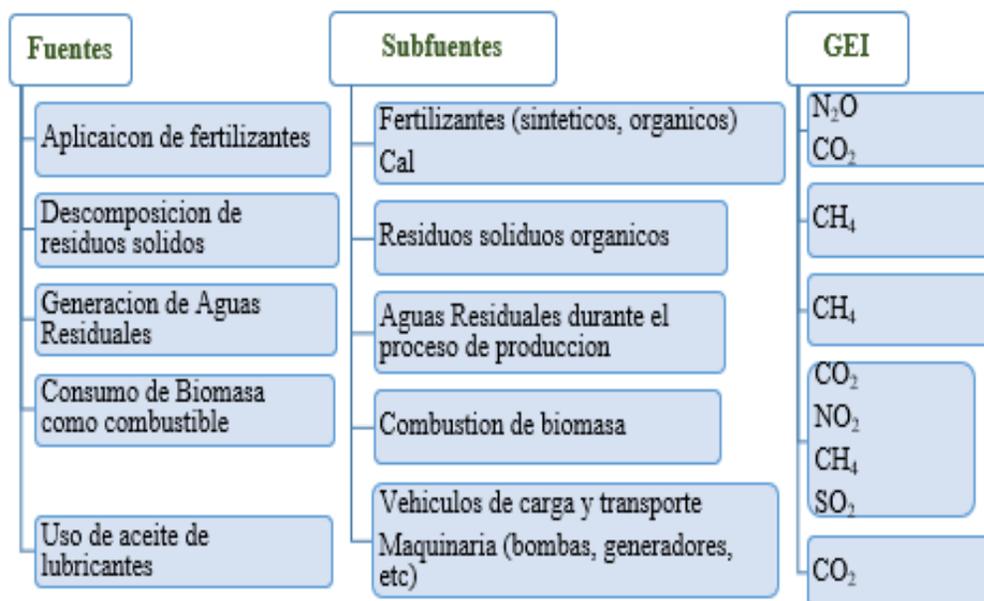
"tierra cultivable", "pastos", "bosque", "terreno construido" y "mar". Cada una de estas huellas parciales se multiplica por un factor de equivalencia, con el fin de unificar los diferentes tipos de superficies, el cual viene a representar la capacidad relativa para producir biomasa (Doménech & Arenales, 2008). Los gases de efecto invernadero (GEI) principalmente es por las actividades humanas, conocida como huella de carbono. Esta huella es un indicador ambiental que puede medir las emisiones directas e indirectas, como se observan en la figura 7. La huella ecológica corporativa es una adaptación de la huella ecológica clásica (aplicada a territorios), que permite a cualquier empresa u organización medir todo su impacto ambiental expresado en hectáreas de superficie productiva o en emisiones equivalentes de carbono.

En el ámbito actual ha generado una de las preguntas más importantes por desarrollar y mejorar el secuestro o la captura de carbono, siendo esto mediante la innovación dentro de la industria o implementar una estrategia dentro de los cultivos, obteniéndose un resultado y aplicación de cuál de los cultivos tiene mayor captura de carbono y con esto reducir de manera significativa el impacto del GEI.

La agricultura usa alrededor del 70% de agua dulce disponible y genera 30- 35% de las emisiones globales de “Gases de Efecto Invernadero” (GEI). Sin embargo, los agroecosistemas también pueden reducir las emisiones mediante buenas prácticas, como conservar los residuos de cosecha, reduciendo la labranza y también con la introducen cultivos de cobertura (abonos verdes). Estos impactos ambientales se derivan de procesos de expansión, cuando los ecosistemas naturales son reemplazados por cultivos y pastizales, y por procesos de intensificación que conducen al uso de irrigación, fertilizantes, pesticidas y labranza (Saynes et al., 2016).

Figura 7

Fuentes de emisión en la producción agrícola



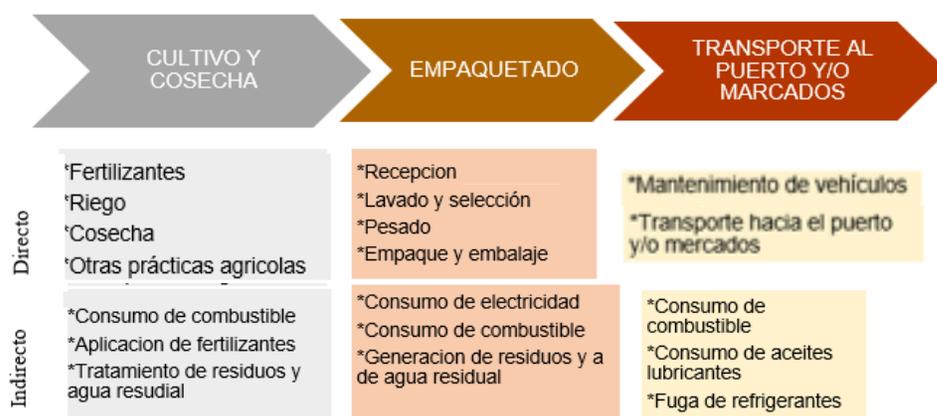
Nota. Las fuentes de emisión más importantes en las etapas de producción se detallan en la figura. Cada fuente puede tener varios orígenes de emisiones (o subfuentes que lo producen), que estarán asociados a diferentes tipos de GEI. Adaptado de “Principales fuentes de emisión en una compañía bananera” (p. 22), por Vallejo et al., 2017.

La agricultura se enfrenta a grandes desafíos con el cambio climático, en términos de impactos negativos en la productividad, generando los llamados GEI (gases de efecto invernadero). Para minimizar estos impactos se debe tener una mejor información a nivel nacional sobre las emisiones de la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, esto ayudaría a los países a identificar oportunidades para reducirlas, al mismo tiempo alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria, resiliencia y desarrollo rural y conseguir acceso a la financiación mundial para su implementación (FAO, 2018). Para Ruiz Carrera (2014): “La agricultura es un sector estratégico

básico para la producción de alimentos, pero al mismo tiempo es un sector multifuncional que gracias a sus activos contribuyen al desarrollo sostenible en el medio rural y aporta a destacados benéficos ambientales” (p. 13).

Figura 8

Cadena de valor del café, emisión directa e indirecta



Nota. La figura enfoca el impacto que se puede generar en las fases de la cadena de valor del café hasta la exportación y/o mercados, donde será comercializado. Adaptado de “Etapas de la cadena del valor del banano incluidas en la guía” (p. 17), por Vallejo et.al, 2017.

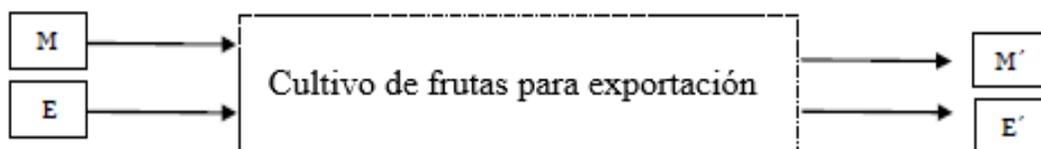
III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

El análisis para el desarrollo de esta tesis se centró principalmente en la producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, que es el eslabón primario de producción y de los recursos utilizados, por lo tanto, se proporciona un método analítico con un fundamento científico. El diseño es no-experimental y transeccional por que la recolección de datos se hará en un solo momento y en tiempo único para la toma de decisión.

Figura 9

Modelo básico LCA



Nota. Para comprender los límites se ha considerado a la hora de modelar la captura de carbono, así como para estimar la huella hídrica, esto quiere decir que no es la totalidad de la cadena productiva. Adaptado de “Sistema de cultivo de frutas para exportación (modelo básico)” (p. 13), por Dueñas et al., 2018.

Según Huppel e Ishikawa (2005): “Distinguimos dos tipos principales de ecoeficiencia: la productividad ambiental y su inversa, la intensidad ambiental de la producción, en referencia al ámbito de la producción. La segunda pareja, costo de mejora ambiental y su inversa, rentabilidad ambiental, se definen a partir de unas medidas de mejora ambiental” (p. 47).

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

Limitación Temporal

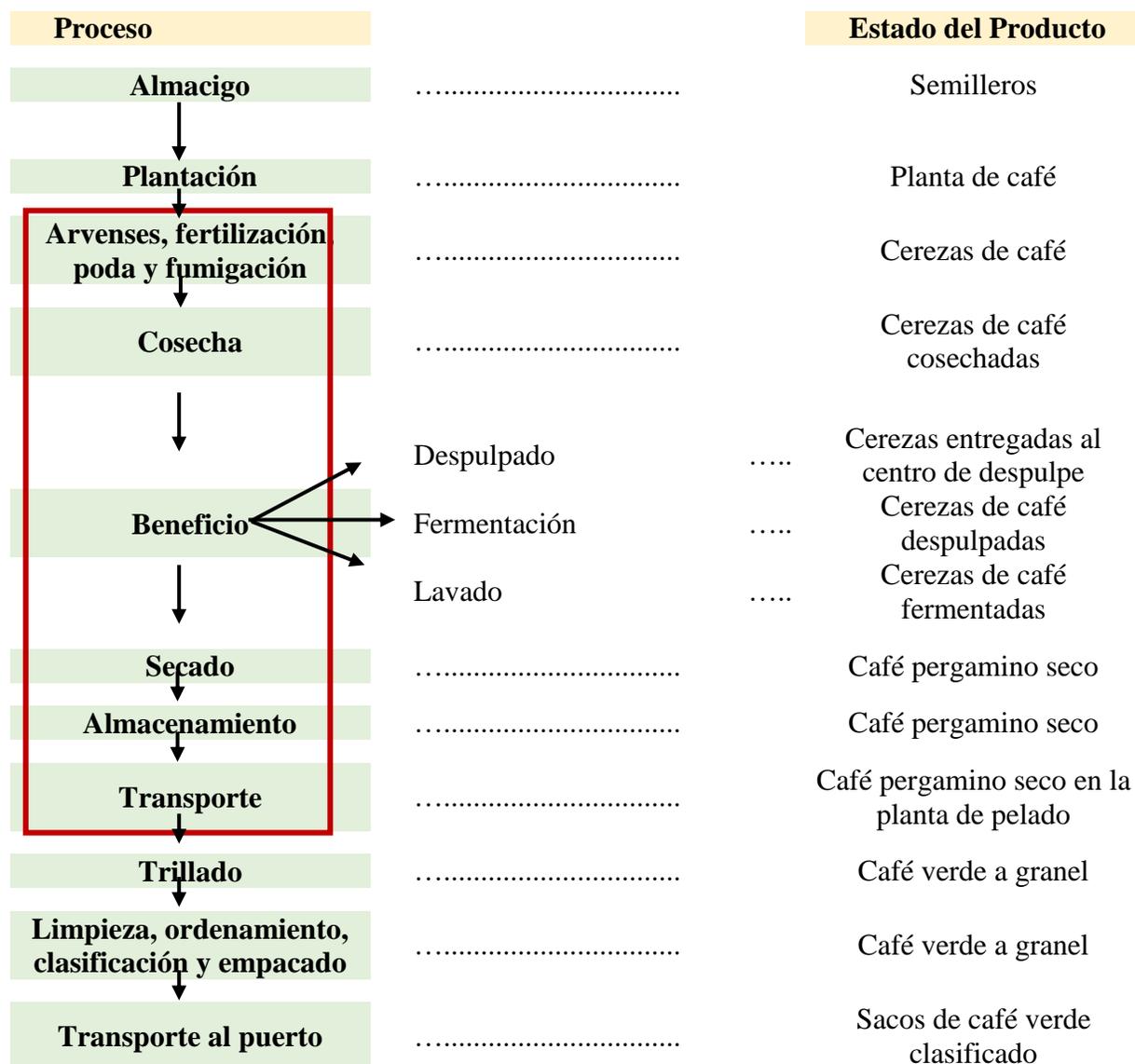
La presente tesis es un estudio que realizó mediante los datos obtenidos del MINAGRI, SENAMI y la data general presentada por la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad del año 2019 y 2020.

Limitación Espacial

La presente tesis se realizó en el Distrito de Chirinos, Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, en los cultivos de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. El límite del estudio es de la cuna a la puerta (desde el manejo de campo en la producción del café pergamino, hasta llevarlo a la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad).

Figura 10

Flujo del café



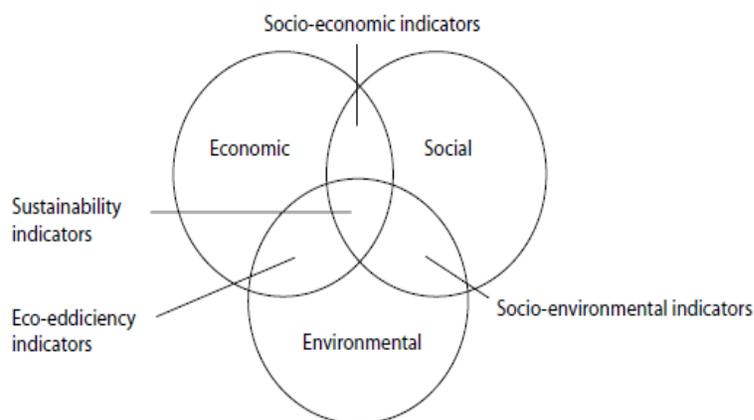
Nota. La figura fue presentada por Wilches Cifuentes (2014), en donde se tomó de ejemplo para presentar el límite de estudio, donde incluye los procesos del manejo de cultivo hasta el transporte hacia la cooperativa.

3.3. Variables

Como una forma de contribuir al tema ha desarrollado un programa para promover formas de medir la ecoeficiencia, y la finalidad de que sirvan como mecanismo de seguimiento del impacto ambiental, comunicación de su impacto ambiental y planeamiento de la actuación futura, así como proponer medidas de mejora y determinar objetivos ambientales cuantificables (Leal, 2005).

Figura 11

Las diferentes dimensiones de los indicadores



Nota. En la figura se muestra las tres dimensiones principales considerados como social, económico y ambiental, y con sus respectivos indicadores. Adaptado de *Las diferentes dimensiones de los indicadores de sostenibilidad y el alcance del estudio*, por Caetano et al., 2012, revista scielo, p. 2.

La eficiencia ecológica se entiende como la capacidad de gestión de una organización para convertir los recursos naturales en un conjunto de bienes o servicios para los consumidores. Esta declaración puede considerarse dos escenarios distintos, uno en el que produce la misma cantidad de productos con menos recursos, o bien uno en el que es posible producir más productos con la

misma cantidad de recursos. El mejor rendimiento de los medios de producción particulares, que en este caso se refiere a tecnologías tangibles, como maquinaria y equipo, para sus entradas y salidas, aquí se refiere a los recursos naturales, la tecnología ecoeficiente que se presenta (Caetano et al., 2012)

Un indicador es una medida específica de un elemento individual que es utilizado para rastrear y demostrar el rendimiento relacionado con el elemento a través de reconocimiento y medición de artículo. Según la definición, se establecen indicadores de ecoeficiencia en relación con un elemento financiero, es decir, los indicadores son proporciones compuestas de elemento ambiental dividido por un elemento financiero, los ejemplos incluyen "por tonelada", "por valor del mercado" o "por unidad de ventas". Los datos de ecoeficiencia también se pueden utilizar para pronosticar el impacto de la corriente y próximos problemas ambientales sobre el desempeño financiero futuro. (Stumr & Muller, 2004)

$$Ecoeficiencia = \frac{\text{Valor del producto o servicio}}{\text{Influencia ambiental}}$$

O

$$Ecoeficiencia = \frac{\text{Influencia ambiental}}{\text{Valor del producto o proceso}}$$

Para la evaluación de indicadores Rincon y Wellens (2011), realizaron un estudio de comparación entre dos empresas ladrilleras (Chiapas y Chihuahua) con el método de la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). Además, la metodología que debe seguirse para el cálculo de los indicadores se basa en tablas que reúnen información sobre la

cantidad de materia prima utilizada, el tipo de emisiones producidas, las fuentes y características particulares de cada uno de estos elementos.

Tabla 4

Indicadores de desempeño según su aspecto ambiental

Aspecto ambiental	Posible indicador de desempeño ambiental
Materiales	Cantidad de material por producto o cantidad de material procesado, reciclado o reutilizado.
Energía	Cantidad de energía consumida por año, por producto o cantidad de energía ahorrada por los programas de mejora
Las emisiones	Cantidad de emisiones específicas por año o por unidad de producto.
Agua	Cantidad de agua descargada por unidad de producto o cantidad de agua consumida por producto.
Ruido y radiación	Cantidad de calor, vibración, luz o ruido emitido por unidad de producto.
Materiales tóxicos	Cantidad de residuos tóxicos controlados por permisos o residuos tóxicos eliminados por sustitución de material.
Uso del suelo	Cantidad de uso de la tierra o tierra afectada, cantidad de tierra protegida o restaurada.

Nota. En el cuadro se describe siete aspectos ambientales, se relaciona principalmente en referencia a un posible indicador de desempeño ambiental. Adaptado de “Indicadores de desempeño identificados en la literatura relacionados con aspectos ambientales”, por Caetano et al., 2012, revista scielo, p. 4.

Los aspectos ambientales enfocan en los elementos de las actividades, productos o servicios que interactúa con el medio ambiente. Además, un aspecto ambiental puede causar uno

o varios impactos ambientales. Luego de esto especificaremos las variables e indicadores de interés. La variable es importante en un trabajo de investigación ya que dependerá de la correcta elección para obtener buenos resultados y realizar un correcto análisis y toma de decisión.

3.3.1. Variable Independiente

- Huella de carbono en condiciones de producción de café pergamino.
- Huella hídrica en condiciones de producción de café pergamino.

3.3.2. Variables Dependiente

El nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino.

Tabla 5*Matriz de Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Tipo de Variable	Escala de Medición	Fuente de información	Software
Variable dependiente								
Ecoeficiencia	La ecoeficiencia es impulsar un uso más respetuoso, culto y eficiente de los recursos naturales.	Se analizará mediante las unidades funciones de las huellas (HC, HH).	Valor económico de ecoeficiencia	Indicador de ecoeficiencia de la HC (S/. / CO2eq). Indicador de ecoeficiencia de la HH (S/. / m3).	Cuantitativa Cualitativa	Intervalo Nominal	IPCC ^a Encuesta	SPSS Excel
Variable Independiente								
Huella de carbono (HC)	La huella de carbono mide las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la actividad humana.	Se analizará mediante sus indicadores.	Emisiones GEI	Dióxido de carbono (C2O) Óxido Nitroso (N2O) Metano (CH4)	Cuantitativa Cualitativa	Intervalo Nominal	IPCC ^a Encuesta	SPSS Excel
Huella hídrica (HH)	La huella hídrica es un indicador medioambiental que define el volumen total de agua dulce utilizado para en la producción.	Se analizará mediante sus indicadores	Agua requerida	Huella verde (m3/año) Huella Azul (m3/año) Huella Gris (m3/año)	Cuantitativa Cualitativa	Intervalo Nominal	Estación Hidrometere- ológico Encuesta	SPSS Excel Cropwat

Nota. En el cuadro se describe las variables e indicadores utilizados en esta tesis. a. Intergovernmental Panel on Climate Change.

3.4. Población y Muestra

El estudio se realizó en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, en los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. En la actualidad, según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), Cajamarca cuenta con una superficie agrícola de 551,166 hectáreas, de la cual 375,553 es agrícola con cultivo. La superficie cosechada total de los productos de Cajamarca es de 297,779 ha en cultivos permanentes. Según MINAGRI en el 2019 la superficie cosechada de café fue de 64,908, que representa el 22.80% de los cultivos permanentes, eso quiere decir que el café influye mucho en la economía de la Región Cajamarca.

Tabla 6

Superficie agrícola con cultivo en Cajamarca

Agrícola con cultivo (ha)		
375,553		
Cultivos transitorios	Cultivos permanentes	Cultivos forestales
88,866	244,945	41,742

Nota. Esta tabla relaciona las diferentes actividades agrícolas con cultivo (en hectáreas – ha), la cuales son los cultivos transitorios, permanentes y forestales en el departamento de Cajamarca.

Adaptado de *Anuario estadístico ambiental*, por INEI, 2020.

Según los datos de la cooperativa, el total de los productores solo en el distrito de Chirinos es de 546 (entre hombres y mujeres), distribuidos en 42 caseríos. El café se considera un cultivo permanente, la cooperativa cuenta con un total de 1424 ha (hectáreas) de cultivo de café en el

distrito de Chirinos, descritos en la tabla 7, y según la tabla 6 representa el 0.5%, solo en relación con los cultivos permanentes a nivel del departamento de Cajamarca.

Tabla 7

Datos generales de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad

Base	Hectáreas Totales	Producción Total	Caficultores
Balcones	144.0	215,018	55
Chirinos	146.3	226,762	47
El Cruce	282.1	464,412	92
El Limón	94.2	139,093	41
La Capilla	2.8	220,955	1
La Laguna	137.8	139,093	56
La Lima	127.2	200,955	57
La Lima	140.7	192,975	54
Las Pirias	42.5	196,058	16
Naranjos	50.6	53,673	21
Nuevo Paraíso	79.0	86,112	37
Sillarrume	175.9	117,521	68
Unión - Las Vueltas	1.0	2,098	1
Suma	1424	2,039,707	546

Nota. En la tabla describe los productores de café por base. La base de El Cruce cuenta con mayor caficultores.

La estimación de la muestra (n0), según el MAE, se hizo sobre las bases iniciando con 3 estratos (A, B y C), que se describirá de manera detallada más adelante. Los estadísticos de dispersión y tendencia que se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Estadísticos de tendencia y dispersión según el estrato

Estrato	Total Productores	X	Me	σ^2	σ	Wi
A	102	51	51	16	4	0.19
B	247	49.90	56	865.84	29.43	0.45
C	197	32.83	29	22.87	22.87	0.36

Nota. Resultado de la tabla por el programa SPSS 25, donde: X = media, Me = mediana, σ^2 = varianza, σ = desviación estándar y Wi = peso del estrato.

Conforme a los señalamientos metodológicos del MAE, dado que se quiere inferir sobre la media poblacional, cuyo estimador es:

$$y = \frac{1}{N}(N_1y_1 + N_2y_2 + \dots + N_Ly_L) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i y_i$$

De ese modo, el procedimiento para la estimación del tamaño de la muestra con MAE, (n1) o tamaño de muestra está dado por:

$$n_0 = \frac{\sum_{i=1}^L (N_i^2 \sigma_i^2) / W_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2} \dots \dots "1"$$

$$D = \frac{b^2}{4} \dots \dots 2$$

Donde, N es total de productores de café, σ^2 es la varianza, D es el máximo error permisible a cometer, Wi es el peso de los estratos. Reemplazando los datos de la tabla 8 en la ecuación "1" se obtiene la muestra (n):

$$\sum_{i=1}^3 \frac{(N_i^2 \sigma_i^2)}{W_i} = 173,929,851.25$$

$$\sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2 = 318,552.84$$

$$N^2 D = 555,457.18$$

$$n_0 = \frac{173,929,851.25}{555,457.18 + 318,552.84}$$

$$n_0 = 199$$

Se considera que b es el 0.5%. Luego se ha realizado la corrección por finitud, aplicando la siguiente regla:

Si $\frac{n_0}{N} < 10\%$, no se realiza la corrección.

Si $\frac{n_0}{N} > 10\%$, se realiza la corrección.

Por lo tanto $\frac{n}{N} = \frac{199}{546} = 0.36$, el cual es mayor que al 10%, lo tanto, se realiza la corrección

a la muestra:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = \frac{199}{1 + \frac{199}{546}} = 146$$

Finalmente, el total de caficultores a entrevistar es un total de 146. En la tabla 9, se observa el tamaño de “ n ” según los estratos.

Tabla 9*Distribución de la muestra según sus bases y por estratos*

Estrato	Base	Productores	Fi	Tamaño de “n”	Tamaño de “n” del estrato
A	Balcones	55	0.10	15	27
	Chirinos	47	0.09	13	
	El Cruce	92	0.17	25	
	El limón	41	0.08	11	
B	La Capilla	1	0.00	0	66
	La Cordillera	56	0.10	15	
	La Laguna	57	0.10	15	
	La Lima	54	0.10	14	
	Las Pirias	16	0.03	4	
	Naranjos	21	0.04	6	
C	Nuevo Paraíso	37	0.07	10	53
	Sillarrume	68	0.12	18	
	La Unión -	1	0.00	0	
	Las Vueltas				
Total		546	1		146

Nota. Se ha identificado 3 estratos, el estrato A: Balcones y Chirinos, el estrato B: El Cruce, El Limón, La Cordillera, La Laguna y el estrato C: La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso y Sillarrume, de lo cual se trabajó para obtener la muestra (n), con el muestro aleatorio estratificado (MAE). Según, la tabla 09 el mayor estrato es el B que cuenta con 66 productores, y el menor estrato es el A, que representa un 19%.

3.4.1. Huella de Carbono

En el estudio de la huella de carbono en el distrito de Chirinos, considera la superficie de cultivos de café y el número de entrevistados para las unidades de la muestra. Para cuantificar y reportar las emisiones de carbono en la atmosfera se tendrá que presentar como la sumatoria total de kilogramos de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), los factores de emisión para el cálculo se realizarán con los parámetros establecidos por la IPCC (tabla 10).

Ecuación general para el cálculo de emisiones de GEI:

$$Em = Mag \times Fc \times PC$$

Donde: **Em** son las emisiones de la actividad. **Mag** es la magnitud de la actividad. Fc es el factor de emisión. **PCG** es el potencial de calentamiento global.

Ecuación para el cálculo de emisiones de fertilizantes (Efe):

$$Efe = (FexN) \times FE_{Fe} \times 44/28 \times PCG_{N2O}$$

Donde: **Efe** son las Emisiones de CO2 equivalente por aplicación de fertilizante (Kg CO2e). **Fe** es la cantidad total de fertilizante aplicado durante el año en estudio (Kg total fert.). **N** es la razón de Nitrógeno contenida en el total de fertilizante. **FE_{Fe}** es el factor de emisión en la aplicación de Nitrógeno (Kg N2O-N/Kg N). **44/28** es la razón de conversión de emisiones de N2O – N en emisiones de N2O. **PCG_{N2O}** es el potencial de calentamiento global del N2O (Kg CO2e/Kg N).

Ecuación para el cálculo de emisiones de combustible (Ecf):

$$Ecf = (CCF) \times Fe_{ccf(x)} \times PCG_{(x)}$$

Donde: **Ecf** son las emisiones de CO2 equivalente por consumo de combustibles (kg CO2-eq). **CCF** es el consumo total de combustibles fósiles durante el año de estudio. **Fe_{ccf(x)}** es el factor de emisión del GEI por consumo de combustibles fósiles (Kg_x/L). **PCG_(x)** es el potencial del calentamiento global del GEI X (kg CO2-eq / Kg X).

Ecuación para el cálculo de emisiones de energía eléctrica (Ece):

$$Ece = (CCF) \times Fe_{ccf(x)} \times PCG(x)$$

Donde: **Ece** son las emisiones de CO2 equivalente por consumo de energía eléctrica (kg CO2-eq). **CCF** es el consumo total de energía eléctrica durante el año de estudio (Kwh). **Fe_{ccf(x)}** es el factor de emisión del GEI X por consumo de energía eléctrica (Kg_x/Kwh). **PCG(x)** es el potencial del calentamiento global del GEI X (kg CO2-eq / Kg X).

Según el análisis de inventario, las actividades de producción de café pergamino seco, se realizará mediante las encuestas (anexo 03), para el conocimiento de las cantidades de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, plan del control de plagas y enfermedades, uso de energía eléctrica, cantidad de sacos utilizados, combustible para el uso de maquinaria y transporte, y los residuos generados por la producción.

Tabla 10

Factores de emisión utilizados para el cálculo de huella de carbono

Categoría	Factor de emisión	Unidades	Fuente
Abono (guano de isla)	0.1079	kg N2O-N/kg N	Perú
Abono (café)	0.008	kg N2O-N/kg N	Global - IPCC
Energía eléctrica - SEIN	0.615	kg CO2/kWh	Perú
	2.98463	kg CO2/L	Global - IPCC
Gasolina (motoguadaña)	0.00002	kg N2O/L	
	0.000099	kg CH4/L	
Sacos polipropileno	1.9700	Kg CO2 eq / kg	Global - SimaPro
	2.98463	kg CO2/L	Global - IPCC
Gasolina (despulpadora)	0.00002	kg N2O/L	

	0.000099	kg CH ₄ /L	
	2.98463	kg CO ₂ /L	Perú
GLP (vehículos de carga)	0.0029326	kg N ₂ O/L	
	0.0000095	kg CH ₄ /L	
	0.379	kg CO ₂ /kg de pulpa	
Compost de la pulpa de café	0.00032	kg N ₂ O/kg de pulpa	(Balma, 2018)
	0.0011	kg CH ₄ /kg de pulpa	

Nota. La tabla describe el factor de emisión y sus unidades, con la finalidad de aplicarlos en las ecuaciones descritas anteriormente.

En la figura 7, las principales fuentes de emisión en la producción agrícola es el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), por lo cual, en la tabla 11 se describe el Potencial del Calentamiento Global (PCG), según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Tabla 11

Potencial de calentamiento global (PCG)

Global Warming	IPCC 2013
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	265

Nota. El Potencial de Calentamiento Global (GWP, siglas en inglés) permite comprar impactos de calentamiento global de diferentes gases, se relaciona específicamente con las emisiones de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO₂). Obtenido de United States Environmental Protection Agency (EPA).

Se realizará la conversión de en kg CO₂-eq del CH₄ y el N₂O con la ayuda de la tabla 11, esta conversión será aplicado en los resultados de la tabla 10 y así estimar la huella de carbono (HC) realizado por las actividades en la producción de café pergamino.

Finalmente, para halla la huella de carbono por unidad producida se representará en a la siguiente ecuación:

$$u - HC = \frac{E_{mt}}{P_d}$$

Donde: u-HC esta en dióxido de carbono equivalente por kilogramos de café pergamino seco (CO₂eq / kg cps). Emt son las emisiones de la actividad. Pd es la productividad (kg cps/ha).

La obtencion de la huella de carbono como indicador de nivel de ecoeficiencia se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$e - HC = \frac{\text{Valor del producto}}{u - HC}$$

Donde: e-HC está en nuevos soles por dióxido de carbono equivalente (S/ / CO₂eq).

3.4.2. Huella Hídrica

En el distrito de Chirinos no cuentan con un sistema de riego en los cultivos de café, ya que, sus actividades de siembra y producción de café se basan únicamente en la precipitación pluvial. En el anexo 06, se observa los datos hidrometereológicos ubicado en Chirinos, en el año 2019 la temperatura máxima fue de 22.5°C y la mínima fue de 14°C, la humedad relativa alcanza hasta los 94.1 y finalmente el mes que tuvo más precipitación fue en diciembre.

En cuanto al cálculo de la huella hídrica se utilizará el software CROPWAT 8.0, el cual fue diseñado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). CROPWAT incorpora procedimientos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia y los requerimientos de agua de los cultivos y permite la simulación del uso del agua por los cultivos bajo diferentes condiciones de clima, cultivos y suelos.

Figura 12

Estación hidrometeorológica de Chirinos



Nota. En la figura se observa la estación hidrometeorológica en el distrito de chirinos, en las coordenadas X: 733000.7 - Y: 9412839.1, con el apoyo del programa ArcGis.

Se utilizará la data hidrometeorológica (anexo 6), proveniente de la estación meteorológica del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), ubicada en la ciudad de Chirinos, los datos referentes a las características del suelo fueron tomados de información bibliográfica, los

datos del cultivo se obtuvieron de las encuestas realizadas a los caficultores de la Cooperativa Agraria La Prosperidad.

3.3.2.1. Determinación de la Huella Hídrica Verde (HHv). Para cuantificar la Huella Hídrica Verde (HHv) fue necesario contar con datos de temperatura, humedad relativa, precipitación, la cual se obtuvo de los datos de SENAMHI, de la estación hidrometeorológica que se encuentra en la ciudad de Chirinos.

Tabla 12

Datos teóricos de cultivo café para uso en CROPWAT 8.0

Etapas	Inicio	Desarrollo	Intermedio	Final
KC	0.9	-	0.95	0.95
Días	20	30	30	34
Profundidad radicular	0.30	-	1.5	-
Agotamiento crítico	0.4	-	0.4	0.4
F-respuesta rendimiento (ky)	0.71	0.71	0.71	0.71
Altura de cultivo	-	-	2.5	-

Nota. Se describe los datos para el cálculo de la huella con la ayuda del software CROPWAT 8.0.

Recopilado de FAO, 2017.

$$ET_{\text{verde}} = \text{Uso real del agua} - ET_{\text{azul}}$$

Donde: ET es la evapotranspiración total (mm).

$$HHv = 10 * \sum ET_{\text{verde}} * A$$

Donde: HHv es la Huella Hídrica Verde. HHa es la Huella Hídrica Azul. A es la superficie del cultivo (ha). Para hallar la huella hídrica por unidad de producto (m³/tn) en los cultivos productivos de café será con las siguientes ecuaciones, según sus huellas:

$$u - HHv = HHv / Pd$$

Donde: u-HH esta en metros cúbicos por kilogramo de café pergamino seco (m³/ kg cps). HHv es la huella hídrica y Pd es la productividad (kg cps/ha).

La obtencion de la huella hídrica como indicador de nivel de ecoeficiencia se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$e - HHV = \frac{\text{Valor del producto}}{u - HHv}$$

Donde: e-HHv está en nuevos soles por metro cubico (S/ / m³).

3.5. Instrumentos

En lo referente a la metodología, que la investigación empleó los siguientes instrumentos.

- Mediante las encuestas que se realizarán a los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad que permitirá obtener información de los sujetos del estudio.
- Mediante el análisis de documentos e información contenida en los informes y boletines del MINAGRI, MINAM, SENAMHI, INEI, FAO, etc. El análisis a través del método documental, permitirá de manera minuciosa interpretar la estructura y

describir las particularidades del contenido; de este modo, se responderá a la pregunta planteada en el problema de esta investigación.

3.6. Procedimientos

Para la investigación se consideró el siguiente procedimiento:

- En primer lugar, se realizó el análisis estadístico para obtener el tamaño muestral en relación del total de caficultores en el distrito de Chirinos, según los estratos A (Balcones, Chirinos), B (El Cruce, El Limón, La Cordillera, La Laguna) y C (La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso, Sillarrume), estos caficultores son parte de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. Mediante el instrumento de encuesta se obtuvo los datos de las hectáreas de cultivo, el rendimiento de la producción de café pergamino, si cuentan con alguna certificación, uso de abonos al año, uso de maquinaria, entre otros.
- En segundo lugar, con los datos recopilados de un total de 146 productores de café, se estima la huella de carbono, mediante las actividades que se realiza antes de la cosecha del café cerezo (mantenimiento de cultivo) hasta el transporte del café pergamino seco en sacos a la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, estas principales actividades son: poda, manejo de arvenses, fertilización del suelo, beneficio húmedo (despulpado, lavado, secado) y el transporte. Se estima la huella de carbono mediante la transformación de emisiones a kg de CO₂-eq, las emisiones se obtendrán a partir del consumo de combustible fósil, abonos (sintéticos y/o orgánicos), consumo de energía

eléctrica, uso de sacos de polipropileno y la emisión por parte de la pulpa de café como residuo orgánico.

- En tercer lugar, se analizó de manera comparada, la huella hídrica en los estratos A, B, C. La actividad de cultivo y producción de café únicamente se realiza mediante las precipitaciones pluviales en los caseríos del distrito de Chirinos. La obtención de los datos de la huella hídrica verde (HHv), se realizó con ayuda del software Cropwat 8.0, las fórmulas para obtener la huella hídrica propuesta por la FAO y con los datos de la estación hidrometeorológica en la ciudad de Chirinos, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca.

3.7. Análisis de Datos

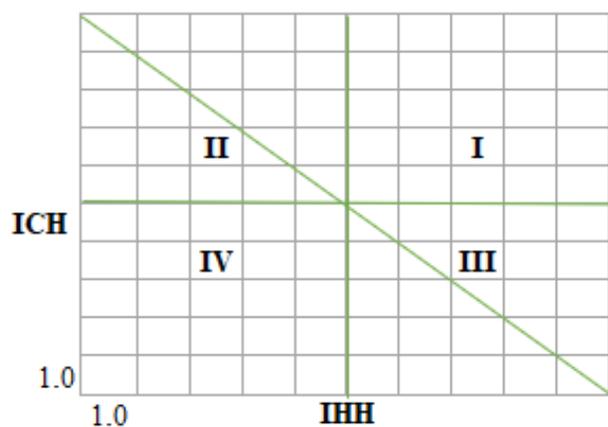
Para el análisis de recolección de datos se desarrolla lo siguiente:

- Estimar la huella de carbono (HC, kg CO₂ eq) mediante las actividades de los caficultores para la producción de café según la encuesta realizada, la huella hídrica (HHv, m³) mediante el software CROPWAT 8.0 y el análisis de estas con el software SPSS 25, en la cual se determinó la prueba de normalidad, prueba de mediana y la prueba de distribución.
- Normalizar la huella de carbono y huella hídrica entre los rangos 0 a 1, denominado IHC y IHH, índice de huella de carbono e índice de huella hídrica respectivamente, con la finalidad de poder compararlos entre sí. En la figura 13, ayudará a observar una mejor relación entre el ICH e IHH. Este análisis, fue presentado por Legrand en el 2004, que consiste en acumular todos los impactos

de determinado tipo a lo largo de todo el ciclo de vida relevante de un proyecto. Los puntos están dispersos en un cuadro cartesiano donde el valor mínimo es el cero (00) y valor el máximo es la unidad (01). Cabe recalcar que la figura mencionada se ha adecuado para las aproximaciones del estudio. La región I significa que es ecoeficiente, la región II significa que es ecoamigable, en la región III significa que no es ecoamigable y la región VI se considera ecoineficiente.

Figura 13

Modelo de medida de ecoeficiencia



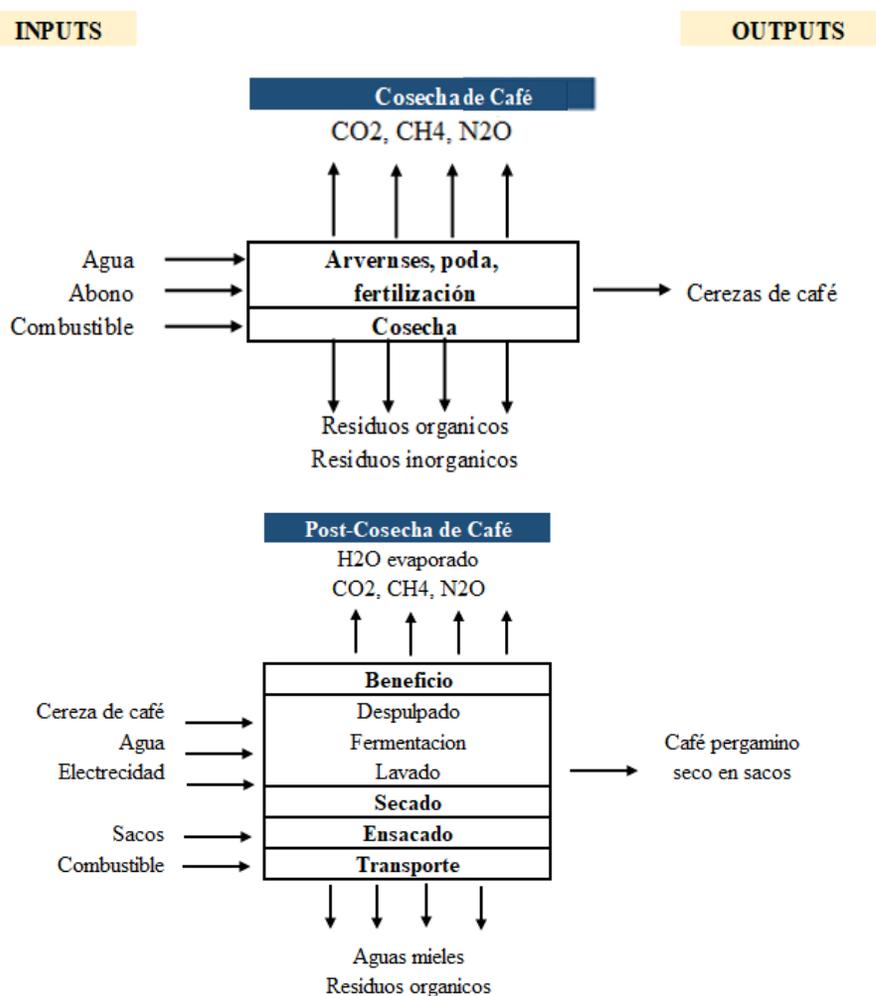
- La unidad funcional para el caso de estudio es kilogramo de café pergamino seco (kg cps). En el análisis de huella de carbono se representará en función de la unidad funcional como u-HC (kg CO₂-eq/kg cps), dióxido de carbono equivalente por kilogramo de café pergamino seco.
- Al obtener u-HC se podrá comparar la huella de carbono que emite un total de “x” kg CO₂-eq para producir un kilogramo de café pergamino, con la finalidad de

calcular las emisiones que se genera durante el proceso de la producción del café.

Las emisiones del GEI están descritas como dos modelos básicos de LCA o ACV (Figura 14).

Figura 14

Análisis del ciclo de vida



- En el análisis de huella hídrica se representará en función de la u-HH (m³/kg cps), metros cúbicos por kilogramo de café pergamino seco, en el caso de comparación

con otros autores, será mediante metros cúbicos por tonelada (m^3/tn). Al obtener HHy se podrá comparar la huella hídrica por base en función de se requiere un total de x metros cúbicos para producir un kilogramo de café pergamino.

- Finalmente, se realizará el análisis de la ecoeficiencia en la producción, mediante el indicador mencionado en la sección de métodos, además que, se realizará la comparación en función del dinero obtenido mas no del factor ambiental.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la Encuesta

Los resultados de la encuesta (Anexo 3) aplicado al tamaño muestral de la tesis procesados en el programa SPSS25, se describe en los siguientes párrafos.

4.1.1. *Fiabilidad del Instrumento*

Para la fiabilidad del instrumento se hizo un análisis mediante el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, que es un índice usado para medir la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala. A continuación, se presenta la tabla 13, relacionado con las 15 primeras preguntas cualitativas de la encuesta realizada.

Tabla 13

Fiabilidad de la encuesta.

Alfa de Cronbach	N° de elementos
0.855	15

Nota. De acuerdo a Fabila et. al. (2012, p. 53), si el valor del coeficiente es cercano a la unidad entonces son aceptables, ya que, indican que se trata de un instrumento fiable. Este caso el coeficiente es 0.855, quiere decir sus mediciones son estables y consistentes.

Dimensión Valor Económico de Ecoeficiencia (D-VE). El alfa de Cronbach es de 0.806, en relación a D-VE, quiere decir que sus mediciones son estables y consistentes.

Tabla 14

Dimensión Valor Económico de Ecoeficiencia

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.806	6

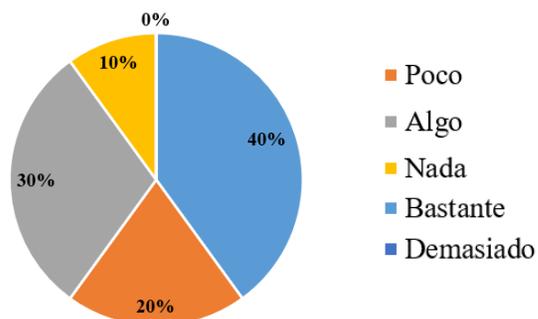
Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

Los cuestionarios en relación a la dimensión Valor Económico de Ecoeficiencia, se presenta en las siguientes figuras:

La primera pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted que es la ecoeficiencia?, en la cual, según los encuestados el 40% tiene una definición clara y el 10% no tiene conocimiento.

Figura 15

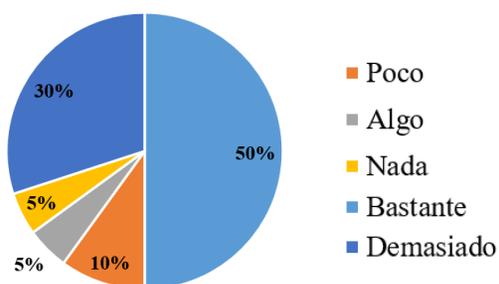
Ecoeficiencia



La segunda pregunta que se formuló fue: ¿cuenta usted con capacitaciones para el uso adecuado de sus recursos?, en la cual, según los encuestados el 50% ha tenido capacitaciones por parte de la cooperativa.

Figura 16

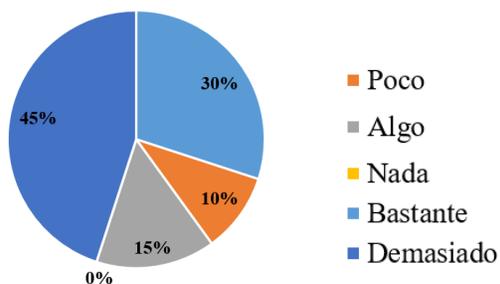
Capacitaciones



La tercera pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted es el nivel de pobreza en su distrito?, en la cual, según los encuestados el 45% sabe sobre la realidad de su distrito y el 15% tiene poca información en cuanto al nivel de pobreza.

Figura 17

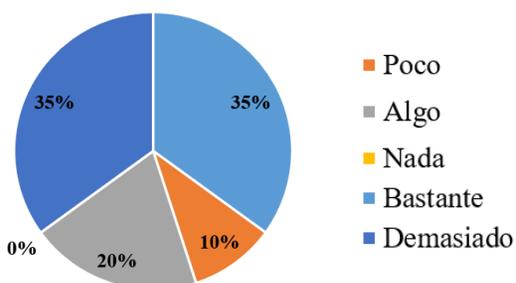
Nivel pobreza



La cuarta pregunta que se formuló fue: ¿sus ingresos en venta de café pergamino seco es bueno?, en la cual, según los encuestados, que el año 2020 el 35% tuvo ganancia positiva en la venta del café pergamino seco, mientras que 20% no tuvieron tanta ganancia.

Figura 18

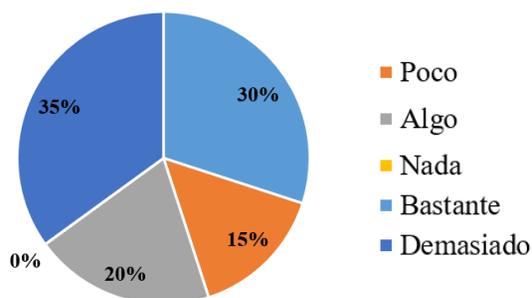
Ingresos



La quinta pregunta que se formuló fue: respecto los gastos de investigación y desarrollo en su localidad, ¿Qué puntaje aplicaría?, en la cual, según los encuestados la mayoría de los caficultores cuentan con el apoyo de la cooperativa en relación de investigación y desarrollo.

Figura 19

Investigación y desarrollo

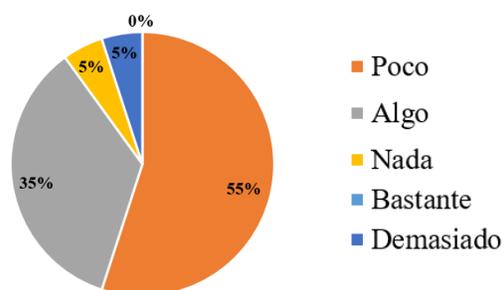


La sexta pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted que es un indicador de ecoeficiencia?, en la cual, según los encuestados la mayoría de los caficultores tienen poco conocimiento el

indicador de ecoeficiencia, que representa el 55% y solo el 5% saben lo que es un indicador de ecoeficiencia.

Figura 20

Indicador de ecoeficiencia



Dimensión Emisiones GEI (D-EmGEI). El alfa de Cronbach es de 0.797, en relación a D-EmGEI, quiere decir sus mediciones son estables y consistentes.

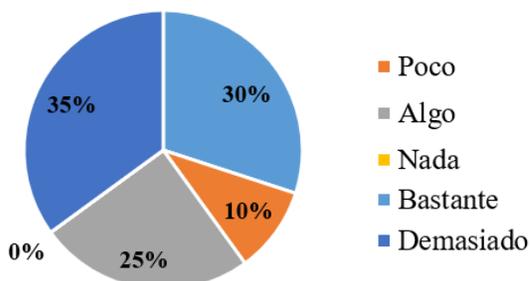
Tabla 15

Dimensión Emisiones GEI

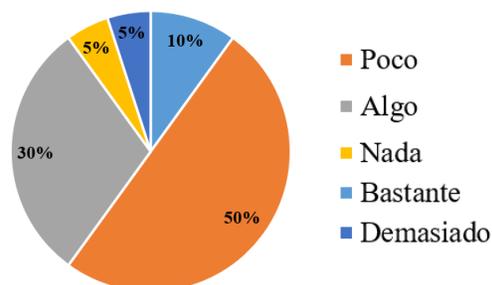
Alfa de Cronbach	N de elementos
0.797	4

Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

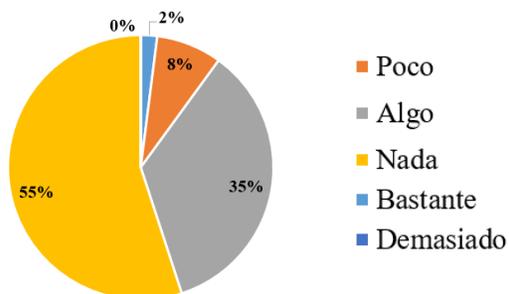
La séptima pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted que es la huella de carbono?, en la cual, según los encuestados tienen conocimiento en relación a la huella de carbono, que representa mas del 30% y solo el 25% no están certeros sobre que es la huella de carbono.

Figura 21*Huella de Carbono*

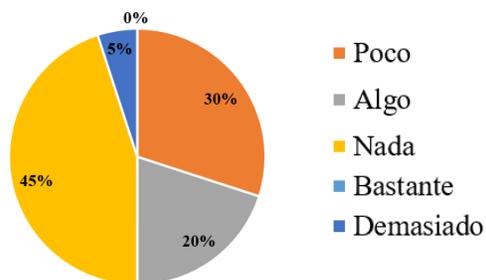
La octava pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted que son los gases de efecto invernadero (GEI)?, en la cual, según los encuestados tienen poco conocimiento sobre las emisiones que emiten en cuanto al manejo, cosecha y postcosecha para la obtención del café pergamino seco, y este representa como el 50%, mientras que el 5% sabe sobre las emisiones GEI.

Figura 22*Emisiones*

La novena pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted la cantidad de emisiones GEI en las actividades que realiza?, en la cual, según los encuestados no tienen conocimiento sobre la cantidad de emisiones que genera en cuanto al manejo, cosecha y postcosecha para la obtención del café pergamino seco, en la que representa el 55%.

Figura 23*Cuantificación de emisiones*

La décima pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted el significado del dióxido de carbono equivalente?, en la cual, según los encuestados no tienen conocimiento sobre el dióxido de carbono equivalente, en la que representa el 45%.

Figura 24*Dióxido de carbono equivalente*

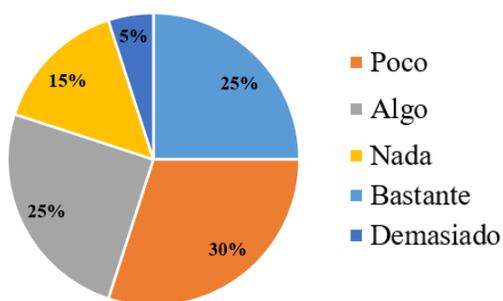
Dimensión Agua en los cafetos (D-AqC). El alfa de Cronbach es de 0.748, en relación a D-AqR, quiere decir sus mediciones son estables y consistentes.

Tabla 16*Dimensión Agua*

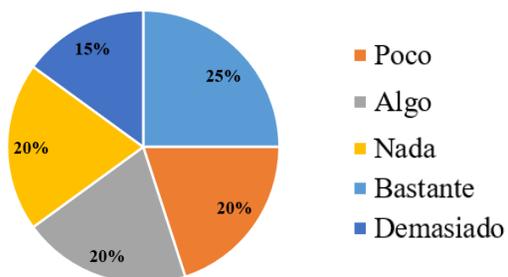
Alfa de Cronbach	N de elementos
0.748	5

Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

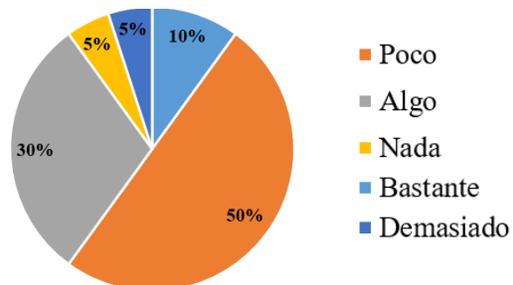
La onceava pregunta que se formuló fue: ¿sabe usted que es la huella hídrica?, en la cual, según los encuestados mas del 25% tienen conocimiento sobre la huella hídrica, mientras que el 15% no tienen conocimiento.

Figura 25*Huella hídrica*

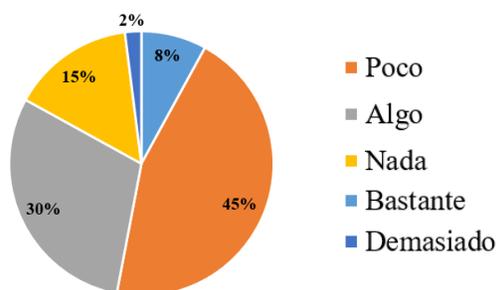
La doceava pregunta que se formuló fue: ¿Sabe usted que es la huella azul?, en la cual, según los encuestados mas del 25% tienen conocimiento sobre la huella azul, mientras que el 20% no tienen conocimiento.

Figura 26*Huella Verde*

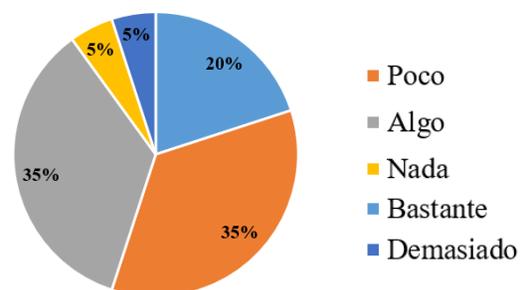
La treceava pregunta que se formuló fue: ¿Sabe usted que es la huella verde?, en la cual, según los encuestados mas del 50% tienen poco conocimiento sobre la huella verde, mientras que el 5% no tienen conocimiento.

Figura 27*Huella Azul*

La catorceava pregunta que se formuló fue: ¿Sabe usted que es la huella gris?, en la cual, según los encuestados no tienen conocimiento sobre la huella gris y equivale al 15%, otros tienen al menos un poco conocimiento sobre esta huella y es el 30%.

Figura 28*Huella gris*

La quinceava pregunta que se formuló fue: ¿Sabe usted la cantidad mínima requerida de agua en sus cafetos?, en la cual, según los encuestados mas del 25% tienen conocimiento sobre la huella azul, mientras que el 20% no tienen conocimiento.

Figura 29*Cantidad mínima*

4.2 Descripción del objeto de estudio

La economía de los caficultores de la cooperativa se basa prácticamente en la producción de café pergamino seco, que desempeña un papel importante en el mantenimiento de sus familias y en su identidad cultural dentro del distrito de Chirinos. Se realizó encuestas a los caficultores de

la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad, con la finalidad de conocer las actividades que adoptan para la producción de café pergamino, además de, establecer un balance de materia. En las siguientes figuras se describe los resultados cualitativos y cuantitativos de la encuesta.

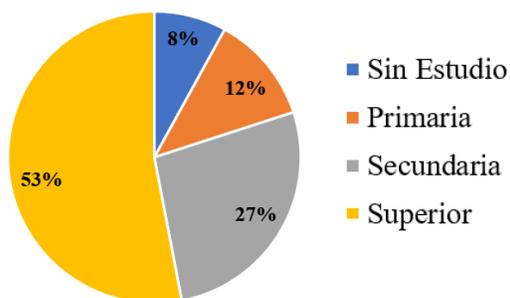
Según la encuesta, la edad promedio de los caficultores es de 46 años, quienes la edad máxima de una persona encuestada fue de 84 años y la edad mínima fue de 24 años.

Según el total de hectáreas de los caficultores encuestados fue de 516.3, las hectáreas promedio de los encuestados fue de 4.5 y el tipo de suelo es franco – arcilloso. En la pregunta 19 (¿realiza el encalado del suelo en(s) su hectárea(s) de café?), los caficultores no usaron ningún tipo de encalado en el año de estudio de esta tesis.

La figura 30 describe el porcentaje del grado de estudio de los caficultores encuestados.

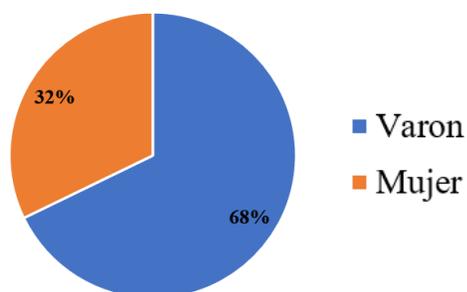
Figura 30

Grado de estudio



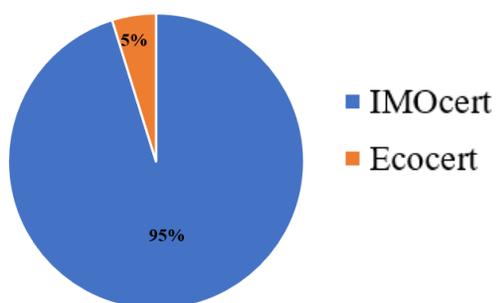
Nota. El total de las personas encuestadas fue 146, de lo cual, el 53% de ellos tienen estudio superior y tan solo el 8% cuentan sin estudios.

La figura 31 describe el porcentaje entre los varones y mujeres encuestados.

Figura 31*Sexo*

Nota. De la encuesta realizada el 68% de los productores fueron varones, y el 32% fueron mujeres, representada en la figura.

La figura 32 describe si los caficultores cuentan con alguna certificación.

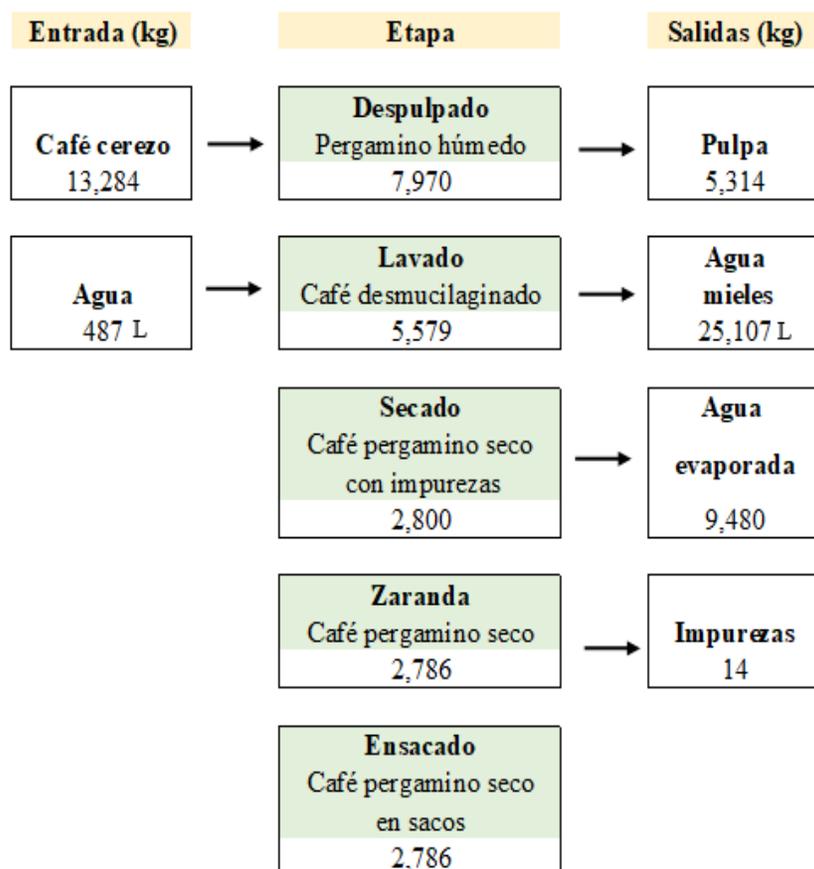
Figura 32*Certificación*

Nota. Todos los productores encuestados tienen una certificación, el 95% de los caficultores cuentan con la certificación IMOcert y el 5% cuentan con la certificación Ecocert, este resultado es en referencia a la población encuestada.

En referencia a la certificación, esta es de carácter orgánica, ecológica y sostenible de productos agrícolas e insumos ecológicos para la agricultura, esto conlleva a reducir el impacto en cuanto a las actividades de cultivo y minimiza las emisiones en la aplicación de abonos, los productores que no están certificados usan abonos sintéticos y orgánicos, pero dado el caso de estudio solo se usa los abonos orgánicos. La encuesta sobre la certificación servirá para el estudio de la huella de carbono.

Según el tipo de abono que utilizan los caficultores son principalmente; pachacútec, guano de isla, guanacuy y el compost del café. Los caficultores mayormente mezclan estos abonos en proporciones similares, con una cantidad promedio de 703 kilogramos por hectárea. En la aplicación de estos abonos por cafeto da un promedio de 80 gramos.

En el balance de materia permitió identificar las etapas (mediante la cuantificación de entradas y salidas), en las que hay pérdida de materia y generación de residuos. Los caficultores de la cooperativa usan el método del beneficio húmedo (despulpado, lavado, secado), la figura 33 es una estimación del proceso para la obtención del café pergamino seco.

Figura 33*Balance de materia*

Nota. El balance de materia permite identificar las etapas (mediante la cuantificación de entradas y salidas) en las que hay pérdida de materia y generación de residuos. Adaptado de “Análisis del ciclo de vida del procesamiento y la distribución del café del beneficio ecológico en la finca Juancito y convencional en la finca La Montaña”, por Cárdenas y Vázquez, 2013, repositorio Zamorano, p. 7.

4.2. Objetivo Especifico 1: Huella de Carbono

En el cálculo de la huella de carbono como kg CO₂-eq en la producción café pergamino seco, esta se originaria antes de la cosecha (mantenimiento del cultivo), en las actividades de manejo de arvenses, poda y abono, estas actividades se hace el uso de maquinaria y mano de obra. Según los caficultores, el uso de maquinaria (motoguadañas – tiene como emisiones de CO₂, N₂O y CH₄) se necesita para el manejo de arvenses y se realiza la limpieza entre 1 a 2 veces al año, muy pocos de ellos realizan este manejo de manera convencional (uso de herramientas), aunque se necesitaría el doble de tiempo de trabajo. Para la aplicación de abonos, esta se realiza entre 2 a 3 veces al año, anqué la aplicación del abono orgánico se recomienda 3 veces al año, algunos caficultores se limitan al no tener mayores ingresos. La poda como una de las operaciones en el manejo de la planta de café es muy importante y la mayoría de los caficultores prefieren hacerlos ellos mismos, o con ayuda de sus familiares, muy pocos contratan personal para el manejo de la poda, ya que, ayuda a equilibrar sus ramas y el sistema radicular, también ayuda a eliminar la enfermedad o debilidad de la planta, según los caficultores de la cooperativa, la mayoría de sus cafetos cuentan con dos enfermedades principales, tanto la broca como la roya.

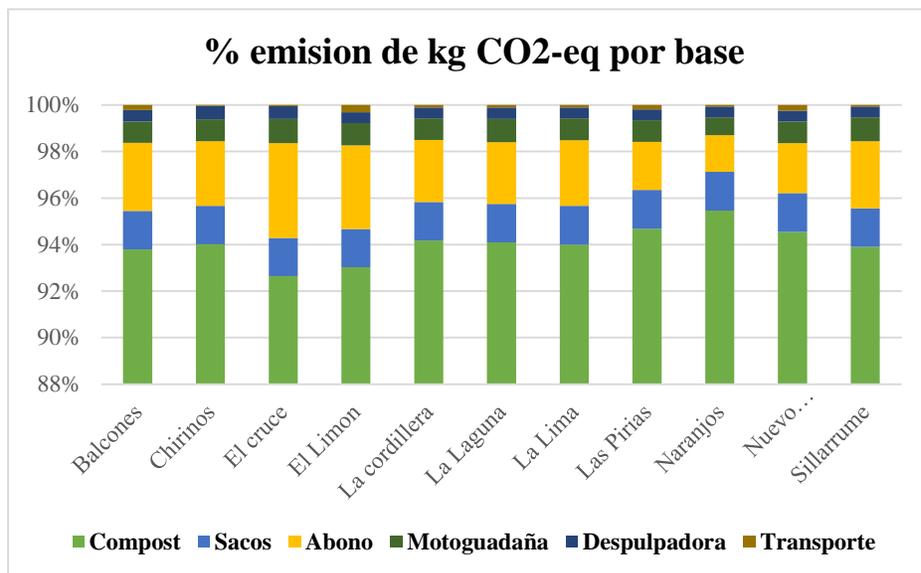
Durante el beneficio húmedo se genera emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ por parte de la despulpadora, la mayoría de los caficultores cuentan despulpadoras a motor y los que están cerca de algún caserío o de la ciudad tienen sus despulpadoras eléctricas, estas despulpadoras trabajan al menos dos horas por día durante la cosecha, quiere decir que en la mañana se cosecha el café cerezo y por las tardes el café pasa por la despulpadora. Finalmente, durante el beneficio húmedo cuenta con la liberación de desechos orgánicos que genera alteración directa e indirecta en el medio, como es el caso de la pulpa de café y las aguas residuales.

Tabla 17*Emisión de dióxido de carbono según estrato*

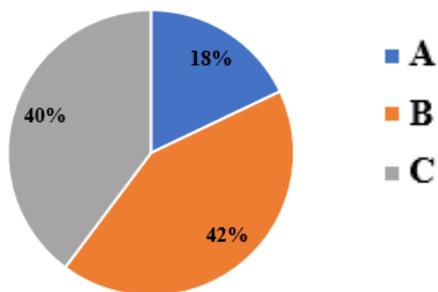
Estrato	Bases	kg CO2 -eq					
		Compost	Sacos	Abono	Motoguadaña	Despulpadora	Transporte
A	Balcones	54,384	958	1,694	530	285	130
	Chirinos	49,568	873	1,461	500	304	21
	El Cruce	87,567	1,542	3,860	973	528	46
B	El Limón	36,337	640	1,406	375	180	123
	La Cordillera	59,886	1,054	1,694	587	297	71
	La Laguna	60,318	1,062	1,702	635	319	70
	La Lima	52,870	931	1,590	529	262	60
C	Las Pirias	20,852	367	456	203	104	42
	Naranjos	42,863	755	705	340	213	29
	Nuevo Paraíso	48,565	855	1,100	481	241	123
	Sillarrume	67,109	1,182	2,063	735	333	47
Total		580,319	10,219	17,731	5,888	3,066	762

Nota. En la tabla, se observa las emisiones de dióxido de carbono equivalente (kg CO2-eq), denominado como huella de carbono. La

base “Las Pirias” tiene una incidencia del 3.56% a diferencia de la base “El Cruce”, que cuenta con el 15.29% del total de kg CO2-eq.

Figura 34*Emisiones por base*

Nota. En la figura, se observa que el abono genera una emisión de 2.9% en relación al total, esto se debe a que solo se genera óxido nitroso en menor proporción por el uso de abono orgánicos en las practica del mantenimiento del cultivo, a diferencia que el compost genera una mayor emisión. La generación del compost dura al menos de 3 a 4 meses, durante todo ese periodo genera un total de 580,321.10 kg de dióxido de carbono equivalente. El compost es agregado para el abonamiento del siguiente año.

Figura 35*Emisiones por estrato*

Nota. En la figura, se representa mediante el gráfico circular según los estratos: A (Balcones y Chirinos), B (El Cruce, El Limón, La Cordillera y La Laguna) y C (La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso y Sillarrume), con emisiones del 18%, 42% y 40% respectivamente.

4.3. Objetivo específico 2: Huella Hídrica

La huella hídrica incluye la huella hídrica verde (HHv), la huella hídrica azul (HHa) y las aguas grises huella (HHg). Por lo tanto, la huella hídrica verde y la huella hídrica azul son relacionadas con la cantidad de recursos hídricos, mientras que las aguas grises están relacionadas con la calidad del agua (Wang y Yang, 2018). Las actividades de cultivo y producción de café en el distrito de Chirinos son únicamente con las precipitaciones pluviales, con una eficiencia de precipitación del 93.1%, significa que se analizará la huella hídrica verde, entonces, quiere decir que la pérdida por riego es cero.

En el cálculo de huella hídrica se ingresó los datos de la tabla 12 y del anexo 06 al software Cropwat 8.0 con la finalidad de hallar la lámina neta total para el cálculo de la huella hídrica verde. El resultado se observa en la figura 36.

Figura 36

Lamina neta total

Lámina neta total	308.8	mm
Pérdida total de riego	0.0	mm
Uso real de agua del cultivo	300.8	mm
Uso pot. de agua del cultivo	301.9	mm

Nota. La lamina neta total se obtuvo del software CROPWAT 8.0.

Según las condiciones de cultivo café, descritas anteriormente, los caficultores de la cooperativa están certificados, de lo cual no se calculará la huella gris por uso de abonos sintéticos, además que, no hay actividades para la disminución de la demanda química del oxígeno (DBO) obtenidas por el beneficio húmedo, en consecuencia, no se calculará la huella del beneficio. Entonces la lámina neta total se sustituye en la educación descrita de la sección de métodos.

$$ET_{\text{verde}} = 308.8 - 0$$

$$ET_{\text{verde}} = 308.8 \text{ mm}$$

Dato: 1 mm = 10 m³.ha⁻¹. El cálculo de la huella hídrica total es la multiplicación del ET_{verde} (m³/ha) con las hectáreas, esta fórmula descrita se puede verificar en la sección de métodos, el resultado se representará según las bases de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad.

Tabla 18

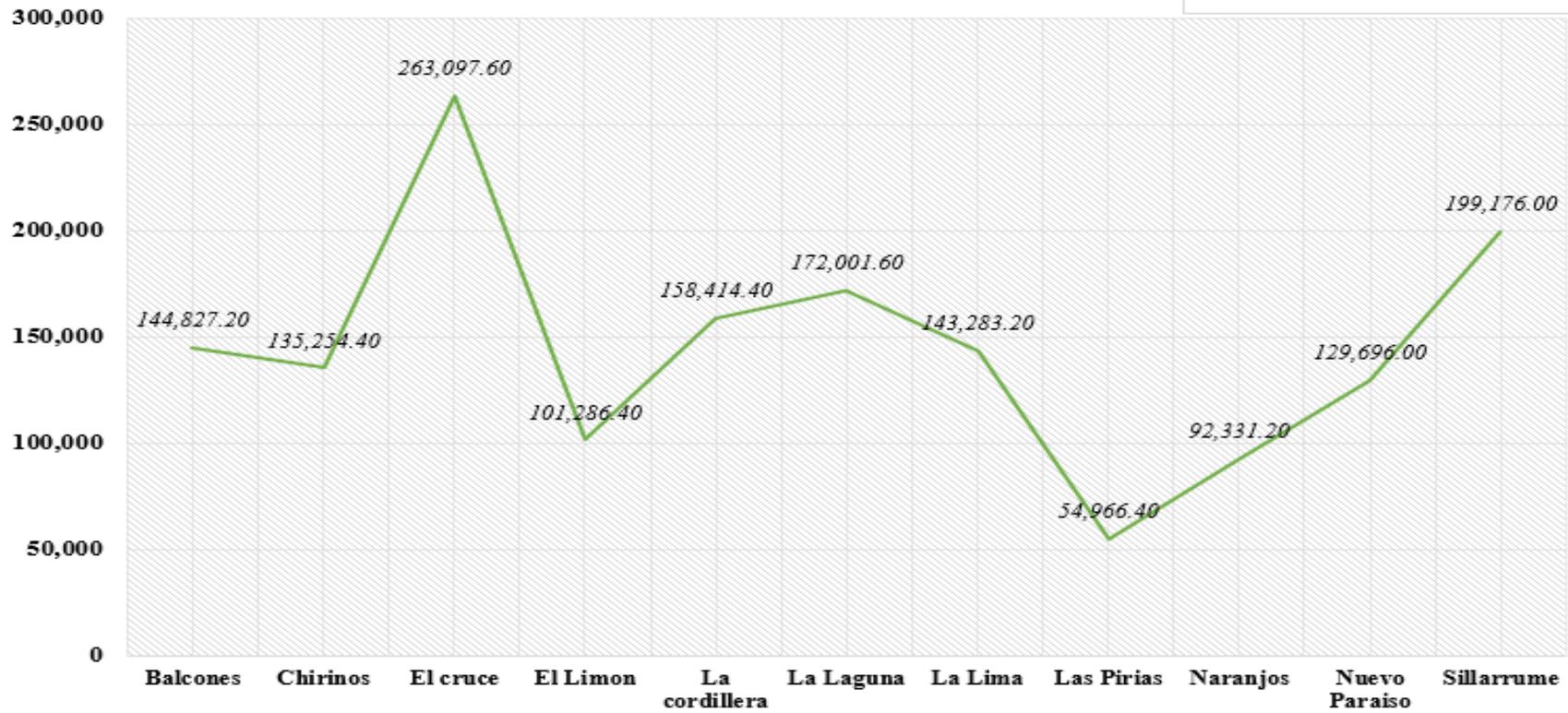
Huella Hídrica por bases

Estrato	Bases	Ha	HHv (m³)
A	Balcones	47	144,364
	Chirinos	44	134,946
	El cruce	85	262,480
B	El limón	33	101,132
	La cordillera	51	158,260
	La Laguna	56	171,384
	La Lima	46	142,820
C	Las Pirias	18	54,812
	Naranjos	30	91,868
	Nuevo Paraíso	42	129,696
	Sillarrume	64	198,404
	Total	516	1,590,166

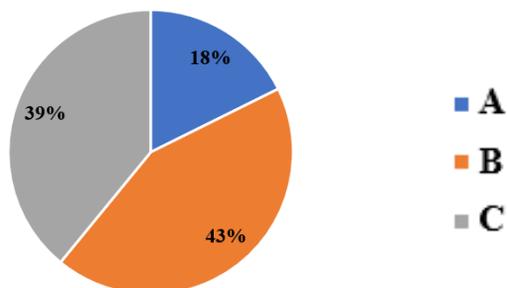
Nota. Resultados en relación a la huella hídrica verde.

Figura 37

Huella hídrica verde (HHV) por base



Nota. En la figura se observa la asignación de agua (m³ año⁻¹) de la huella hídrica verde (HHv) según las bases, donde Las Pirias tiene menor incidencia de HHv y El Cruce tiene la mayor incidencia con 2262,480 m³ año⁻¹.

Figura 38*Huella Hídrica por estrato*

Nota. En la figura, se representa mediante el gráfico circular según los estratos: A (Balcones y Chirinos), B (El Cruce, El Limón, La Cordillera y La Laguna) y C (La Lima, Las Pirias, Naranjos, Nuevo Paraíso y Sillarrume), con huella del 18%, 43% y 39% respectivamente.

4.4. Análisis de las huellas

Las huellas obtenidas de los datos estudiados se presentan en un cuadro de resumen (tabla 15). Se considera los índices como la normalización de las huellas en un rango de 0 a 1, con el fin de estudiarlos en relación a sus estratos como también las bases ya descritas anteriormente y, además se realizará el análisis mediante el software SPSS 25.

Tabla 19*Resumen de huellas*

Estrato	Bases	HC kg CO2-eq	HH _v m ³	IHC	IHH
A	Balcones	57,981	144,364	0.4960	0.4312
	Chirinos	52,727	134,946	0.4236	0.3859
B	El cruce	94,516	262,480	1.0000	1.0000
	El Limón	39,061	101,132	0.2350	0.2230

	La cordillera	63,589	158,260	0.5734	0.4981
	La Laguna	64,106	171,384	0.5805	0.5613
	La Lima	56,242	142,820	0.4720	0.4238
	Las Pirias	22,024	54,812	0.0000	0.0000
C	Naranjos	44,905	91,868	0.3156	0.1784
	Nuevo Paraíso	51,365	129,696	0.4048	0.3606
	Sillarrume	71,469	198,404	0.6821	0.6914

Nota. En el cuadro se presenta el resumen de huellas obtenida, se normalizaron las huellas HC y HHv para compararlos y estudiarlos según lo descrito anteriormente.

Del cuadro de resumen de huellas (huella de carbono, huella hídrica, índice de huella de carbono e índice de huella hídrica) se realizó una prueba de normalidad, se consideró la prueba de Shapiro – Wilk por que los datos de cada variable son menos a 50. Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 07 y la tabla 15 para las cuatro variables descritas en el cuadro anterior. Se observa una distribución normal para todas las variables en cuestión siendo la huella de carbono el valor de 0.880, la huella hídrica 0.832 y los índices de la huella de carbono e hídrica es 0.880 y 0.832 respectivamente. Sin embargo, debido al número de datos obtenidos en cada categoría las pruebas a realizarse tendrán una naturaleza no paramétrica.

Tabla 20

Prueba de normalidad

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Huella de carbono	,153	11	,880
Huella hídrica	,183	11	,832
Índice de huella de carbono	,153	11	,880
Índice de huella hídrica	,171	11	,832

Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

También se muestra una la distribución que presentan los resultados obtenidos respecto a los estratos de la huella de carbono y huella hídrica, además se muestra sus índices.

La prueba de las medianas y la prueba de Kruskal-Wallis aplicadas a las variables categorizadas por estratos (A, B y C) para determinar diferencias significativas entre las medianas y distribución respectivamente, arrojaron que dichas diferencias no existen o no son significativas para los grupos como se describe en la tabla 17.

Tabla 21

Prueba de medianas y prueba de Prueba de Kruskal-Wallis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	Las medianas de Huella de Carbono son las mismas entre las categorías de Estratos.	Prueba de la media para muestras independientes	,255	Retener la hipótesis nula
2	La distribución de Huella de Carbono son las mismas entre las categorías Estratos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.	,479	Retener la hipótesis nula
3	Las medianas de Huella de Hídrica son las mismas entre las categorías de Estratos.	Prueba de la media para muestras independientes	,255	Retener la hipótesis nula
4	La distribución de Huella de Hídrica son las mismas entre las categorías Estratos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.	,367	Retener la hipótesis nula
5	Las medianas de Índice de Huella de Carbono son las mismas entre las categorías de Estratos.	Prueba de la media para muestras independientes	,255	Retener la hipótesis nula
6	La distribución de Índice de Huella de Carbono son las mismas entre las categorías Estratos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.	,479	Retener la hipótesis nula

7	Las medianas de Índice de Huella Hídrica son las mismas entre las categorías de Estratos.	Prueba de la media para muestras independientes	,255	Retener la hipótesis nula
8	La distribución de Índice de Huella Hídrica son las mismas entre las categorías Estratos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.	,367	Retener la hipótesis nula

Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

En la tabla 18, se ilustra el grado de relación entre ambas variables, ambas sugieren que existe relación significativa y directa con un grado de relación buena.

Tabla 22

Rho de Spearman

			HC	HHy
Rho de Spearman	Huella de carbono	Coefficiente de correlación	1,000	,0991**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	11	11
	Huella hídrica	Coefficiente de correlación	0991**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	11	11

Nota. Resultado obtenido del programa SPSS 25.

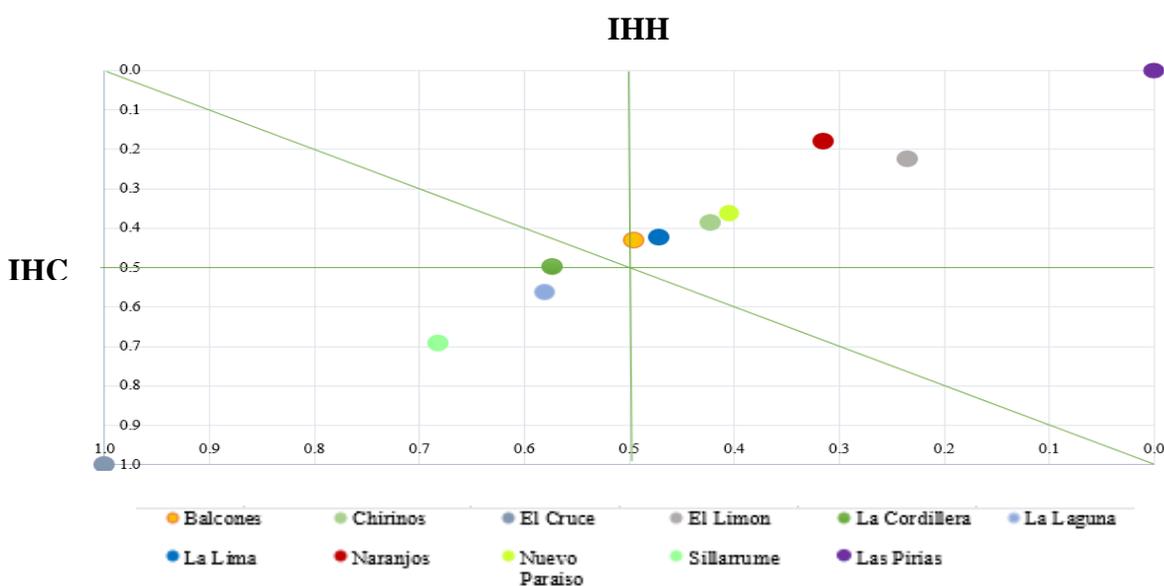
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

4.4.1. Evaluación de las Huellas

En la evaluación de las huellas, se realizó con la normalización ya descritas en la tabla 15. El diagrama de dispersión corresponde a los índices de huella de carbono y huella hídrica, en referencia a la figura 39, se ubica en 4 regiones.

Figura 39

Evaluación de las huellas



Nota. En la figura se puede observar que el 63% de las bases se encuentra en la zona I, quiere decir que es ecoeficiente y el 37 % son ecoineficientes.

4.4.2. Unidad Funcional por Huella

El elemento clave en el análisis del ACV se hace mediante una medida de función del sistema estudiado en este caso se ha determinado como unidad funcional (UF) la producción de café que esta expresa en kilogramos de café pergamino seco (kg cps).

Conocer mejor el comportamiento de estas huellas se describirá mediante las tablas 23 y 24 de calificación.

Tabla 23

Clasificación HC

Calificación	Intervalo kg CO₂eq/kg cps	Intervalo
Bajo (B)	<1.88 - 2.35]	B
Medio (M)	<2.35 - 2.82]	M
Moderado (Md)	<2.82 - 3.29]	Md
Alto (A)	<3.29 - 3.60]	A

Nota. Se propuso un sistema de calificación compuesto por 4 rangos basados en la identificación de menor a mayor, para identificar las emisiones de kg CO₂eq por kg cps, esto en relación a sus bases.

Tabla 24

Clasificación HH

Calificación	Intervalo m³ / kg cps	Intervalo
Bajo (B)	<5.05 - 5.91]	B
Medio (M)	<5.91 - 6.77]	M
Moderado (Md)	<6.77- 7.63]	Md
Alto (A)	<7.63 - 8.49]	A

Nota. En el cuadro se describe un sistema de calificación con 4 rangos, se relaciona principalmente en referencia a m³ por kg cps. Adaptado de “Huella Hídrica Verde y consumo de agua de las Veredas de Anolaima.”, por Forero y Pastor., 2014, Ciencia Unisalle, p. 33.

Comparando las bases con sus unidades funcionales. Por tema de orden, se presentó primero la tabla de la huella de carbono y posteriormente la huella hídrica.

Tabla 25

Unidad funcional por base, HC

	HC kg CO₂eq	Productividad kg cps	UF kg CO₂eq / kg cps	Calificación
Balcones	57,981	25,547	2.27	B
Chirinos	52,727	18,652	2.83	Md
El Cruce	94,516	43,586	2.17	B
El Limon	39,061	17,435	2.24	B
La cordillera	63,589	25,098	2.53	M
La Laguna	64,106	22,438	2.86	Md
La Lima	56,242	19,441	2.89	Md
Las Pirias	22,024	7,128	3.09	A
Naranjos	44,905	12,467	3.60	A
Nuevo Paraiso	51,365	15,981	3.21	Md
Sillarrume	71,469	30,470	2.35	B
Total	617,985	238,243		

Nota. En la tabla se observa que en la base Naranjos genera mas emisión de CO₂eq para producir 1 kilogramos de café pergamino seco, mientras que en la base El Cruce genera menos emisión con un valor de 2.17 CO₂eq/kg cps.

Tabla 26

Unidad funcional por base, HH

Bases	HHv m³	Productividad Kg cps	UF m³ / kg cps	Calificación
Balcones	144,364	25,547	5.65	B

Chirinos	134,946	18,652	7.24	Md
El cruce	262,480	43,586	6.02	M
El Limon	101,132	17,435	5.80	B
La cordillera	158,260	25,098	6.31	M
La Laguna	171,384	22,438	7.64	A
La Lima	142,820	19,441	7.35	Md
Las Pirias	54,812	7,128	7.69	A
Naranjos	91,868	12,467	7.37	Md
Nuevo Paraiso	129,696	15,981	8.12	A
Sillarrume	198,404	30,470	6.51	M
Total	1,590,166	238,243		

Nota. En la tabla se observa que en las Pirias para producir 7,128.08 kilogramos de café pergamino seco se requiere 54,812 m³ de agua. La base Balcones tiene un indicador bajo, con un valor de 5.65, en relación a los m³ con la unidad funcional propuesta.

A continuación, se halla la unidad funcional total por cada huella.

Tabla 27

Unidad funcional según la Huella de Carbono

	Productividad Total kg cps	HC Total kg CO₂eq	u-HC kg CO₂eq/kg cps
Total	238,243	617.985	2.5939

Nota. Según el resultado de la tabla quiere decir que en relación al dióxido de carbono equivalente emite 2.5939 por cada kilogramo de café pergamino seco.

Tabla 28*Unidad funcional según la Huella Hídrica*

	Productividad Total kg cps	HHv Total m3	u-HHv m3 / kg cps
Total	238,243	1,590,166	6.6745 6,6745 (m3/tn)

Nota. Según el resultado de la tabla quiere decir que en relación a la huella hídrica, se requiere 66745 m3 para producir 1 tonelada de kg cps.

4.5. Ecoeficiencia de la Producción

La ecoeficiencia se puede presentar como un indicador, en este caso con los cálculos del valor del mercado del producto en nuevos soles por kilogramos de café pergamino seco (S/. /kg cps) con el factor ambiental (kilogramos de dióxido de carbono equivalente por kilogramo de café pergamino seco - kg CO₂-eq / kg cps) para la huella de carbono, siendo el resultado de S/. / kg CO₂-eq. Para el caso de la huella hídrica se representa el valor del mercado del producto en nuevos soles por kilogramos de café pergamino seco (S/. /kg cps) con el factor ambiental (metros cúbicos por kilogramo de café pergamino seco – m³/kg cps), con siendo el resultado de S/. / m³, este indicador para la ecoeficiencia fue descrito en la sección de métodos.

4.5.1 Ecoeficiencia Obtenida por Huella

En la tabla 29, se calculó el indicador de ecoeficiencia descrita anteriormente en referencia al valor del mercado con la huella de carbono e hídrica totales. El valor del mercado se representa como S/750.00 por 55 kg de café pergamino seco.

Tabla 29

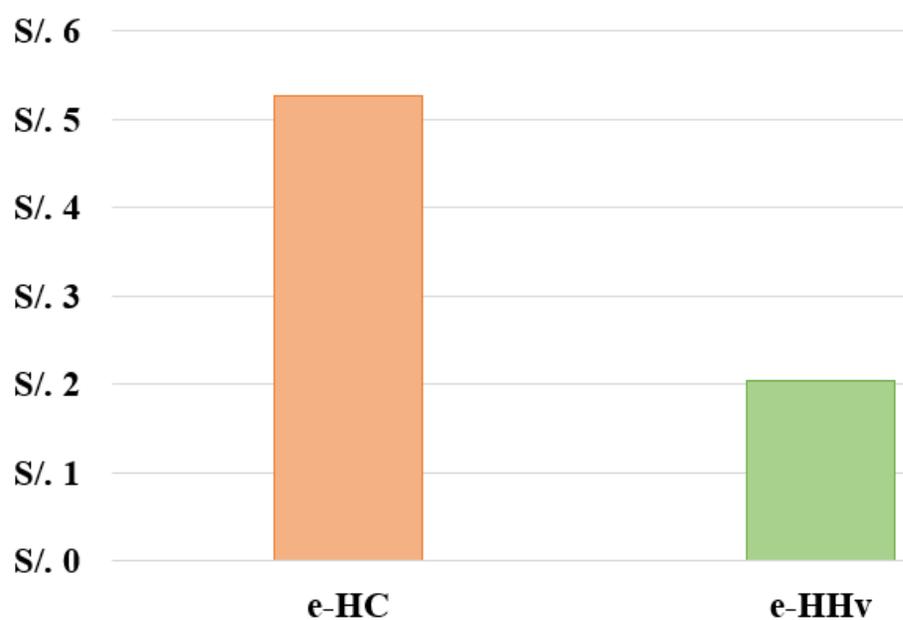
Ecoeficiencia de la Huella de carbono total (HC) y huella Hídrica total (HHv)

Indicador	e-HC S./ kg CO2-eq	e-HHv S./ m3
Nivel	5.26	2.04

Nota. Resultados en relación de las huellas para el nivel de ecoeficiencia

Figura 40

Ecoeficiencia de la huella de carbono e hídrica



Al obtener los valores de e-Hc y e-HHv, como se muestra en la figura 40, el análisis se detalla por separado, primeramente, para la ecoeficiencia de la huella de carbono (e-HC), resulta una relación en cuanto al dinero obtenido con respecto a las emisiones de kilogramo de dióxido de

carbono equivalente con un valor de 5.26 soles. Con respecto a la ecoeficiencia de la huella hídrica, tiene un valor de dinero obtenido de 2.04 soles, este valor es el resultado de compensación por el uso del recurso hídrico, en este caso la huella verde. Este análisis solo considera el factor económico más no ambiental.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En cuanto al cálculo de huella de carbono los resultados son respaldados por la metodología aprobada con la FAO (Vallejo et al., s.f.), considerando los alcances de tipo 1 y 2 que son los que están bajo control de la empresa, sin embargo, dado que se trabajó con datos bibliográficos y las encuestas a los caficultores y además de no haber sido considerada la captación de carbono por la biomasa de la planta. En relación a los resultados obtenidos, no tiene tanta diferencia con otros autores, por ejemplo, para Arias et al. (2018) las emisiones resultantes fueron de 1.05 hasta 3.56 kg CO₂eq / kg cps en comparación con los resultados de esta tesis fue de 2.5939 kg CO₂eq / kg cps.

Existen varios cálculos en el análisis de la huella hídrica mediante el uso del software CROPWAT (crop = cultivo, water = agua), siendo el más importante el de Calderón y Moya (2017), quienes realizaron su investigación en los cultivos de café en la etapa de producción dentro del municipio de Villeta Cundinamarca, siendo la evotranspiración del cultivo 373.5 mm, este valor es cercano en el presente estudio, la cual fue 308.8 mm, la diferencia se debe en el rendimiento del cultivo, factores climáticos, entre otros aspectos. En relación a los resultados de la huella verde, autor como Golcher (2013), tiene como resultados 1.304 m³/kg cps hasta un valor de 2.400 m³/kg cps, esto valores se debe a que el autor también calcula la huella hídrica y huella gris. Otro valor de la huella hídrica verde es de las autoras Forero y Pastor (2014), quienes tienen un resultado de un valor 5.022 m³/kg cps hasta 11.16 m³/kg cps, los valores obtenidos están dentro de los resultados de la tesis, siendo 6.6745 m³ / kg cps.

La importancia de abordar el desempeño actual de las empresas de producción, es conocer los principios y técnicas ecoeficientes que implementan para definir planes de acción sobre sus actuaciones ambientales que optimicen procesos limpios, respetuosos, amigables con el medio ambiente y por ende, lograr conjugar una excelencia empresarial con una excelencia ambiental (Sayago et al., 2014). La evaluación del ACV es importante para determinar los principales impactos y sus procesos que contribuyen a ello, para una buena evaluación del ACV, se recopila una mayor información acerca de las entradas y salidas para el cultivo relacionado, esto ayudaría a aumentar la confiabilidad de los resultados, en relación principalmente a las emisiones GEI.

VI. CONCLUSIONES

En el presente proyecto de tesis se estudió la ecoeficiencia en la producción de café pergamino seco, utilizando como herramienta el ACV (análisis de ciclo de vida), desde el manejo de cultivo hasta la recepción de café en la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. Para estimar las emisiones GEI (gases de efecto invernadero) generadas para la producción de café se referenció mediante la huella de carbono (dióxido de carbono equivalente CO₂ - eq) y en la estimación para el requerimiento de agua en la producción de café se referenció mediante la huella hídrica (metros cúbicos – m³). La prueba de media y de Kruskal-Wallis para muestras independientes resultaron ser las mismas entre categoría de estratos. Por lo tanto, se concluye que:

- El nivel de ecoeficiencia generado por las actividades de producción de café pergamino de los caficultores de la cooperativa agraria cafetalera la prosperidad determinados según el resultado de la tabla 29 se encuentra en un nivel óptimo. El resultado obtenido entre las huellas de carbono e hídrica es 5.26 y 2.04 soles respectivamente, la eficiencia de estas huellas es únicamente con relación al valor económico mas no ambiental.
- La huella de carbono obtenido en referencia a la unidad funcional es un total de 2.5939 kg CO₂-eq/ kg cps, quiere decir que por cada kilogramo de café pergamino seco se emiten 2.5939 kilogramos de dióxido de carbono equivalente. El proceso para la obtención del café pergamino seco genera una mayor emisión de GEI en relación a los recursos utilizados. El compost generado por la pulpa del café luego del beneficio húmedo genera el 93.91%, este resultado es sumamente alto, ya que, la pulpa del café

cerezo es el 66% y se recolecta en zonas destinadas por el caficultor para proceso de compostaje, esta descomposición emite emisiones GEI durante tres a cuatro meses, a diferencia que los demás inventarios como el saco, abono, combustible y la energía eléctrica solo generan contaminación durante la compra o su uso. Según la tabla 25, la base Naranjos tiene una clasificación alta según la unidad funcional con un valor de 3.60 kg CO₂eq/kg cps, a diferencia que la base El Cruce tiene una clasificación baja con un valor de 2.17 kg CO₂eq/kg cps.

- La huella hídrica obtenida en es un total de 6,6745 m³/kg cps, quiere decir que se requiere 1,590,166 m³ para producir 238,243 kilogramo de café pergamino seco. Las actividades de cultivo y producción de café en el distrito de Chirinos son únicamente con las precipitaciones pluviales, por ese motivo solo se realizó el estudio de la huella hídrica verde. Según la tabla 26, la base Las Pirias tiene una clasificación alta según la unidad funcional con un valor de 10.69 m³/kg cps, a diferencia que la base Balcones tiene una clasificación baja con un valor de 5.65 m³/kg cps.

VII. RECOMENDACIONES

- No se debe estimar el impacto ambiental en el procesamiento de un producto basándose en un proceso unitario sino en la suma de las emisiones generadas a lo largo de las etapas requeridas para la obtención del producto final.
- Para una mejor estimación de las emisiones generadas en la producción de café pergamino debe investigar desde el cultivo de café hasta su uso final. Es de suma importancia que cada caficultor realice un inventario de sus actividades por proceso en sus terrenos o hectáreas durante todo el año.
- Usar el ACV como herramienta ayudará a tener una mejor objetividad en la evaluación de las emisiones generadas asociadas al proceso. La información obtenida puede ser utilizada para optimizar los procesos productivos. Estos resultados invitan a la comunidad científica a seguir indagando sobre el tema y a tratar de relacionar estos resultados con otros factores de impacto ambiental como la captura potencial de carbono o considerando la huella de agua gris en el cálculo de la huella hídrica.

VIII. REFERENCIAS

- A. Pengue, W. (2015). *Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras*. Editorial Fronteras.
- Arias Hernández, J. J., Riaño herrera, N. M., Riaño Becerr, A. M., Ariza Camacho, W., Posada Suare, H. J., Valenzuela Andrade, J., . . . Castro Chavez, J. F. (2018). Determinación de la huella de carbono en el sistema de producción de café pergamino seco de cuatro municipios del sur del departamento del Huila (Colombia). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8. <https://doi.org/10.22490/21456453.2283>
- Balma Montero, C. (2018). *Comparación de las emisiones de gases efecto invernadero para dos tecnologías de tratamiento de residuos de pulpa de café en Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Barbosa de Brito, M., Dantas Fernandes, P., & da Silva Nunes Júnior, E. (2012). Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 181.
- Basset-Mens, C., & Ledgard, S. (2008). Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Elsevier*, 1615-1625.
- Beltrán Palomares, R. I. (2020). Conocimiento ecológico tradicional y conductas hacia la ecoeficiencia agrícola en pobladores de la provincia de Junín, Perú. *Ciencia y Desarrollo*, 111.
- Braz-Tangerino, F., Moreno-Hidalgo, M., Ferreira, M., Playán, E., Rodríguez-Sinobas, L., Serralheiro, R., & Pulido-Calvo, I. (2014). Visión del regadío. *Ingeniería del agua*, 18, 39-53.

- Caetano, M. B. (2012). A Framework for the Application of Eco-efficiency to the Technology Development Process. *Journal of technology management & innovation*, 28-29.
- Calderón Carrero, P. A., & Moya Garzón, L. k. (2017). *Cálculo comparativo de la huella hídrica como criterio de sostenibilidad para el sistema productivo de café en la microcuenca Quebrada Cune, municipio Villeta Cundinamarca*. Cundinamarca, Colombia.
- Cárdenas Arévalo, J. E., & Vásquez López, J. R. (2013). *Análisis del ciclo de vida del procesamiento y la distribución del café del beneficio ecológico en la finca Juancito y convencional en la finca La Montaña, Francisco Morazán, Honduras*. [Tesis de Grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano].
- Chao Zhang, & Diaz Anadon, L. (2014). A multi-regional input–output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China. *Elsevier*, 160.
- Delgado, J., Campos, W., & Dueñas, A. (2020). *Ecoeficiencia de la infraestructura hidráulica del sistema Chancay-Lambayeque y su impacto en la huella hídrica de la producción agrícola*. *Campus*, 25(30), 227-250.
- Doménech, J. L., & G. Arenales, M. (2008). *The ecological footprint of corporations: analysis of the Gijón Port authority's footprint in the period 2004-2007*. *Observatorio Iberoamericano*.
- Dueñas, A., Ccasani, J., & Huatuco, M. (2018). *Divergencia genética en caracteres técnico-productivos de frutas y su influencia en la captura de carbono y el consumo de agua*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Fabila Echaury, A. M., Minami, H., & Izquierdo Sandova, M. J. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes* 50, 35.

- FAO. (2014). *Emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra America Latina y el Caribe*.
- FAO. (2017). *Memorias de los Talleres de Agroecología y Roca del Café en Mesoamérica y República Dominicana*. Panamá: FAO.
- FAO. (2018). *Emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra America Latina y el Caribe*.
<https://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/238841/>
- Forero Peña, A. M., & Pastor Silva, E. P. (2015). *Aproximación a la huella hídrica del cultivo de café en el municipio de Anolaima y determinación de la presión generada por la demanda hídrica y descarga de aguas mieles*. Universidad de La Salle.
- Gandini, A., Quesada, L., Prieto, I., & Garmendia, L. (2021). *Climate change risk assessment: A holistic multi-stakeholder methodology for the sustainable development of cities*.
- Golcher B., C. (2013). *Aplicación del cálculo de huella hídrica para regiones de cultivos de café, banano y arroz en Costa Rica*. HIDROCEC.
- Gmünder, S., Toro, C., Rojas Acosta, J. M., & Rodríguez Valencia, N. (2020). *Huella Ambiental del café en Colombia*.
- Hellweg, S., & Milà i Canals, L. (2014). Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment. *Science*, 1109-1110.
- Hoogeveen, J., Faurès, M., Peiser, L., Burke, J., & Van de Giesen, N. (2015). GlobWat, a global water balance model to assess water use in irrigated agriculture. *Hydrol*, 3830-3831.
- Huppel, G., & Ishikawa, M. (2005). A Framework for Quantified Eco-efficiency Analysis. *FORUM*, 2.

- INEI. (2013). *Perú: Anuario de estadísticas ambientales 2015*. Oficina de Impresiones del Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INEI. (2020). *Anuario estadístico ambiental* .
- Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. Cepal.
- Legrand, E. (2004). *¿Reciclaje? ¿ACV? ¿Eco-eficiencia? En Ecoeficiencia*.
- LLamas Madurga, M. (2005). Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. *Rev.R.Acad. Cienc.Exact.Fís.Nat.*, 3.
- Llamas Burga, M. J. (2017). *Potencialidades y Limitantes del Desarrollo de la Agroexportación en la Región Cajamarca: 2010-2015*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Llerena Pinto, C. A., & Yalle Paredes, S. R. (2014). Los servicios ecosistémicos. En *Xilema Vol. 27* (pp. 65-66). Perú.
- Mancosu, N., Snyder, R., Kyriakakis , G., & Spano, D. (2014). Water scarcity and future challenges for Food Production. *Water*, 979-982.
- Mantilla, J. (2006). *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café*. Universidad de Caldas.
- Marengo-Mogollón, H. (2007). Agua virtual en México. *Comisión Nacional del Agua*, 121-132.
- MIDAGRI. (2020). *Situación actual del café en el país*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- MINAGRI. (2019). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de café*. www.minagri.gob.pe
- Niinimäki, K. (2015). *Ethical foundations in sustainable fashion*. Open Access.
- Núñez Blas, A. E. (2017). *Estimación de ecoeficiencia en edificios tradicional e inteligente, en el campus universitario de la PUCP*. PUCP.

- Ormeño Alvarado, G., & Ayala Hajar, R. (2016). *Estado de la Gestión Ecoeficiente del Sector Retail en el Perú Basado en la Aplicación de Buenas Prácticas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- P. Sayago, R., Ramírez de Egáñez, M., & Valero P., T. (2014). Ecoeficiencia Aplicada a la empresa de CVA CAFÉ C.A. *Sustentabilidad al día*, 1.
- Ribal, J., Clemente, G., & Sanjuan, N. (2009). Medición de la ecoeficiencia en procesos productivos en el sector agrario. Caso de estudio sobre producción de cítricos. *Economía agraria y recursos naturales*, 125-148.
- Rincon, E., & Wellens, A. (2011). *Cáculo de indicadores de ecoeficiencia para dos empresas*. Int. Contam. Ambien.
- Ruiz Carrera, M. (2014). *Últimas investigaciones en la fijación de carbono en los suelos con cultivos de importancia industrial*.
- Saynes Santillán, V., Etchevers Barra, J. D., Paz Pellat, F., & Alvarado Cárdenas, L. O. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34, 83-96.
- Sevilla, J. C. (2015). *Huella hídrica del Perú*. Novaprint S.A.C.
- Sierra Perez, J. (2016). *The introduction of eco-design for promoting the use of eco-materials: the cork as building material*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Statista. (2020). Ranking de los principales productores de café a nivel mundial. <https://es.statista.com/estadisticas/600243/ranking-de-los-principales-productores-de-cafe-a-nivel-mundial/#:~:text=Brasil%20encabez%C3%B3%20la%20clasificaci%C3%B3n%20mundial,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%2C%20respectivamente>.

- Stumr, A., & Muller, K. (2004). *A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators*. United Nations.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (s.f.). *EPA.gov*. Obtenido de EPA.gov: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- Vallejo Chavarri, A. L., Vallejo Solis, M. A., Nájera Fernández, J., & Garnier Zamora, L. A. (2017). *Guia metodológica para la huella de carbono y huella de agua en la producción bananera*.
- Wang, H., & Yang, Y. (2018). *Trends and Consumption Structures of China's Blue*. MDPI.
- Wilches Cifuentes, M. (2014). *Aplicación de análisis de ciclo de vida en la cadena agrícola del café para la generación de lineamientos de ventaja competitiva*. UPC.
- Zapata Ruiz, D. M. (2020). *Análisis y determinación de los costos de producción y la rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación en la provincia de Jaén, Cajamarca, Perú*. UNP.
- Zhang Yan, Y. (2007). Eco-efficiency of urban material metabolism: a case study in Shenzhen, China. *Elsevier*, 125-126.

IX. ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO
<p>Problema General ¿Cuál es el nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad?</p> <p>Problema Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Es posible determinar la huella de carbono en la producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad? • ¿Es posible determinar la huella hídrica en la producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad? 	<p>Objetivo General Identificar el nivel de ecoeficiencia realizado por las actividades de producción de café pergamino en los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la huella de carbono en condiciones de producción de café pergamino de los caficultores en la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. • Determinar huella hídrica en condiciones de producción de café pergamino de los caficultores en la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad. 	<p>Hipótesis General El nivel de ecoeficiencia realizado mediante las Actividades de producción de café pergamino de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad es óptimo</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si se determina las actividades de producción de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad, será posible determinar la huella de carbono en la producción de café pergamino. • Si se determina las actividades de producción de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad, será posible determinar la huella de hídrica en producción de café pergamino. 	<p>V1: Ecoeficiencia.</p> <p>V2:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Huella de carbono ○ Huella hídrica 	<p>Tipo de investigación: Investigación aplicada</p> <p>Método: Científico – analítico.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo y explicativo</p> <p>Técnica de investigación: Encuesta, diario de campo y análisis de documento.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental – Transeccional.</p> <p>Población: Productores de la Cooperativa La Prosperidad.</p> <p>Muestra:</p> $n = \frac{\sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 \sigma_i^2}{a_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i \sigma_i^2}$ <p>n(productores)= 146</p>

Anexo 02: Validación de Juicio de Expertos



Universidad Nacional
Federico Villarreal

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres Guevara Ventura, Wilter

1.2 Grado Académico: Magister

1.3 Cargo e Institución donde labora: Gerente General De Yaku Ingenieros Y Consultores E.I.R.L

1.4 Autor (a) del instrumento: Leonardo Dante Acuña Delgado

1.5 Criterios de aplicabilidad:

- a) De 01 a 09: (No valido, reformular)
- b) De 10 a 12: (No valido, modificar)
- c) De 13 a 15: (Valido, mejorar)
- d) De 16 a 17: (Valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (Valido, aplicar)

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cuantitativos	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy Bueno (16-17)	Excelente (18-20)
1) Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.				17	
2) Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					18
3) Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					18
4) Organización	Existe una organización lógica.					19
5) Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					20
6) Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				16	
7) Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					20
8) Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.				17	
9) Metodología	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar la hipótesis.					20
10) Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					20



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Promedio de valoración: 18

Opinión de aplicabilidad: a) No valido, reformular

b) No valido, modificar

c) Valido, mejorar

d) Valido, precisar

e) Valido, aplicar

Ing. Wilter Cueva Ventura

DNI No: 47181140

CIP.287024

Celular: 975389619

San Marcos, 15 de enero del 2020

Experiencia Profesional:

Sub Gerente de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de San Silvestre de Cochán (06 de enero al 31 de diciembre del 2020).

Responsable de la campaña “SEMBRANDO VIDA EN NUESTROS TERRITORIOS COMUNALES”, (siembra de 8000 plántones de pino coordinado con la Dirección Regional de Agricultura Cajamarca (Gerencia de Forestales) y la Asociación ProDesarrollo - Derechos Humanos y Medio Ambiente, Asociación civil “Comité Descentralizado de Rondas Urbanas de Cajamarca” y las diferentes bases Ronderiles del Distrito de Tumbaden Realizado el 20 al 30 de enero ,2018.

Estudio hidrológico de la micro cuenca en el ámbito de la propuesta de sitio Ramsar lagunas de Alto Perú, San Cirilo y Yanacanchilla de las provincias de San Pablo, San Miguel, Hualgayoc y Cajamarca 2014-2015



FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Chuquicondor Villafuerte, Rafael Cleto

1.2 Grado Académico: Magister

1.3 Cargo e Institución donde labora: INVERGEP SAC

1.4 Autor (a) del instrumento: Leonardo Dante Acuña Delgado

1.5 Criterios de aplicabilidad:

- a) De 01 a 09: (No valido, reformular)
- b) De 10 a 12: (No valido, modificar)
- c) De 13 a 15: (Valido, mejorar)
- d) De 16 a 17: (Valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (Valido, aplicar)

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cuantitativos	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy Bueno (16-17)	Excelente (18-20)
		1	2	3	4	5
1) Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.				17	
2) Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					18
3) Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					19
4) Organización	Existe una organización lógica.					19
5) Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				17	
6) Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.				17	
7) Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				18	
8) Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					19
9) Metodología	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar la hipótesis.					18
10) Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					18



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Promedio de valoración: 18

Opinión de aplicabilidad: a) No valido, reformular

b) No valido, modificar

c) Valido, mejorar

d) Valido, precisar

e) Valido, aplicar

Mg. Rafael Cleto Chuquicondor Villaфуerte

Tel.: 923283564

DNI No: 74045847

Lima, 11 de febrero del 2020

Experiencia profesional:

Asesoría en la empresa INVERGEP SAC en temas de residuos sólidos. Docente universitario por más de 10 años.

Docente universitario – Universidad Nacional Federico Villareal.



**FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN JUICIO DE EXPERTOS**

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Aladino Pérez Cabrera

1.2 Grado Académico: Ing. Agrónomo

1.3 Cargo e Institución donde labora: Resp. Agricultura Ecológica Coop. "La Prosperidad"

1.4 Autor (a) del instrumento: Leonardo Dante Acuña Delgado

1.5 Criterios de aplicabilidad:

- a) De 01 a 09: (No valido, reformular)
- b) De 10 a 12: (No valido, modificar)
- c) De 13 a 15: (Valido, mejorar)
- d) De 16 a 17: (Valido, precisar)
- e) De 18 a 20: (Valido, aplicar)

II. ASPECTOS DE VALIDACION

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cuantitativos	Deficiente (01-09)	Regular (10-12)	Bueno (13-15)	Muy Bueno (16-17)	Excelente (18-20)
1) Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.					19
2) Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					17
3) Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.					18
4) Organización	Existe una organización lógica.					18
5) Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					18
6) Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.					18
7) Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.					17
8) Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.					18
9) Metodología	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar la hipótesis.					19
10) Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.					18



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Promedio de valoración: 18

Opinión de aplicabilidad: a) No valido, reformular

b) No valido, modificar

c) Valido, mejorar

d) Valido, precisar

e) Valido, aplicar

Firma

Telf.: 967509501

CIP: 211866

DNI No: 45328396

Experiencia profesional

Responsable del Departamento de Agricultura Ecológica e Investigador de la Coop. "La Prosperidad" en San Ignacio – Cajamarca (03/17/2018 – hasta la actualidad)

Anexo 03: Encuesta Aplicada a los Caficultores

Cuestionario aplicado a los caficultores

Apreciado caficultor, actualmente estamos realizando el trabajo de tesis denominado: “**ECOEficiencia a través de la Cadena de Producción de Café Pergamino para la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad**”.

En consecuencia, solicitamos su colaboración respondiendo el presente instrumento de la forma más veraz y objetiva posible, para determinar los datos necesarios para la investigación.

La información tiene carácter de anónimo.

Instrucciones generales

- ✓ Lea detenidamente cada ítem antes de responder.
- ✓ Sea lo más veraz posible.

1. Información y Conceptos Generales

Provincia: San Ignacio..... **Distrito:** Chirinos

Caserío:

Grado de estudio: 1) Sin estudio 2) Primaria 3) Secundaria 4) Superior

Edad: **Sexo:**

Escala de Likert: 1) Nada 2) Poco 3) Algo 4) Bastante 5) Demasiado

Dimensión: Valor económico de ecoeficiencia					
Preguntas	Escala de Likert				
	Nada	Poco	Algo	Bastante	Demasiado
1. ¿Sabe usted que es la ecoeficiencia?					
2. ¿Cuenta usted con capacitaciones para el uso adecuado de sus recursos?					
3. ¿Sabe usted es el nivel de pobreza en su distrito?					
4. ¿Sus ingresos en venta de café pergamino seco es bueno?					
5. Respecto los gastos de investigación y desarrollo en su localidad, ¿Qué puntaje aplicaría?					
6. ¿Sabe usted que es un indicador de ecoeficiencia?					
Dimensión: Emisiones GEI					
Preguntas	Nada	Poco	Algo	Bastante	Demasiado
7. ¿Sabe usted que es la huella de carbono?					
8. ¿Sabe usted que son los gases de efecto invernadero (GEI)?					
9. ¿Sabe usted la cantidad de emisiones GEI en las actividades que realiza?					
10. ¿Sabe usted el significado del dióxido de carbono equivalente?					
Dimensión: Agua requerida en los cafetos					
Preguntas	Nada	Poco	Algo	Bastante	Demasiado
11. ¿Sabe usted que es la huella hídrica?					
12. ¿Sabe usted que es la huella azul?					
13. ¿Sabe usted que es la huella verde?					
14. ¿Sabe usted que es la huella gris?					
15. ¿Sabe usted la cantidad mínima requerida de agua en sus cafetos?					

2. Manejo y Cosecha

16. ¿Cuenta con alguna certificación?

- a. Si, la entidad certificadora es:
- b. No.

17. ¿Con cuantas hectáreas de café cuenta actualmente?

.....

18. ¿Sabe usted qué tipo de suelo es su hectárea?

- a. arenoso b. franco-arenoso c. franco-arcilloso d. arcilloso-limoso e. arcilloso

19. ¿Realiza el encalado del suelo en(s) su hectárea(s) de café?

<i>No ()</i>		
<i>Si ()</i>		
<i>Encalado</i>	<i>Veces al año</i>	<i>Kg/ha</i>
Cal molida o piedra caliza	1	
	2	
	3	
	4	
Cal dolomítica	5 a mas	
Otro:		

20. ¿Qué tipo de abono utiliza?

<i>Tipo</i>	<i>Nombre</i>	<i>Cantidades y unidad de medida</i>	
		<i>Saco (unidad/ ha)</i>	<i>Peso (kg)</i>
Orgánico	Pachacuche		
	Compost de café		
	Guano de isla		
	Otro:		

21. ¿Cuántas veces al año abona y/o fertiliza su(s) hectárea(s)?

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> 1 | <input type="radio"/> 4 |
| <input type="radio"/> 2 | <input type="radio"/> 5 a mas |
| <input type="radio"/> 3 | |

22. ¿Cuántas veces realiza la poda en las plantas de café al año?

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> 1 | <input type="radio"/> 4 |
| <input type="radio"/> 2 | <input type="radio"/> 5 a mas |
| <input type="radio"/> 3 | |

23. ¿Qué tipo plagas y/o enfermedades afecta actualmente a su café?

<i>Plaga y/o enfermedad</i>	<i>Marque</i>
Roya (Hemileia vastatrix)	
Ojo de gallo (Mycena Tricolor)	
Broca (Hypothenemus hampei)	
Mancha de hierro (Cercospora coffeicola)	
Antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides)	
Mal del talluelo (Rhizoctonia solani)	
Otro:	

3. Post – Cosecha

29. ¿Qué tipo de despulpado realiza?

- a. Manual
- b. Eléctrico
 - Potencia:
 - Capacidad: (kg/h)
- c. Motor:
 - Potencia:
 - Capacidad: (kg/h)
 - Tipo de combustible:
 - Consumo (litros):

30. ¿Cuántas horas trabaja al día la despulpadora luego de la cosecha y cuantos días?

.....

31. ¿Qué tipo de secado utiliza y que tiempo se requiere?

- a. Patio ()
- b. Secadora solar ()
- c. Mecánico ()

Horas:

32. ¿Qué tipo de transporte utiliza la cooperativa y a que distancia se encuentra?

<i>Transporte</i>	<i>Distancia</i>	<i>Tipo de combustible</i>	<i>Consumo (Gal)/km</i>	<i>GPS (punto de embarque)</i>

Anexo 04: Cultivos de café en los caseríos del distrito de Chirinos, según productor encuestado.

Base	Caserío	Caficultor	Tierra (HA)	Abono (kg)	Densidad (Plantas/ha)	Genero	Edad	Entidad de Certificación	Latitud	Longitud	Altitud
	San Francisco	1	2.3	1,463	4,600	mujer	51	IMOCert	-5.297972	-78.948874	1821
	San Francisco	2	2.5	1,500	4,800	hombre	41	IMOCert	-5.290337	-78.950071	1641
	Balcones	3	3.8	2,813	5,000	hombre	30	IMOCert	-5.290507	-78.963131	1760
	Nueva Esperanza	4	3.5	2,100	4,700	hombre	42	IMOCert	-5.288501	-78.971128	1682
	Balcones	5	3.0	1,800	4,700	hombre	29	IMOCert	-5.286491	-78.956487	1545
	Nueva Esperanza	6	1.0	700	4,800	hombre	37	Ecocert	-5.28932	-78.960998	1728
	San Francisco	7	2.3	1,350	4,900	hombre	36	Ecocert	-5.293038	-78.956606	1733
Balcones	Nueva Esperanza	8	3.2	2,080	4,500	hombre	38	IMOCert	-5.288032	-78.969031	1686
	Balcones	9	3.5	2,275	4,500	hombre	43	IMOCert	-5.290949	-78.954203	1716
	Nueva Esperanza	10	3.0	1,950	4,900	hombre	35	IMOCert	-5.287787	-78.966662	1674
	Balcones	11	2.0	1,300	4,700	hombre	60	IMOCert	-5.290638	-78.963519	1777
	Nueva Esperanza	12	3.0	2,250	4,600	mujer	34	IMOCert	-5.305263	-78.898433	1850
	San Francisco	13	3.0	1,800	4,600	mujer	46	IMOCert	-5.297522	-78.948698	1816
	San Francisco	14	5.5	4,125	4,900	hombre	49	IMOCert	-5.296786	-78.94876	1790
	Balcones	15	5.3	3,445	4,500	hombre	37	IMOCert	-5.286074	-78.955656	1587
	Chirinos	16	2.5	1,625	5,000	hombre	52	IMOCert	-5.306066	-78.898724	1857
	Chirinos	17	6.5	4,550	5,000	hombre	33	IMOCert	-5.305949	-78.898508	1857
	Chirinos	18	3.0	1,950	5,000	hombre	37	IMOCert	-5.307598	-78.889776	1596
	Chirinos	19	4.5	2,925	4,820	hombre	46	IMOCert	-5.304718	-78.899494	1879
	San Pedro	20	3.0	1,800	4,900	mujer	50	IMOCert	-5.315719	-78.904658	1498
	Chirinos	21	4.0	3,000	4,800	hombre	61	IMOCert	-5.298565	-78.893199	1853
Chirinos	Chirinos	22	0.8	563	5,000	mujer	38	Ecocert	-5.304398	-78.899844	1863
	San Miguel	23	3.8	2,438	4,800	mujer	62	IMOCert	-5.298735	-78.86187	1630
	Chirinos	24	1.0	450	4,600	mujer	37	IMOCert	-5.307549	-78.8969	1807
	Chirinos	25	2.0	1,500	4,600	hombre	48	IMOCert	-5.310505	-78.893979	1802
	Chirinos	26	6.2	4,030	4,800	hombre	46	IMOCert	-5.304382	-78.902293	1731
	La Palma	27	4.5	2,700	4,751	hombre	59	IMOCert	-5.275598	-78.947304	1765
	La Union	28	2.0	1,300	4,751	hombre	43	IMOCert	-5.302525	-78.899857	1920
El cruce	La Meseta	29	3.0	1,950	5,000	hombre	43	IMOCert	-5.315925	-78.886118	1632

La Meseta	30	4.5	2,925	5,000	hombre	59	IMOCert	-5.307423	-78.897259	1849
El Cruce	31	7.5	4,875	4,600	hombre	40	IMOCert	-5.317494	-78.887263	1666
Huarango Casado	32	4.5	3,150	4,800	hombre	52	IMOCert	-5.321847	-78.878657	1630
Ventanas	33	3.5	2,275	4,600	hombre	51	IMOCert	-5.330393	-78.886215	1638
Pampa De La Quinua	34	5.3	3,413	4,600	hombre	33	IMOCert	-5.331179	-78.862461	1200
La Meseta	35	4.0	2,400	4,800	hombre	68	IMOCert	-5.313789	-78.882415	1354
Huarango Casado	36	1.5	900	5,000	mujer	41	IMOCert	-5.320418	-78.880101	1640
La Meseta	37	3.0	1,950	4,700	hombre	47	IMOCert	-5.312604	-78.889459	1614
El Cruce	38	2.8	1,788	4,700	hombre	54	IMOCert	-5.327129	-78.882471	1599
Huarango Casado	39	5.5	4,125	4,780	hombre	67	IMOCert	-5.318811	-78.884514	1811
El Cruce	40	5.0	3,250	4,600	hombre	47	IMOCert	-5.309726	-78.894181	1762
El Cruce	41	3.3	2,113	4,600	hombre	34	IMOCert	-5.316492	-78.889006	1728
El Cruce	42	2.5	1,750	5,000	mujer	46	IMOCert	-5.312038	-78.892869	1742
San Cristobal	43	3.3	2,113	5,000	hombre	62	IMOCert	-5.329521	-78.871635	1460
Huarango Casado	44	6.0	3,900	4,600	hombre	61	IMOCert	-5.324927	-78.875199	1552
Huarango Casado	45	1.5	900	4,800	mujer	37	IMOCert	-5.321818	-78.878718	1672
Huarango Casado	46	1.0	6,750	4,200	hombre	48	IMOCert	-5.318959	-78.882416	1677
Chirinos	47	2.5	1,875	4,600	hombre	43	IMOCert	-5.316309	-78.896019	1664
La Meseta	48	1.5	975	4,500	mujer	62	IMOCert	-5.313772	-78.888741	1618
Chirinos	49	3.5	1,575	4,800	mujer	46	IMOCert	-5.307751	-78.896866	1805
Huarango Casado	50	3.0	2,250	5,000	hombre	25	IMOCert	-5.320347	-78.880165	1656
Huarango Casado	51	1.5	1,050	4,751	mujer	38	IMOCert	-5.318363	-78.884971	1703
Huarango Casado	52	3.0	1,950	4,700	hombre	35	IMOCert	-5.307645	-78.896869	1807
Huarango Casado	53	2.5	1,625	4,751	hombre	45	IMOCert	-5.318363	-78.884971	1713
Pueblo Libre	54	4.5	2,700	4,700	hombre	40	IMOCert	-5.31471	-78.952542	1838
Pacasmayo	55	1.8	1,050	4,800	hombre	36	IMOCert	-5.31775	-78.96041	1793
Pacasmayo	56	3.0	1,950	4,600	hombre	35	IMOCert	-5.318196	-78.959379	1739
El Limon	57	2.0	1,300	5,000	hombre	35	IMOCert	-5.320746	-78.941449	1619
El Limon Pacasmayo	58	4.0	3,000	4,600	mujer	45	IMOCert	-5.321112	-78.959514	1708
El Limon	59	3.0	1,950	4,700	hombre	40	IMOCert	-5.315065	-78.937887	1772
Pacasmayo	60	2.5	1,625	4,800	hombre	27	IMOCert	-5.31045	-78.967623	1867
El Limon	61	3.5	2,450	4,600	hombre	48	IMOCert	-5.324765	-78.950714	1596
El Limon	62	2.5	1,625	4,800	mujer	38	IMOCert	-5.31639	-78.942651	1703
El Limon	63	2.0	3,250	4,900	hombre	37	IMOCert	-5.319289	-78.94737	1552

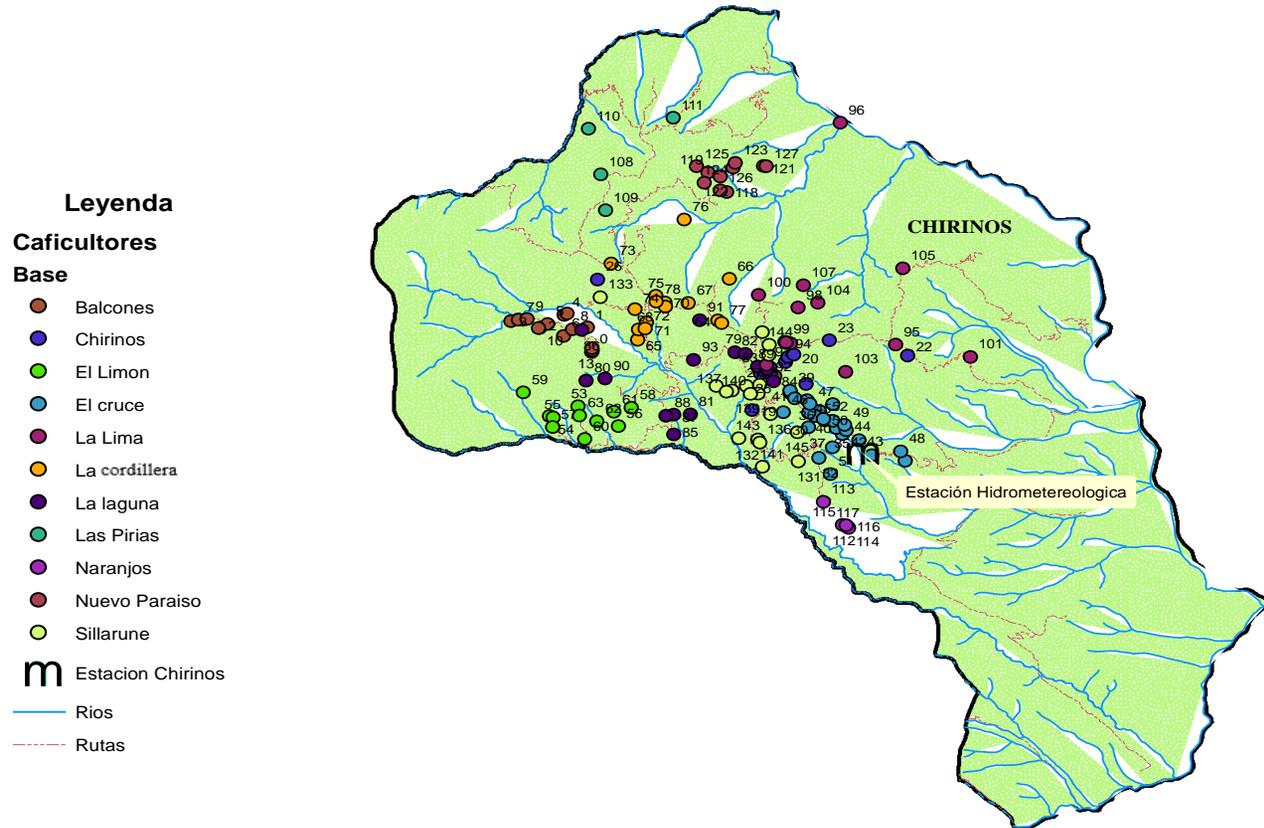
	Pueblo Libre	64	4.0	2,600	5,000	hombre	52	IMOCert	-5.317595	-78.952152	1792
	Shimanilla	65	2.5	1,625	5,000	hombre	43	IMOCert	-5.288051	-78.914148	1897
	La Cordillera	66	3.0	1,800	5,000	mujer	34	IMOCert	-5.294109	-78.936225	1517
	Shimanilla	67	2.0	1,500	4,800	hombre	53	IMOCert	-5.275263	-78.911057	1681
	La Cordillera	68	5.0	3,750	4,600	hombre	44	IMOCert	-5.307618	-78.896846	1804
	La Cordillera	69	4.0	2,600	4,600	mujer	31	IMOCert	-5.290988	-78.935978	1575
	La Cordillera	70	1.0	450	4,600	hombre	49	IMOCert	-5.283098	-78.929397	1818
	La Cordillera	71	5.0	3,750	4,800	hombre	56	IMOCert	-5.283172	-78.928854	1788
La coordillera	La Cordillera	72	2.0	1,400	4,900	mujer	24	IMOCert	-5.28873	-78.933765	1672
	La Cordillera	73	4.0	2,600	5,000	hombre	36	IMOCert	-5.290672	-78.934163	1550
	La Palma	74	2.0	1,300	5,000	hombre	33	IMOCert	-5.270595	-78.94358	1883
	La Cordillera	75	3.5	2,100	5,000	mujer	38	IMOCert	-5.284712	-78.937011	1680
	La Cordillera	76	2.0	1,200	4,800	mujer	44	IMOCert	-5.281139	-78.931173	1827
	Alto Cordillera	77	8.0	5,200	5,000	hombre	36	IMOCert	-5.256982	-78.923512	1393
	La Cordillera	78	2.8	1,788	4,800	hombre	33	IMOCert	-5.288909	-78.913142	1897
	La Cordillera	79	4.5	3,375	4,600	mujer	41	IMOCert	-5.282532	-78.930291	1814
	La Laguna	80	1.5	1,125	4,600	mujer	73	IMOCert	-5.297862	-78.909388	1702
	La Laguna	81	7.0	4,550	4,600	hombre	69	IMOCert	-5.306818	-78.950393	1892
	Santa Rosa	82	9.0	5,850	4,800	mujer	56	IMOCert	-5.317077	-78.921602	1438
	La Laguna	83	4.3	2,975	4,900	hombre	66	IMOCert	-5.298415	-78.906548	1823
	La Laguna	84	3.0	1,950	5,000	hombre	41	IMOCert	-5.303545	-78.901625	1899
	La Laguna	85	2.0	1,300	5,000	mujer	58	IMOCert	-5.306814	-78.898817	1833
La laguna	Santa Rosa	86	1.3	750	5,000	mujer	45	IMOCert	-5.323315	-78.926187	1423
	Huacacuro	87	4.5	3,375	5,000	mujer	65	IMOCert	-5.291136	-78.951606	1698
	Santa Rosa	88	2.3	1,688	4,800	hombre	53	IMOCert	-5.317215	-78.926175	1582
	Santa Rosa	89	3.0	1,950	4,600	mujer	43	IMOCert	-5.317557	-78.928324	1611
	La Laguna	90	5.8	2,588	4,600	hombre	44	IMOCert	-5.302273	-78.90317	1901
	Huacacuro	91	4.0	3,000	4,600	hombre	53	IMOCert	-5.30608	-78.945132	1716
	La Laguna	92	4.0	2,600	4,800	hombre	58	IMOCert	-5.288029	-78.91918	1764
	Santa Rosa	93	2.0	1,200	4,900	mujer	50	IMOCert	-5.307668	-78.896935	1804
	La Laguna	94	2.0	1,300	4,600	hombre	31	IMOCert	-5.300277	-78.920814	1522
	La Lima	95	2.0	1,300	4,600	hombre	28	IMOCert	-5.295016	-78.895203	1953
La Lima	San Miguel	96	3.3	2,113	4,600	hombre	37	IMOCert	-5.295364	-78.865213	1635
	La Lima	97	4.0	2,600	4,800	hombre	31	IMOCert	-5.226982	-78.880683	551

	La Union	98	1.8	1,138	4,900	mujer	41	IMOCert	-5.301776	-78.900691	1928
	La Lima	99	5.5	3,300	5,000	mujer	49	IMOCert	-5.284008	-78.892117	1788
	La Lima	100	3.0	2,250	5,000	hombre	48	IMOCert	-5.294615	-78.895652	1919
	La Union	101	4.0	3,000	5,000	hombre	51	IMOCert	-5.280144	-78.90297	1792
	San Miguel	102	2.0	1,300	5,000	hombre	47	IMOCert	-5.299108	-78.844588	1139
	La Lima	103	4.3	1,913	5,000	mujer	56	IMOCert	-5.29509	-78.894097	1940
	Churupampa	104	5.0	3,750	5,000	hombre	39	IMOCert	-5.303837	-78.878921	1568
	La Lima	105	2.0	1,300	5,000	mujer	46	Ecocert	-5.282524	-78.886645	1738
	El Higueron	106	6.0	3,900	5,000	mujer	59	Ecocert	-5.27182	-78.863303	1400
	La Lima	107	1.5	975	4,800	hombre	33	Ecocert	-5.294815	-78.895364	1900
	La Union	108	2.0	1,500	4,600	mujer	80	IMOCert	-5.277138	-78.89062	1591
	Las Pirias	109	2.8	1,650	4,600	hombre	39	IMOCert	-5.243135	-78.94653	1768
Las Pirias	Las Pirias	110	8.0	6,000	4,600	hombre	48	IMOCert	-5.254179	-78.945161	1812
	Las Pirias	111	3.0	1,950	4,800	mujer	52	IMOCert	-5.229016	-78.949998	1552
	La Tranca	112	4.0	2,600	4,900	hombre	43	IMOCert	-5.225586	-78.926676	1588
	Naranjos	113	9.5	6,650	4,600	mujer	55	IMOCert	-5.351364	-78.878678	1325
	Naranjos	114	3.8	2,438	4,600	hombre	49	IMOCert	-5.343978	-78.884929	1546
Naranjos	Naranjos	115	6.3	4,063	4,600	mujer	35	IMOCert	-5.351655	-78.878188	1318
	Naranjos	116	1.3	750	4,800	hombre	42	IMOCert	-5.350995	-78.879668	1333
	Naranjos	117	5.0	3,750	4,600	mujer	40	IMOCert	-5.351954	-78.87797	1308
	Naranjos	118	4.0	3,000	4,700	hombre	51	IMOCert	-5.351138	-78.878628	1292
	Nuevo Paraiso	119	5.0	3,250	4,800	hombre	57	IMOCert	-5.248437	-78.911839	1539
	Vista Alegre	120	1.0	450	4,600	mujer	29	IMOCert	-5.242433	-78.917028	1672
	San Miguel	121	5.0	3,750	4,800	mujer	40	IMOCert	-5.240902	-78.91014	1603
	San Miguel	122	2.0	1,300	4,900	hombre	66	IMOCert	-5.240402	-78.901748	1383
Nuevo Paraiso	Vista Alegre	123	3.0	1,950	5,000	mujer	55	IMOCert	-5.243644	-78.913653	1596
	San Miguel	124	6.5	4,225	5,000	hombre	26	IMOCert	-5.239471	-78.909549	1546
	Vista Alegre	125	6.0	4,500	5,000	hombre	59	IMOCert	-5.245591	-78.918048	1695
	Vista Alegre	126	3.0	1,800	4,800	hombre	45	Ecocert	-5.240548	-78.920177	1719
	Nuevo Paraiso	127	3.5	2,100	4,600	hombre	41	IMOCert	-5.24795	-78.913653	1585
	San Miguel	128	7.0	4,550	4,600	hombre	35	IMOCert	-5.2405	-78.90099	1332
	Chirinos	129	1.0	650	4,600	mujer	49	IMOCert	-5.304574	-78.899435	1864
Sillarune	Sillarrume	130	0.8	525	4,800	mujer	54	IMOCert	-5.316961	-78.899568	1609
	San Pedro	131	2.8	1,788	4,600	hombre	38	IMOCert	-5.308275	-78.914507	1556

Chulalapa	132	5.5	3,575	4,600	hombre	40	IMOCert	-5.331556	-78.891835	1422
Chulalapa	133	3.5	2,100	4,800	hombre	84	IMOCert	-5.324782	-78.903008	1312
Chulalapa	134	6.5	4,875	4,900	hombre	38	IMOCert	-5.281042	-78.946537	1579
San Pedro	135	4.5	3,375	5,000	hombre	42	IMOCert	-5.309695	-78.910211	1632
Sillarrume	136	1.3	813	5,000	mujer	38	IMOCert	-5.30763	-78.897185	1813
Chulalapa	137	3.0	2,100	5,000	hombre	46	IMOCert	-5.325712	-78.902507	1281
San Pedro	138	2.0	1,300	5,000	hombre	45	IMOCert	-5.310056	-78.91175	1570
San Pedro	139	7.5	4,875	5,000	hombre	47	IMOCert	-5.307864	-78.902567	1715
San Pedro	140	4.3	2,550	5,000	mujer	59	IMOCert	-5.310623	-78.903055	1663
Sillarrume	141	2.0	1,500	5,000	hombre	57	IMOCert	-5.308696	-78.896702	1806
Chulalapa	142	3.0	2,250	5,000	hombre	70	IMOCert	-5.333146	-78.901695	1116
Chirinos	143	3.0	1,950	4,800	mujer	54	IMOCert	-5.298658	-78.900036	1959
Chulalapa	144	3.0	1,350	4,600	mujer	63	IMOCert	-5.324462	-78.908262	1244
San Pedro	145	8.5	6,375	4,600	hombre	52	IMOCert	-5.30547	-78.898086	1856
Chulalapa	146	2.3	1,463	4,600	hombre	40	IMOCert	-5.322516	-78.892133	1613

Nota. Recopilado de las encuestas y data de la Cooperativa Agraria Cafetalera La Prosperidad.

Anexo 05: Georreferenciación de los caficultores de la Cooperativa Agraria Cafetalera la Prosperidad

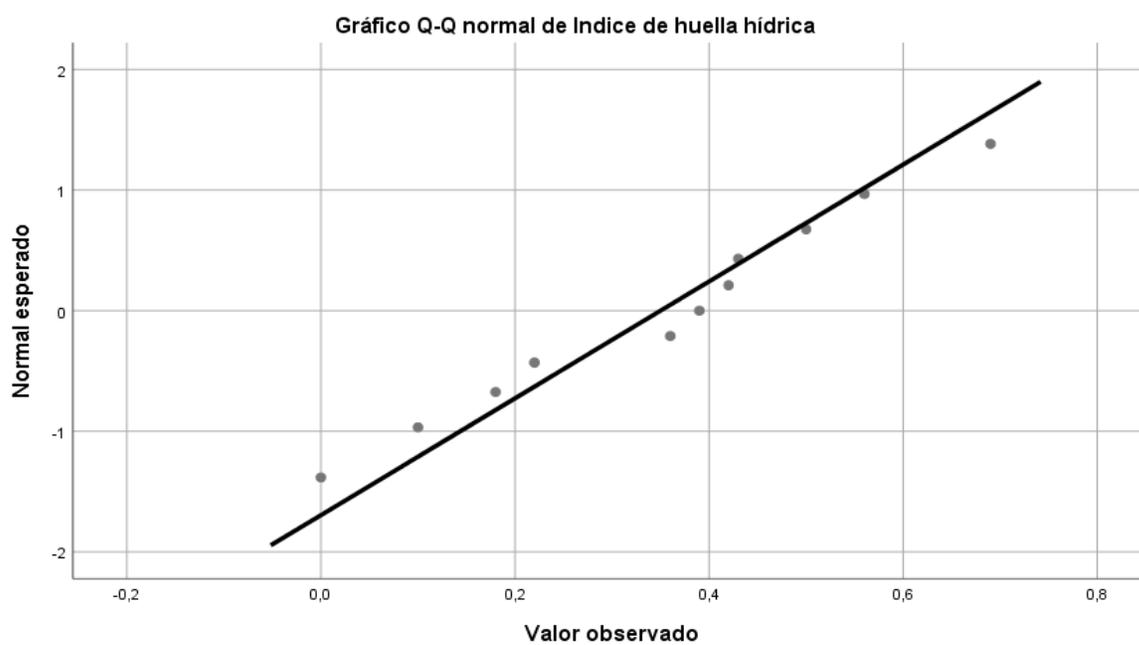
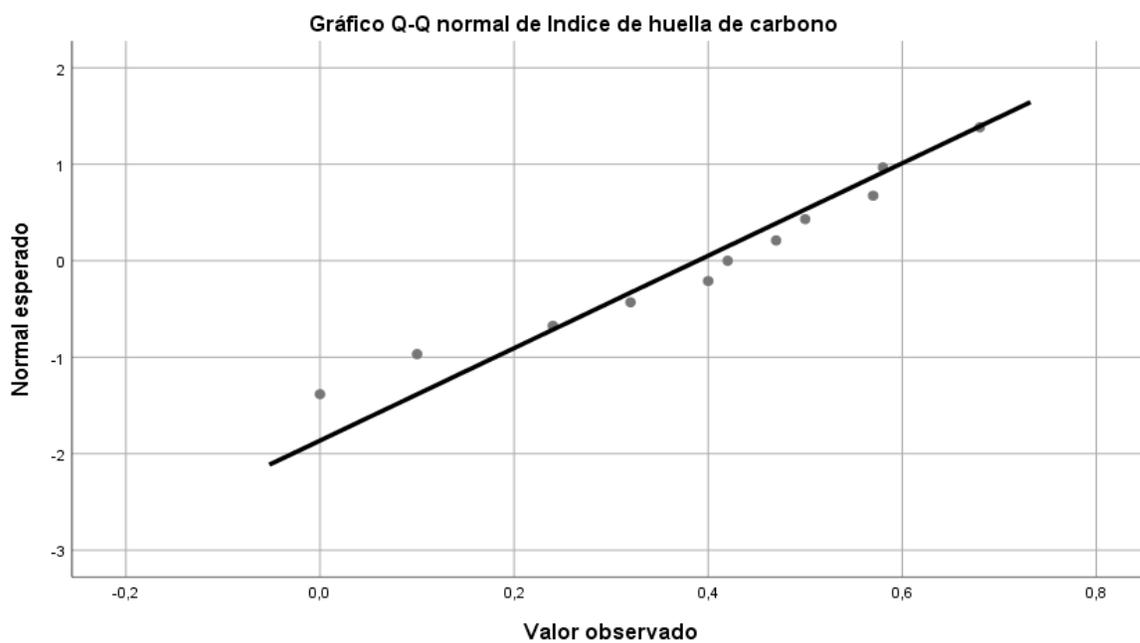


Nota. Elaborado mediante el programa ArcGIS.

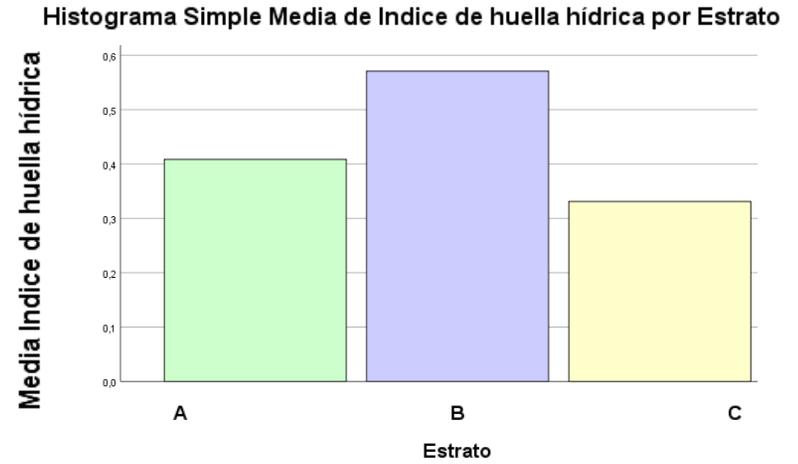
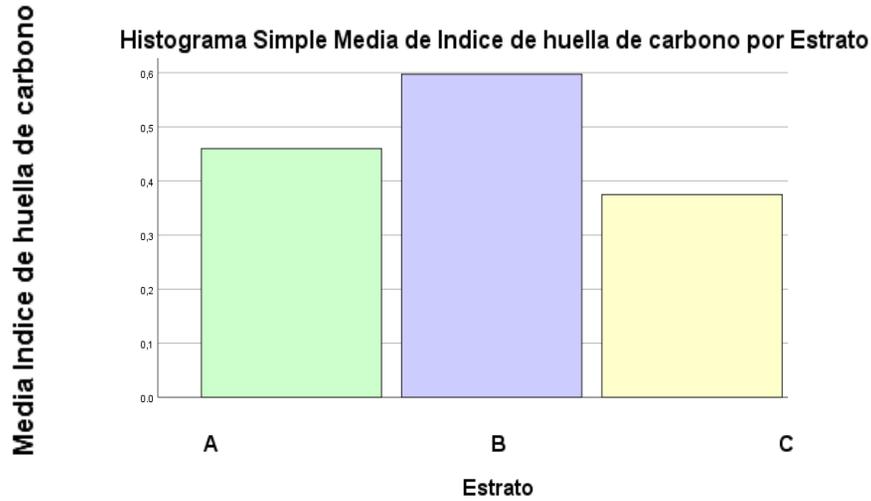
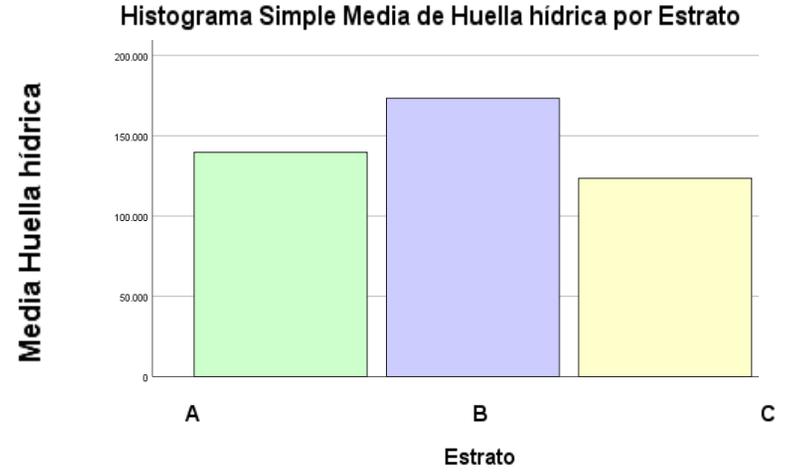
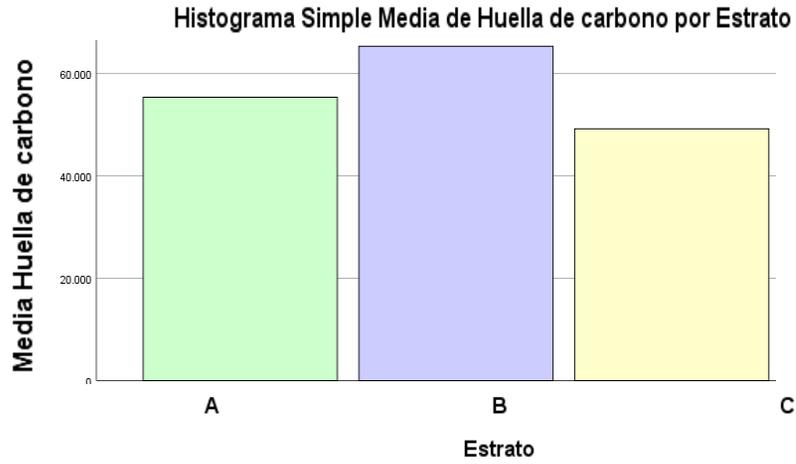
Anexo 06: Datos Hidrometeorológicos en Chirinos

Departamento: Cajamarca		Provincia: San Ignacio		
Latitud: 5°18'30.59" S		Distrito: Chirinos		
Longitud: 78°53'51.32" W		Altitud: 1772 m.s.n.m.		
Mes	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/mes) Total
	Max	Min		
Enero	22.5	15.6	93.7	3.3
Febrero	21.6	15.3	94.1	8.7
Marzo	22.5	15.5	93.5	5.2
Abril	23.4	15.7	95.8	4.1
Mayo	22.6	15.3	94.1	3.4
Junio	21.9	15.4	92.9	3.2
Julio	21.6	14.3	93.3	3.7
Agosto	22.3	14.6	90.1	1.6
Setiembre	23.6	14.9	89.8	2.0
Octubre	22.3	14.5	91.5	4.7
Noviembre	23.0	14.7	90.3	5.2
Diciembre	21.6	14.5	89.6	9.0

Nota: m.sn.m.: metros sobre el nivel del mar, °C: grados centígrados, mm/mes: milímetros por mes. Datos recopilados del Senamhi 2019.

Anexo 07: Prueba de Shapiro–Wilk.

Anexo 08: Distribución por estrato.



Anexo 9: Panel Fotográfico**Figura 41**

Cultivos de café en Chirinos



Figura 42

Planta de café.



Figura 43

Pozo para el despulpado de café



Figura 44

Despulpadora eléctrica



Figura 45

Recepción de sacos de café pergamino seco

