

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de sostenibilidad, con enfoque de economía circular para la
producción de café orgánico en COMSA, Marcala, La Paz, Honduras

Estudiante

Chris Estephany Peñalba Pérez

Asesores

Marco Antonio Granadino Urbina, M.Sc.

Juan Carlos Flores, Ph.D.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	6
Índice de Figuras	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Metodología.....	14
Sitio del Estudio	14
Alcance y Diseño	14
Caracterización de la Cadena de Valor de Café Orgánico de la Empresa COMSA.....	14
Eslabón de Producción.....	15
Eslabón de Procesamiento.....	15
Eslabón de Comercialización.....	15
Índice de Sostenibilidad con Enfoque de Economía Circular.....	16
Paso Uno: Elementos del Índice	16
Paso Dos: Calculo del Índice Sostenibilidad de Producción (ISP).....	16
Paso Tres: Cálculo de Índice Sostenibilidad de Procesamiento (ISProc)	18
Instrumento para Finca biodinámica La Fortaleza S.A. de C.V.	18
Paso Cuatro: Cálculo Índice de Comercialización (ISC)	19
Índice de Sostenibilidad con Enfoque de Economía Circular en COMSA.....	20
Resultados y Discusión.....	21
Caracterización de la Cadena de Valor de Café Orgánico de la Empresa COMSA.....	21
Productividad	21
Procesamiento	23
Secado	25

Comercialización	25
Cadena de Valor	27
Índice de Sostenibilidad	29
Indicé Sostenibilidad de Producción (ISP).....	29
Índice Sostenibilidad de Procesamiento (ISProc).	39

Beneficiado Húmedo. El Cuadro 15 indica tres diferentes procesos, luego de haberse cosechado el grano de café. El proceso de lavado tiene la mayor huella de carbono (341 Ton CO₂ equivalente) (Valdez y Núñez, 2016), ya que considera que los granos se secan en un patio, en plástico extendidos en el suelo o en una secadora industrial; luego el café se mueve para lograr un secado homogéneo a 11% de humedad; una vez que los granos se han secado, se procede a su almacenamiento. La pulpa y las aguas mieles que se generan durante el beneficiado del café tienen diferentes usos; la pulpa del café es transportada a las instalaciones de Finca La Fortaleza y se utiliza como materia prima en la producción de compost. Al ser rica en nutrientes orgánicos, la mezclan con otros residuos vegetales para producir un abono natural (NUTRICOMSA). Las aguas mieles, que son los residuos líquidos generados durante el proceso de lavado del café, son sometidas a un proceso de separación de sólidos y luego pasan a un biodigestor para producir biogás y bioles. Adicionalmente, la evaluación muestra que el procesamiento natural no genera emisiones de CO₂, tiene el costo más bajo como proceso e involucra mayor cantidad de mano de obra. El otro proceso es melado, el cual es similar al lavado, consiste seleccionar las cerezas de café, limpiarlas y despulparlas sin eliminar el mucílago, para luego secar el grano en los patios de COMSA, los cuales tienen una capacidad máxima de 200 qq de café oro melado. Se secan aproximadamente 5,500 qq de café oro en patios. El tercer proceso conocido como natural consiste en secar el café uva de color rojizo o amarillento (dependiendo de su variedad) sin realizar el despulpado. Las cerezas se recolectan, clasifican y limpian para separar las que estén inmaduras o dañadas por insectos. Se colocan bajo el sol en un área de secado utilizando rollos de

plásticos de 110 libras, utilizando un plástico por 90 qq de café uva, en promedio secan 6,300 qq de café oro por temporada en este proceso.39

Beneficio Seco. Para lograr exportar café, se requiere de diferentes etapas en el beneficio seco, orientadas a calidad y preparación para la exportación, estas etapas son: Separación de materia extraña, separación de piedras, proceso de trillado, clasificación por tamaño, selección por peso y densidad y selección por color y defectos. En cuanto a la evaluación de sostenibilidad en la etapa de comercialización se consideraron: Beneficiado seco, empaque y transporte. Para la actividad de beneficiado, el Cuadro 19 muestra las emisiones kg de CO₂ eq. por temporada (2021-22); las cuales son altas, al igual que los costos y poco uso de mano de obra; lo que provocó una evaluación baja de la práctica con respecto a su sostenibilidad; dejando espacio para mejora en esta etapa.44

Comercialización46

Evaluación del Nivel de Economía Circular en Socias de COMSA con Certificación “IMOcert”50

Conclusiones53

Recomendaciones.....54

Referencias.....55

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Productividad por tamaño de finca de socias de COMSA con certificación"IMOCert"	22
Cuadro 2 Insumos que brinda la "Finca La Fortaleza" y sus precios.....	23
Cuadro 3 Tipo de procesamiento realizados al café uva en el beneficio húmedo de COMSA	23
Cuadro 4.....	24
Cuadro 5 Consumo de energía en temporada 2021 a 2022 del beneficio húmedo de COMSA	24
Cuadro 6 Consumo de energía en temporada 2021 a 2022 del beneficio seco de COMSA.....	26
Cuadro 7 Evaluación del material utilizado como sombra de vivero por las socias de COMSA con certificación IMOCer.....	30
Cuadro 8 Evaluación de la práctica de ahoyado en café orgánico utilizado por las socias de COMSA con certificación"IMOCert"	32
Cuadro 9 Métodos de control de malezas utilizados por socias de COMSA con certificación"IMOCert"	33
Cuadro 10 Evaluación de la práctica control de malezas utilizados por las socias de COMSA con certificación"IMOCert"	34
Cuadro 11.....	35
Cuadro 12 Evaluación del control de enfermedades utilizado por socias de COMSA con certificación"IMOCert"	36
Cuadro 13 Evaluación del control de plagas utilizado por socias de COMSA con certificación"IMOCert"	37
Cuadro 14 Evaluación de control de plagas utilizado por mujeres socias de COMSA con certificación"IMOCert"	38
Cuadro 15 Comparación de los tres tipos de beneficiados de café en COMSA.....	41
Cuadro 16 Evaluación de circularidad del beneficiado húmedo de café en COMSA para la temporada 2021-22.	41

Cuadro 17 Métodos de secado del café en COMSA	42
Cuadro 18 Evaluación de circularidad de los métodos de secado del café en COMSA evaluado con diferentes dominios	43
Cuadro 19 Evaluación del procesamiento de beneficio seco de café en COMSA para la temporada 2021-22.	45
Cuadro 20 Evaluación de circularidad de empaques de café oro para su exportación.....	47
Cuadro 21 Evaluación de circularidad del transporte de café oro a su destino final	49
Cuadro 22 Evaluación de la circularidad de las prácticas de producción por el grupo de socias de COMSA con certificación"IMOCert"	50
Cuadro 23 Evaluación de la circularidad de las prácticas de procesamiento por el grupo de socias de COMSA con certificación"IMOCert"	51
Cuadro 24 Evaluación de la circularidad de las prácticas de comercialización por el grupo de socias de COMSA con certificación"IMOCert"	52
Cuadro 25 Índice de sostenibilidad con enfoque de circularidad en la cadena de valor del café orgánico producido por las socias de COMSA con certificación"IMOCert"	52

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de la cadena de valor de socios de la empresa COMSA con certificación"IMOcert" ..28

Resumen

En los últimos años, Honduras ha experimentado un crecimiento significativo en la industria cafetalera, consolidándose como el principal exportador de café en Centroamérica y uno de los mayores a nivel mundial. El municipio de Marcala destaca como una importante región productora de café de alta calidad y representa una fuente de ingresos para aproximadamente 1,500 familias. No obstante, la caficultura hondureña enfrenta desafíos relacionados con el impacto ambiental y las crisis económicas. Para abordar estos desafíos y mejorar la sostenibilidad, la economía circular ha adquirido relevancia en las políticas públicas. Este modelo económico busca prolongar al máximo el valor de los productos, materiales y recursos en la economía, reduciendo la generación de residuos. Este estudio se llevó a cabo, para determinar el nivel de sostenibilidad, con enfoque de economía circular, en la cadena de valor de café orgánico de la empresa COMSA. Se utilizó una metodología mixta, dividiendo la cadena en tres eslabones: producción, procesamiento y comercialización. Se encuestaron a 50 mujeres socias con certificación “IMOCert” para el eslabón de producción, mientras que para los eslabones de procesamiento y comercialización se realizaron entrevistas con expertos del área. El análisis se basó en un índice de sostenibilidad, ponderando criterios ambientales, económicos y sociales, que reveló un desempeño bajo de 5.15 para la producción de café orgánico, destacando el eslabón de comercialización como área prioritaria de mejora. El mapa de la cadena de valor identificó a medianas y grandes productoras como intermediarias en la comercialización interna, con precios más altos en mercados internacionales.

Palabras clave: Caficultura, economía circular, indicador, sostenibilidad.

Abstract

In recent years, Honduras has experienced significant growth in the coffee industry, becoming the main coffee exporter in Central America and one of the largest worldwide. The municipality of Marcala stands out as an important region for producing high-quality coffee and provides a source of income for approximately 1,500 families. However, Honduran coffee cultivation faces challenges related to environmental impact and economic crises. To address these challenges and improve sustainability, the circular economy has gained relevance in public policies. This philosophy aims to maximize the value of products, materials, and resources in the economy while reducing waste generation. This study was conducted to determine the level of circular economy-focused sustainability in the value chain of organic coffee at COMSA company. A mixed methodology was used, dividing the chain into three stages: production, processing, and commercialization. 50 women with "IMOCert" certification were surveyed for the production stage, while experts in the field were interviewed for the processing and commercialization stages. The analysis was based on a sustainability index, considering environmental, economic, and social criteria, which revealed a low performance of 5.15 for the organic company, with the commercialization stage identified as a priority area for improvement. The value chain map identified medium and large producers as intermediaries in the internal commercialization, with higher prices in international markets.

Keywords: Coffee cultivation, circular economy, indicator, sustainability

Introducción

La caficultura es una actividad estratégica fundamental en muchos países, debido a la integración de las cadenas productivas y la generación de muchos empleos. No obstante a su relevancia, el cultivo del café ha estado en diferentes crisis económicas y las consecuencias de estas son preocupantes (Chain-Guadarrama et al., 2019). Es por este tipo de situaciones que surgen los mercados diferenciados, como es el café orgánico (Perea Quezada, 2010); el cual se produce de acuerdo con las normas de producción orgánica y están certificados por un organismo o autoridad debidamente constituida. Este tipo de certificación garantiza que este sistema de producción esté libre de insumos químicos o agentes que puedan dañar la salud humana, desde la semilla hasta las manos del consumidor final (Igarza Espinoza, 2017).

Este nuevo mercado presenta grandes ventajas para la agricultura; los productores alcanzan un mayor precio por sus cosechas, ya que sus consumidores están en la disposición de pagar un costo adicional por obtener un producto libre de químicos y producido por medio de buenas prácticas (Carranza Rojas y Díaz Porras, 2005). Adicionalmente se debe mencionar que el café es uno de los productos agrícolas con mayor difusión comercial alrededor del mundo e incluso es uno de los productos de mayor importancia en el ámbito de exportación para muchos países (Castrillón Sandoval et al., 2017); debido a que este producto es orientado al mercado internacional, muchos países promocionan su cultivo entre pequeños y medianos productores para mejorar sus ingresos y lograr el desarrollo económico local de sus comunidades (Vargas Prieto et al., 2019).

Según Bú Flores et al. (2022) éste es el principal producto agrícola de exportación para Honduras; aportando cerca del 4% al PIB Nacional (Producto Interno Bruto) y alrededor del 30% al PIB Agrícola. Para el 2015, más de 100,000 familias se dedicaban a esta actividad productiva, cultivando 229,816 hectáreas en 15 de los 18 departamentos del país. El 86% de este grano se exporta y el 14% es destinado para consumo interno. La cantidad de café producido por año cambia constantemente,

como consecuencia del daño a los cultivos por plagas y enfermedades (Ochoa Panoso, 2017) lo que genera cambios en la oferta y fluctuaciones de precio.

Por otra parte, la industria cafetera está presionando por una mayor sostenibilidad en los eslabones de la cadena de valor: producción, procesamiento y comercialización (Villate González et al., 2022); por lo que se debe sustituir el modelo de economía lineal (extracción de materia prima, producir y generar desechos), por otro que considere la huella ambiental y sus derivaciones para todos los seres vivos en el planeta (Quijada, 2019).

Con lo anterior se refuerza la importancia de cambiar a un modelo sostenible como el propuesto por la economía circular; el cual contempla la producción y consumo con principios como eliminar residuos y reducir contaminación desde el diseño, mantener materiales y productos en uso y regenerar sistemas naturales; de esta forma el ciclo de vida de los productos se extiende, siendo la respuesta ante la problemática generada por la economía lineal (Cerdá y Khalilova, 2016). Una actividad se considera sostenible cuando es económicamente viable, socialmente aceptable y ecológicamente racional (Larrouyet, 2015). Sin embargo, los puntos de vista acerca de la sostenibilidad pueden diferir debido a múltiples factores. Por ende, comparar agro sistemas sobre una misma base requiere el uso de indicadores generales, claros y medibles (Augustin, 2019). Los indicadores son una herramienta que permite conocer y valorar características; así como su intensidad para determinar su evolución futura. Es así como éstos permiten cuantificar la contribución de productos o servicios en relación con la economía circular, evaluar el progreso de estrategias circulares, establecer nuevos objetivos, apoyar en la toma de decisiones, así como comunicar e informar (Cerdá y Khalilova, 2016).

Actualmente en Honduras existen experiencias de producción y procesamiento de café sostenible como las que realiza la empresa Café Orgánico de Marcala S.A. (COMSA); la cual aglutina a productores de café orgánico, con diversas certificaciones, en el municipio de Marcala, La Paz, con objetivos económicos, sociales y ambientales como estrategia para reducir la pobreza y promover el desarrollo de sus socios. Fundada en 2001, COMSA surgió como una iniciativa de la Fundación para el

Desarrollo Empresarial Rural (FUNDER), orientada a producir café especial orientado a nichos de mercado especial. Este tipo incluye el café sostenible; el cual cumplen con dos criterios: protección del medio ambiente e igualdad social (Martinez de Carvalho, 2012). En el caso de COMSA es una empresa especializada en este tipo de café, donde todos sus socios producen sin la utilización de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos.

Es así como a través de los años la Empresa ha venido implementado certificaciones de producción orgánica y tecnologías innovadoras en el procesamiento del café, por lo que es importante determinar un índice que permita evaluar el grado de sostenibilidad en la cadena de valor de sus diversos productos, esto permitirá a COMSA dar a conocer su accionar a sus diversos clientes en diversos continentes, como sus compradores ubicados en la Unión Europea; zona que implementa El Pacto Verde para el Clima; como una iniciativa global para abordar los desafíos climáticos y crear un futuro sostenible (Zambrano González, 2022). En tal sentido, el estudio tuvo como objetivo general determinar el nivel de sostenibilidad con enfoque de economía circular en la cadena de valor de café orgánico COMSA, Marcala, La Paz. Adicionalmente los objetivos específicos fueron caracterizar la cadena de valor del café orgánico de las socias con certificación "IMOcert" de COMSA y desarrollar un índice de sostenibilidad con enfoque de economía circular para café orgánico certificado por "IMOcert".

Metodología

Sitio del Estudio

El estudio se realizó en la empresa Café Orgánico Marcala Sociedad Anónima (COMSA) con certificación "IMOcert", ubicado en el municipio de Marcala en el departamento de La Paz, a 151 km de Tegucigalpa, Honduras, con mujeres socias de esta. El levantamiento de datos de campo se realizó durante los meses de febrero a mayo 2023.

Alcance y Diseño

El diseño del estudio fue no experimental y transversal, con un alcance de tipo descriptivo. Se utilizó un muestreo probabilístico y encuestas como instrumento de recolección de información. Se desarrollaron tres instrumentos, uno para cada uno de los eslabones de la cadena de valor: Producción, procesamiento y comercialización. A cada persona que participó en este estudio, se le pidió que completara una encuesta mixta (preguntas abiertas y cerradas) para caracterizar y medir la sostenibilidad con un enfoque de economía circular en cada uno de los eslabones. El índice de sostenibilidad fue desarrollado para evaluar el nivel de sostenibilidad del grupo de mujeres socias productoras de Café Orgánico Marcala S.A. (COMSA), quienes cuentan con la certificación "IMOcert" en la producción. Para obtener datos para el análisis, se realizaron encuestas a los jefes técnicos de cada área involucrada en el proceso de producción y a los posibles compradores de la empresa. La recopilación de datos duró 90 días

Caracterización de la Cadena de Valor de Café Orgánico de la Empresa COMSA

La cadena de valor representa el conjunto de actividades interconectadas que una organización realiza para diseñar, producir, entregar y respaldar un producto o servicio desde su concepción hasta su llegada al cliente final, es así como para entender todo el proceso primero se procedió a entrevistar al gerente de la empresa Luis Rodolfo Peñalba; a continuación, se realizó una caracterización de los eslabones de la cadena a través de: entrevistas a socias de producción de café orgánico, expertos en procesamiento y comercializadores; para finalmente desarrollar un flujo de

proceso del café en COMSA; a continuación, se describe la metodología para caracterizar cada una de las etapas.

Eslabón de Producción

En el eslabón de producción se llevan a cabo prácticas de producción en tres etapas: Vivero/siembra, mantenimiento y cosecha. Para lograr la caracterización de las prácticas, se entrevistó a una muestra representativa (50 mujeres) de las 104 socias de COMSA, con certificación “IMOCert”.

Eslabón de Procesamiento

Para el caso del café orgánico en COMSA el procesamiento se caracterizó en dos etapas; la primera se denomina beneficiado húmedo, el cual se realiza después de la cosecha y consiste en despulpar y lavar el grano de café, lo que se denomina pergamino húmedo; la segunda etapa comprende el beneficiado seco, la cual se refiere a la preparación del lote de café, determinado por la presencia de grano dañado, características del lote. Para realizar el análisis del eslabón de procesamiento se aplicó una encuesta a cuatro jefes técnicos (jefe de beneficio seco, jefe de procesamiento, jefe de beneficio húmedo y jefe de certificaciones) de las áreas relacionadas a la torrefacción del café con certificación “IMOCert”, las preguntas incluyeron costos de procesamiento, uso de energía y materiales que se utilizan en el proceso; entre otros.

Eslabón de Comercialización.

En esta etapa, el café pasa por diferentes intermediarios y canales de comercialización para llegar al mercado objetivo. Las principales actividades que ocurren en este eslabón son: Procesamiento/clasificación, almacenamiento/empaque, distribución/transporte y consumo/degradación. En este eslabón de la cadena de valor se entrevistaron a 11 compradores de café especial de la empresa COMSA, para determinar la cantidad de café que ellos comercializan y los mercados a los cuales acceden. Finalmente, se desarrolló el diagrama de la cadena de valor del café orgánico de COMSA con certificación “IMOCert” utilizando la metodología “Values Stream Mapping” (VSM) (Serrano Lasa et al., 2007).

Índice de Sostenibilidad con Enfoque de Economía Circular

Para desarrollar la propuesta del índice de sostenibilidad con enfoque en economía circular de la cadena de valor de café orgánico de la empresa COMSA, se realizaron los siguientes pasos:

Paso Uno: Elementos del Índice

Los elementos que constituyen el índice de sostenibilidad de COMSA están definidos por cada eslabón de la cadena de valor (producción, procesamiento y comercialización); ponderada por un factor para lograr un índice en un rango entre 0 - 10; tal como los muestra la Ecuación 1:

$$IS = ISP + ISProc + ISC \quad [1]$$

Donde:

IS = Índice de Sostenibilidad

ISP = Índice Sostenibilidad de Producción

ISProc = Índice Sostenibilidad de Procesamiento

ISC = Índice Sostenibilidad de Comercialización

A continuación, se determina el cálculo de cada uno de los elementos del índice de sostenibilidad.

Paso Dos: Cálculo del Índice Sostenibilidad de Producción (ISP)

Antes de realizar el cálculo del ISP se entrevistó a una muestra representativa de las 104 socias de COMSA certificadas por la empresa "IMOcert"; con el propósito de conocer las actividades que realizan en el cultivo. La muestra se calculó usando la Ecuación 2.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q} \quad [2]$$

Donde:

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Como resultado de aplicar la fórmula se obtuvo un tamaño de muestra de 50 socias, a las que se les entrevistó con base en un instrumento relacionado a las actividades de producción del café orgánico desde la etapa de vivero hasta la cosecha. Para calcular la índice sostenibilidad de producción (ISP), se incluyeron cuatro actividades, donde cada una de ellas se evaluó con una escala de “Likert”, utilizando un rango de 1 a 3, donde: 1 significó Bajo, 2 - Medio y 3 - Alto, con relación a la sostenibilidad con enfoque de economía circular. Luego, la evaluación obtenida se pondero para cada dimensión de sostenibilidad: Ambiental (0.4), económica (0.3) y social (0.3). La Ecuación 3, se utilizó para realizar el calculó el ISP.

$$ISP = (VA \times PA) + (VE \times PE) + (VS \times PS) \quad [3]$$

Donde:

ISP: Índice de Sostenibilidad de Producción

VA = Valoración Ambiental (escala de 1 a 3)

PA = Peso Ambiental (0.4)

VE = Valoración Económica (escala de 1 a 3)

PE = Peso Económico (0.3)

VS = Valoración Social (escala de 1 a 3)

PS = Peso Social (0.3)

Los criterios utilizados para la evaluación de las actividades de producción fueron: Ambiental, Económico y Social, con ponderaciones de 0.4, 0.3 y 0.3 respectivamente, en los cuales se evaluaron aspectos como emisiones de CO₂, costo de implementación y uso de mano de obra. A continuación se describen los criterios utilizados:

Criterio Ambiental (kg CO₂ Equivalente): La valoración de 1 (Bajo) se refiere a actividades de producción con la más alta emisión de CO₂ equivalente; de acuerdo con datos encontrados en la

literatura. Una valoración de 3 significó que la actividad tiene la menor cantidad de emisiones y el valor de 2 aplicó a la actividad con valores medios.

Criterio Económico (Costo de Implementación): La valoración de 1 se asignó a actividades con costos altos de implementación en comparación con otras actividades evaluadas. Una actividad valorada con 3, significa que su implementación es de bajo costo y 2 implicó un costo moderado.

Criterio Social (Intensificación de Mano de Obra): La valoración de 3 se justificó para actividades que implican poca mano de obra. Se asignó una valoración de 2, para uso de mano de obra moderada y 1 cuando la implementación requiere alta intensificación de mano de obra.

Paso Tres: Cálculo de Índice Sostenibilidad de Procesamiento (ISProc)

En el eslabón de procesamiento se utilizó un instrumento de encuesta abierta para el jefe de cada área (cuatro jefes de área en total), estos se dividen en jefe de beneficio húmedo, jefe de beneficio seco, jefe de certificaciones y jefe de producción o asistencia técnica; logrando un censo de los responsables de esta etapa. El instrumento incluyó variables como: Maquinaria que se utiliza en el proceso, tipo de energía que utilizan, procedencia del agua (pozo, sistema potable u otros), tratamiento que se le da al fruto, tipo de secado del fruto, tipo de empaque para el almacenamiento del grano, tipo de almacenamiento, entre otros.

Instrumento para Finca biodinámica La Fortaleza S.A. de C.V.

Adicionalmente, se aplicó una encuesta a técnicos que laboran en Finca Biodinámica La Fortaleza, esta opera como una entidad que suministra bioinsumos a los agricultores asociados a COMSA, ofreciendo capacitación en agricultura orgánica, enseñando a los socios a elaborar sus propios productos. También, cultivan hortalizas orgánicas y participan en actividades fuera de la cadena de valor del café, como la ganadería. Su enfoque abarca tanto la producción agrícola como la educación sostenible, contribuyendo así a la promoción de prácticas ecológicas. El instrumento aplicado fue de tipo abierto para conocer: Insumos que producen, precio de venta, a quienes venden,

flujo de venta, entre otros. Para evaluar las actividades incluidas en el ISProc se utilizó una escala de “Likert” y criterios similares a los utilizados en el ISP utilizando la Ecuación 4.

Paso Cuatro: Cálculo Índice de Comercialización (ISC)

Para determinar el cálculo del ISC, primero se identificó que existen de 35 a 40 empresas o individuos que compran café a COMSA, quienes lo venden en el mercado internacional. De estos, el 60% compra café orgánico (24 empresas o individuos) y solamente 12 son compradores potenciales para el café certificado “IMOcert”. Para esta fase se estimó una muestra representativa de 11 de los 12 compradores potenciales. El instrumento aplicado a los compradores de café de COMSA, contenía preguntas abiertas, para conocer: Nombre de empresa, quintales de café que compran a COMSA, tipo de café que compran (lavado, melado, natural), si COMSA es suplidor único o no, material de empaque del café, precio de compra, precio de venta y mercado meta.

Con el propósito de evaluar las actividades relacionadas a comercialización se utilizó la escala de “Likert” similar al ISP, para las respuestas promedio de los 11 comercializadores. El cálculo del Índice del eslabón de Procesamiento y Comercialización (ISProc y ISC) se desarrolló con la Ecuación 4.

$$(VA \times PA) + (VE \times PE) + (VS \times PS) \quad [4]$$

Donde:

VA = Valoración Ambiental (escala de 1 a 3)

PA = Peso Ambiental (0.4)

VE = Valoración Económica (escala de 1 a 3)

PE = Peso Económico (0.3)

VS = Valoración Social (escala de 1 a 3)

Índice de Sostenibilidad con Enfoque de Economía Circular en COMSA

Con el fin de evaluar el nivel de sostenibilidad con enfoque de economía circular de las productoras de café orgánico de COMSA certificadas por “IMOcert” se procedió a desarrollar la Ecuación 1 y calcular el IS de toda la cadena de valor. Luego se recomendó, para cada actividad evaluada acciones y tecnologías para mejorar el desempeño de COMSA con enfoque de economía circular.

Resultados y Discusión

Caracterización de la Cadena de Valor de Café Orgánico de la Empresa COMSA

La empresa Café Orgánico Marcala S.A cuenta con un total de 1,670 socios. Desde el año 2004, COMSA participa en un nicho de mercado diferenciado para café, a través de certificadoras que monitorean los diferentes procesos, como son: “FAIRTRADE®”, “Small Producers Certified (SPP®)”, Café Marcala Denominación de Origen, “C.A.F.E. Practices®”, “Bird Friendly®”, “UTZ Certified™”, Con Manos de Mujer®, “Mayacert Organic©”, “USDA ORGANIC®”, Certificadora Europea de “IMOcert”©. De estas; dos son certificaciones ecológicas; “Mayacert©” que está orientada a la comercialización, con una garantía de responsabilidad ambiental y social “IMOcert”© que ofrece servicios de inspección y certificación bajo diferentes esquemas de producción (orgánico, social y sostenible) en diferentes ámbitos, realizando control en áreas de cadena de suministro (producción, procesamiento y comercialización) agrícola, ganadera, forestal, de recolección silvestre y apicultura.

Estas certificadoras aglutinan a los 1,670 productores, de la siguiente forma; 989 productores, son ecológicos, de los cuales 392 están certificados por “IMOcert” y solamente 104 son mujeres, de las cuales 50 fueron evaluadas. Del grupo de socias evaluadas dos son productoras grandes (área de producción mayor a 20 mz), una productora es mediana (10 a 20 mz) y el resto (47) son definidas como pequeñas productoras (menos de 10 mz). El resto de los productores (681) son convencionales, están en proceso de convertir sus sistemas de producción convencional a orgánicos, proceso que toma cuatro años de transición.

Productividad

El Cuadro 1 muestra que el nivel de productividad de las socias entrevistadas con certificación “IMOcert” oscila desde 126 qq uva/mz hasta 152 qq uva/mz, la cual es más alta que el promedio nacional, que según Álvarez (2018) es de 102 qq uva/mz (18.98 qq oro/mz). Según Melo y Astorga (2015), algunas de las causas que inciden en la productividad incluyen variedad y densidad de siembra,

por otra parte, el gerente de la empresa explicó que las diferencias de productividad encontradas se deben al nivel de inversión y al manejo que realizan en sus fincas los socios de COMSA.

Cuadro 1

Productividad por tamaño de finca de socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Categoría	Área en mz	Promedio qq/uva/mz	Promedio qq/oro/mz	Productoras
Pequeña	1 – 9 mz	98.91	18.34	47
Mediana	10 - 19 mz	152.33	28.25	1
Grande	Mayor o igual a 20 mz	123.33	22.87	2

Parte del éxito logrado por las socias de COMSA es contar con la empresa Finca Biodinámica La Fortaleza, como proveedor de bioinsumos como fertilizantes orgánicos y productos naturales para control de plagas y enfermedades; con el propósito de promover una agricultura sostenible, respetuosa con el medio ambiente fomentando la salud del suelo, la biodiversidad y la producción de alimentos de alta calidad, en armonía con la naturaleza. Estos insumos se denominan orgánicos debido a su origen y proceso de producción. Los insumos orgánicos se derivan de fuentes naturales, como compost, abonos orgánicos, extractos vegetales y microorganismos beneficiosos. En el Cuadro 2, se muestran los productos que la Finca La Fortaleza vende a socios de COMSA para el control de plagas y enfermedades, los cuales deben ser regulados y supervisados cuidadosamente para minimizar los posibles impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana (Fuentes, 2022; Tenorio et al., 2008); esto incluye utilizar dosis adecuadas, evitar aplicaciones excesivas, seguir pautas de aplicación específicas y respetar los tiempos de aplicación previos a la cosecha.

Cuadro 2

Insumos que brinda la “Finca La Fortaleza” y sus precios

	Control de plagas	Control de Enfermedades	Abono
Insumo	Repelente de nombre APICHI (Ajo, pimienta y chile).	Camizinc, Caldo Bordelés y Caldo Sulfocálcico	NUTRICOMSA
Costo HNL	30/L	25-45/L	1/lb

Nota. Datos tomados de la Finca La Fortaleza.

Procesamiento

Después de la cosecha del fruto las productoras socias de COMSA con certificación “IMOcert” transportan su café hacia las instalaciones del beneficio húmedo de COMSA, ubicado en el Barrio La Victoria, Marcala, La Paz. En estas instalaciones el café recibe distintos procesos, necesarios para entregar un producto de alta calidad al cliente meta. El procesamiento del café se lleva a cabo mediante diferentes métodos realizados en el beneficio húmedo, siendo el más frecuente el proceso de lavado, el cual representa un 85%. A continuación, le sigue en frecuencia el proceso natural, con un 8% de las actividades totales de procesamiento. Por último, el método menos empleado es el procesamiento melado, que constituye un 7% de las prácticas utilizadas en la empresa COMSA (Cuadro 3).

Cuadro 3

Tipo de procesamientos realizados al café uva en el beneficio húmedo de COMSA

Procesamiento	Porcentaje (%)
Lavado	85
Melado	7
Natural	8
Total	100

Proceso lavado: En esta se hace el beneficiado o extracción de los granos de la cereza, para entonces proceder a secarlos. Se reciben los quintales de café en el beneficio húmedo. Enseguida se separa mecánicamente la pulpa o cáscara de los granos de café contenidos dentro de la cereza, lo cual recibe el nombre de despulpado. Los granos, ya sin pulpa, están cubiertos de una sustancia viscosa

llamada mucílago. El Cuadro 4 muestra el consumo de 2,011.00 m³ de agua en el beneficiado húmedo de café COMSA, en la temporada 2022-23, el cual indica que el volumen de agua utilizada en el procesamiento total del café lavado (solo este proceso utiliza agua) así como los residuos que se generan en el proceso, como la pulpa y las aguas mieles. Las aguas mieles son residuos líquidos, generados durante el proceso de lavado del café, estas son sometidas a un proceso de separación de sólidos y luego pasan a un biodigestor para producir biogás y bioles.

Cuadro 4

Consumo de agua en procesamiento de café lavado en el beneficio húmedo de COMSA

Mes	Volumen café uva procesado (qq)	Volumen de agua (m ³)	Volumen agua en (L)	Volumen mucilago (L)	Volumen pulpa (qq)
Noviembre	3,084.86	130	130,000	7,936.89	1,125.45
Diciembre	21,088.18	650	650,000	64,246.10	9,110.09
Enero	33,692.08	911	911,000	102,644.45	14,554.98
Febrero	9,281.16	320	320,000	28,275.48	4,009.46
Total	67,146.28	2,011.00	2,011,000.00	203,102.92	28,799.98

Nota. Temporada 2021 a 2022, datos brindados por la empresa COMSA.

Otro aspecto importante para procesar el café es la energía, durante la temporada 2021-22 se observó en el Cuadro 5 que el mes con mayor consumo energético fue febrero con 59.991.23 kWh, encontrándose una discrepancia entre los datos del Cuadro 4, el cual muestra que el mes con mayor café procesado es enero.

Cuadro 5

Consumo de energía en temporada 2021 a 2022 del beneficio húmedo de COMSA

Fecha	Consumo de energía eléctrica (kWh)	Emisiones kg CO ₂ eq.
Noviembre	2,088.67	1,403.58
Diciembre	16,863.20	11,332.07
Enero	42,809.23	28,767.80
Febrero	59,991.23	40,314.11
Marzo	27,287.23	18,337.02
Total	149,039.56	100,154.60

Nota. Datos de consumo eléctrico brindados por la empresa COMSA y factor de emisión de 0.672 kg CO₂ eq/ kWh tomado de Albornoz, (2017).

Secado

Luego del beneficiado, se continua con el secado del grano de café, COMSA realiza este proceso de forma industrial. La Empresa cuenta con 10 secadoras industriales, cada una puede secar 100 quintales de café oro, cada 48 horas, y se usan 120 días al año; en total pueden secar 6,000 quintales de café oro cada una, pero no se usan el 100% del tiempo, por falta de grano. En promedio la empresa seca 65,000 quintales de café oro por temporada, una vez finalizado este proceso se procede al almacenamiento del grano.

Comercialización

El proceso de exportación del café involucra una serie de etapas que aseguran la calidad y preparación adecuada del producto para su comercialización en mercados internacionales. A continuación, la descripción de cada una estas etapas:

Separación de materia extraña: En esta etapa, se lleva a cabo una separación inicial de cabuyas, hojas y otros materiales no deseados presentes en el café oro. Este proceso se realiza mediante el uso de equipos de separación y cribado específicos para eliminar impurezas.

Separación de piedras: Después de esta etapa, se lleva a cabo la separación de posibles piedras que puedan encontrarse mezcladas con los granos de café. Este proceso se lleva a cabo mediante el uso de equipos de separación basados en la gravedad o la densidad, lo que posibilita la eliminación efectiva de las piedras y asegura la calidad y pureza del café resultante.

Proceso de trillado: Una vez se ha realizado la separación de impurezas, el café se somete al proceso de trillado para eliminar la capa externa del grano, conocida como pergamino.

Clasificación por tamaño: Los granos de café trillado se clasifican según su tamaño. Esto se lleva a cabo mediante la utilización de equipos de clasificación por tamaño que separan los granos en diferentes categorías de tamaño, de acuerdo con estándares establecidos.

Selección por peso y densidad: Utilizando una mesa densimétrica los granos se distribuyen uniformemente sobre una superficie de la mesa y se aplican vibraciones o movimientos específicos.

Los granos más pesados o de mayor calidad se mueven más lentamente hacia arriba, mientras que los granos más livianos son arrastrados por el flujo de aire y avanzan más rápidamente. Esto permite la clasificación precisa de los granos en diferentes secciones de la mesa, facilitando la clasificación y almacenamiento según su calidad y peso.

Selección por color y defectos: Para garantizar la calidad del café, se utiliza tecnología de selección electrónica que examina visualmente los granos y los clasifica según su color y la presencia de defectos. Este proceso permite identificar y descartar granos con coloraciones anormales o defectos visibles, asegurando un producto final de alta calidad.

Estos pasos representan una descripción general del proceso que se lleva a cabo para el café de exportación, pero es importante tener en cuenta que pueden existir variaciones y adiciones dependiendo de las prácticas y requisitos específicos de cada país y empresa exportadora.

Beneficio seco: Para realizar este proceso, COMSA utiliza dos generadores a base de diésel (CAT® C-13 de 350 kW y CUMMINS® F350). En el Cuadro 6 se presenta el registro del consumo energético durante el proceso de beneficio seco desde noviembre de 2021 hasta marzo de 2022. Se destaca que el mes de diciembre presentó el nivel más bajo de consumo, alcanzando 1,910.89 kWh, mientras que el mes de marzo se destacó por registrar el mayor consumo, con un total de 3,325.67 kWh.

Cuadro 6

Consumo de energía en temporada 2021 a 2022 del beneficio seco de COMSA

Mes	Consumo de energía eléctrica (kWh)	Emisiones Kg CO ₂ eq.
Noviembre	2,384.36	12,804.01
Diciembre	1,910.89	10,261.48
Enero	2,113.42	11,349.07
Febrero	3,325.67	17,858.85
Marzo	3,800.12	20,406.64
Grand Total	13,534.46	72,680.05

Nota. Datos de consumo eléctrico brindados por la empresa COMSA y factor de emisión de 0.672 kg CO₂ eq/ kWh tomado de Albornoz, (2017).

Cadena de Valor

El análisis de la cadena de valor consiste en separar los eslabones considerando el momento en que se agrega valor al producto. En la Figura 1, se describe la forma en que fue segmentada la cadena de valor de COMSA para productoras de café orgánico con certificación "IMOcert"; donde se observa que el precio de café oro, en el eslabón de producción es de USD 0.68-0.71/lb. Este producto adquiere un valor en el eslabón de comercialización de USD 3.80 para el mercado de Norte América, USD 4.20 para la Unión Europea y 4.80 para Asia; alcanzando precios de USD 12.00-30.00/lb de café tostado para el consumidor final.

Índice de Sostenibilidad

Los elementos que constituyen el índice de sostenibilidad de COMSA se basan en los eslabones de la cadena de valor: producción, procesamiento y comercialización; ponderada por un factor de ajuste para lograr un índice en un rango entre 0 - 3 y cada elemento se evaluó para cada una de las tres dimensiones de la sostenibilidad. A continuación, los resultados de la evaluación de sostenibilidad para cada elemento.

Índice Sostenibilidad de Producción (ISP).

Para el cálculo de este índice se utilizaron las actividades de sombra en vivero, control de malezas, control de plagas y enfermedades. Para la actividad sombra en vivero (Cuadro 3) dos de las socias entrevistadas utilizaron material vegetal (hojas secas, pasto) lo cual es aceptable para las tres dimensiones, no emite gases CO₂ a la atmósfera, es de bajo costo y sus materiales se reintegran a la cadena, por otro lado, seis productoras utilizaron sarán (polietileno) como sombra. Según Benveniste (2010) el polietileno tiene una huella de carbono de 2.9855 kg de CO₂/kg, y es reutilizable por 7 años (Bú Flores et al., 2022; Zero Emissions Objective, 2020). Por otro lado, cuatro de las productoras no utilizaron ningún material para la sombra de su vivero; el resto de las socias compró sus plantas para establecer las plantaciones.

Cuadro 7

Evaluación del material utilizado como sombra de vivero por las socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Material	Ambiental CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Materia vegetal	3	0.4	1.2	2	0.3	0.6	2	0.3	0.6	2.4
Sarán	2	0.4	0.8	2	0.3	0.6	2	0.3	0.6	1.4
Ninguno	3	0.4	1.2	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	3
Total			3.2			2.1			2.1	6.8

Nota. Datos de emisiones del sarán: 2.9855 kg CO₂ eq. tomados de (Cabrera, 2014).

Luego del vivero la planta se siembra en el terreno definitivo. Los cafetales en Honduras se establecen en terrenos con pendientes de diferentes porcentajes de inclinación y con diferentes coberturas vegetales como matorrales y guamiles, en otros se planta en áreas descombradas con pendiente (Ordóñez y Sosa, 2004). La preparación del terreno se realiza mediante el desmonte, limpia del terreno y para luego proceder al ahoyado utilizando pala, barreno y barra; esto es definido como labranza de conservación. En esta actividad 49 socias de COMSA con certificación "IMOcert" indicaron que utilizan esta práctica para establecer el cultivo.

Los resultados del Cuadro 8 evalúan que el método de ahoyado manual es más sostenible en comparación con el uso de maquinaria. De acuerdo con Shaxson y Barber (2005), la labranza convencional involucra el empleo de maquinaria pesada, lo que resulta en una emisión mayor de dióxido de carbono. Por otro lado, según las investigaciones de Alvarado et al. (2017), la labranza convencional presenta un costo inferior debido a su menor requerimiento de mano de obra e insumos, como lo respalda también Cedeño (2022).

Cuadro 8

Evaluación de la práctica de ahoyado en café orgánico utilizado por las socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Herramienta	Ambiental CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Pala, barra, barreno	3	0.4	1.2	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	2.4
Mecanizado	2	0.4	0.8	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	2
Total			2			1.2			1.2	4.4

Nota. Datos de emisiones de labranza manual 2.556 kg CO₂ eq. tomados de (Shaxson y Barber, 2005) y emisiones de labranza mecanizada 5.282 Kg CO₂ eq. Cedeño, (2022).

En cuanto a la práctica de control de malezas, la mayoría de las productoras realizó el comaleo, este es un proceso manual que consiste en remover y acercar la tierra al tallo o tronco de la planta, 13 de 50 socias chapean sus fincas (Cuadro 9); el costo de estos métodos dependerá de la persona que lo ejecute, pero oscila entre los 100 a 150 lempiras por día. Solamente una de ellas no realiza ningún método de control de malezas y 5 productoras de 50 utilizan otros métodos.

Cuadro 9

Métodos de control de malezas utilizados por socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Área de finca	Comaleo	Chapea	Ninguno	Otros	Total
1 a 4 mz	20	2	1	1	24
5 a 9 mz	10	9		4	23
10 a 19 mz		1			1
Mayor o igual a 20 mz	1	1			2
Total	31	13	1	5	50

El Cuadro 10 resume la evaluación de control de maleza con relación a los criterios ambiental, económico y social; mostrando que tanto el comaleo como la chapea son evaluados con el criterio más alto, debido a que no emiten emisiones de acuerdo con Mora y Mendoza (2017) mientras que el control químico tiene un mayor costo.

Cuadro 10

Evaluación de la práctica control de malezas utilizados por las socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Control de malezas	Ambiental CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Comaleo	3	0.4	1.2	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	3
Chapea	3	0.4	1.2	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	3
Químico	2	0.4	0.8	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1.4
Total			3.2			2.1			2.1	7.4

En cuanto al control de plagas y enfermedades, para el año 2016 el IHCAFE (Instituto Hondureño del Café) reportó como los principales problemas fitosanitarios la Broca (50%), roya (26%), Ojo de Gallo (12%), Nemátodos (4%), Antracnosis (3%) y 2% otros (IHCAFE, 2016). Según los métodos de control de plagas y enfermedades detallados en los Cuadros 11 y 13, se observa que más del 50% de las socias entrevistadas emplean insumos obtenidos de Finca La Fortaleza, lo que indica una preferencia por el control natural de plagas. De igual manera en el control de enfermedades, el 50% recurre a productos naturales, mientras que un 24% no emplea ningún tipo de control.

Cuadro 11

Métodos de control de enfermedades utilizado por socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Control de enfermedades/ Área de la finca (mz)	Control natural (Insumos de "Finca La Fortaleza")	Químico	Ninguno	Otro	Total
1 a 4	10	1	7	6	24
5 a 9	13		5	5	23
10 a 19	1				1
Mayor o igual a 20	1	1			2
Total	25	2	12	11	50

Es así como en el Cuadro 12 se muestra una mejor evaluación para el control de enfermedades con fungicidas orgánicos comparado con químicos, debido a que tienen una menor emisión de carbono en el dominio ambiental, ya que según investigaciones de Rivera (2014) el “Mancozeb” es elaborado a base de sulfato de cobre al igual que el “Caldo Bordelés” de Finca La Fortaleza, pero este último es categorizado como orgánico. En el dominio económico, uno de los entrevistado explicó que este es de fácil elaboración y sus costos son bajos (ver precio en el Cuadro 2), en cambio los insumos inorgánicos, tienen un precio mayor. “Los costos de los fungicidas pueden oscilar entre USD 100 y USD 400 por hectárea por año” (Álvarez, 2018).

Cuadro 12

Evaluación del control de enfermedades utilizado por socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Control de enfermedades	Ambiental Emisiones CO ₂ kg	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de Obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Caldo Bordelés, Camizinc y Caldo Sulfocálcico	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	1.3
Químico	2	0.4	0.8	3	0.3	0.9	2	0.3	0.6	2.3
(Orgánico propio)	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1
Total			1.6			1.5			1.5	4.6

Nota. Datos de emisiones fungicidas orgánicos 2.0 Kg CO₂/unidad obtenidos de Rivera, (2014).

En cuanto al control de plagas (Cuadro 13), 17 de las socias utilizan los insumos producidos por la Finca la Fortaleza, 12 de ellas no hacen ningún control, 14 utilizan trampas para el control de plagas en sus parcelas y solamente una socia utiliza control químico. Respecto al control de la broca, el control más usado por las socias de COMSA es la combinación de trampas y productos químicos, que se complementan con prácticas de pepena y repela.

Cuadro 13

Evaluación del control de plagas utilizado por socias de COMSA con certificación "IMOcert"

Control de plagas/ Área de la finca (mz)	Insumos que brinda "Finca la Fortaleza"	Ninguno	Trampas	Químico	Otro	Total
1 – 4	7	8	4	1	4	24
5 – 9	10	3	8		2	23
10 – 19			1			1
Mayor o igual a 20		1	1			2
Total	17	12	14	1	6	50

La evaluación del control de plagas (Cuadro 14) muestra emisiones de dióxido de carbono similares entre el manejo de trampas y uso químico; esto debido a que las trampas de insectos utilizan alcohol metílico (metanol) y este presenta una huella de carbono de 2.20 kg CO₂ eq/kg (Alcivar y Risco, 2022), comparado con el insecticida químico que obtuvo 2.82 kg CO₂ eq/kg en la investigación sobre Huella de Carbono del café (*Coffea arabica*) en la Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras (Albornoz, 2017). Los costos de la mayoría de los controles evaluados son bajos, teniendo la ponderación más alta, y de acuerdo con la parte de intensificación de mano de obra los controles se categorizan entre bajo a medio.

Cuadro 14

Evaluación de control de plagas utilizado por mujeres socias de COMSA con certificación "IMOcert"

Control de Plagas	Ambiental CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
APICHI FF	3	0.4	1.2	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	3
Trampas	2	0.4	0.8	3	0.3	0.9	2	0.3	0.6	2.3
Químico	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	1.3
Orgánico	2	0.4	0.8	3	0.3	0.9	3	0.3	0.9	2.6
Total			3.2			3			3	9.2

Nota. Emisiones de trampas 2.20 CO₂ eq. obtenidos de Alcivar y Risco, (2022) y emisiones de control químico 2.82 CO₂ eq. Albornoz, (2017).

Índice Sostenibilidad de Procesamiento (ISProc).

El índice de sostenibilidad de procesamiento incluye dos fases o procesos realizados en el tratamiento del café por la empresa COMSA, estos se definen como el beneficiado húmedo y el beneficiado seco. En el siguiente apartado, se describe cómo se lleva a cabo las acciones ejecutadas en el contexto de estos procesos.

Beneficiado Húmedo. El Cuadro 15 indica tres diferentes procesos, luego de haberse cosechado el grano de café. El proceso de lavado tiene la mayor huella de carbono (341 Ton CO₂ equivalente) (Valdez y Núñez, 2016), ya que considera que los granos se secan en un patio, en plástico extendidos en el suelo o en una secadora industrial; luego el café se mueve para lograr un secado homogéneo a 11% de humedad; una vez que los granos se han secado, se procede a su almacenamiento. La pulpa y las aguas mieles que se generan durante el beneficiado del café tienen diferentes usos; la pulpa del café es transportada a las instalaciones de Finca La Fortaleza y se utiliza como materia prima en la producción de compost. Al ser rica en nutrientes orgánicos, la mezclan con otros residuos vegetales para producir un abono natural (NUTRICOMSA). Las aguas mieles, que son los residuos líquidos generados durante el proceso de lavado del café, son sometidas a un proceso de separación de sólidos y luego pasan a un biodigestor para producir biogás y bioles. Adicionalmente, la evaluación muestra que el procesamiento natural no genera emisiones de CO₂, tiene el costo más bajo como proceso e involucra mayor cantidad de mano de obra. El otro proceso es melado, el cual es similar al lavado, consiste seleccionar las cerezas de café, limpiarlas y despulparlas sin eliminar el mucílago, para luego secar el grano en los patios de COMSA, los cuales tienen una capacidad máxima de 200 qq de café oro melado. Se secan aproximadamente 5,500 qq de café oro en patios. El tercer proceso conocido como natural consiste en secar el café uva de color rojizo o amarillento (dependiendo de su variedad) sin realizar el despulpado. Las cerezas se recolectan, clasifican y limpian para separar las que estén inmaduras o dañadas por insectos. Se colocan bajo el sol en un área de

secado utilizando rollos de plásticos de 110 libras, utilizando un plástico por 90 qq de café uva, en promedio secan 6,300 qq de café oro por temporada en este proceso.

Cuadro 15*Comparación de los tres tipos de beneficiados de café en COMSA*

Procesamiento	Ambiental CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Lavado	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	3	0.3	0.9	1.6
Melado	2	0.4	0.8	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	1.7
Natural	3	0.4	1.2	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1.8
Total			2.4			0.9			1.8	5.3

Nota. Datos de emisiones tomados de Valdez y Núñez, (2016) y Cárdenas y Vásquez, (2013).

A continuación, el Cuadro 16 muestra la evaluación de sostenibilidad relacionada al beneficiado húmedo con respecto al consumo de energía de una temporada de café (noviembre-marzo), con la evaluación más baja; mostrando ser una prioridad para la mejora de procesos.

Cuadro 16*Evaluación de circularidad del beneficiado húmedo de café en COMSA para la temporada 2021-2022*

	Ambiental Kg CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Beneficiado Húmedo	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1
Total			0.4			0.3			0.3	1

Nota. Datos de emisiones 100,154.6 kg CO₂ eq/kg brindados por COMSA.

Con respecto al secado del café, el Cuadro 17 muestra los diferentes métodos que se realizan en la empresa COMSA, para secar el café con proceso natural se utilizan 180 rollos de plásticos por temporada, el patio de concreto se utiliza el proceso melado y las secadoras industriales para secar el café con proceso lavado.

Cuadro 17

Métodos de secado del café en COMSA

Método de secado	Capacidad por unidad (quintales)	Unidades
Patio de concreto	200 (oro melado)	1 (30 m x 70 m)
Plástico	90 (uva)	180 rollos
Secadora Industrial	100 (oro)	10

Al evaluar los tres métodos de secado, el Cuadro 18 muestra el patio tiene un alto rango de emisiones por construido de concreto, según Ennomotive, (2019) estos tienen emisiones de 0.9 kg CO₂ eq/kg; por otro lado las secadoras industriales tienen un alto consumo energético, pero estas son alimentadas con la cascarilla del café entonces los residuos se reintegran a la cadena como ejemplo de circularidad en el sistema emitiendo 0.02 Kg CO₂ eq. (Ramírez, 2018). Los plásticos son los menos favorables ambientalmente, ya que emiten 9.27 Kg CO₂ eq. debido a que son de tipo poliamida según Albornoz (2017).

Cuadro 18

Evaluación de circularidad de los métodos de secado del café en COMSA evaluado con diferentes dominios

Método de secado	Ambiental Kg CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Patio de concreto	2	0.4	0.8	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	1.7
Plásticos	1	0.4	0.4	2	0.3	0.6	1	0.3	0.3	1.3
Secadora Industrial	2	0.4	0.8	1	0.3	0.3	3	0.3	0.9	2
Grand Total			2			1.2			1.8	5

Beneficio Seco. Para lograr exportar café, se requiere de diferentes etapas en el beneficio seco, orientadas a calidad y preparación para la exportación, estas etapas son: Separación de materia extraña, separación de piedras, proceso de trillado, clasificación por tamaño, selección por peso y densidad y selección por color y defectos. En cuanto a la evaluación de sostenibilidad en la etapa de comercialización se consideraron: Beneficiado seco, empaque y transporte. Para la actividad de beneficiado, el Cuadro 19 muestra las emisiones kg de CO₂ eq. por temporada (2021-22); las cuales son altas, al igual que los costos y poco uso de mano de obra; lo que provocó una evaluación baja de la práctica con respecto a su sostenibilidad; dejando espacio para mejora en esta etapa.

Cuadro 19

Evaluación del procesamiento de beneficio seco de café en COMSA para la temporada 2021-2022

Procesamiento	Ambiental Kg CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Beneficiado seco	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1
Grand Total			0.4			0.3			0.3	1

Nota. Datos de emisiones 72,680.05 kg CO₂ eq/kg tomado de Alborno, (2017).

Comercialización

El método de empaque del café para exportación usa sacos de yute y bolsas “GrainPro®”. Los sacos de yute, fabricados con fibras naturales de la planta de yute (*Corchorus capsularis*), son reconocidos por su capacidad para permitir la circulación de aire alrededor de los granos de café, lo que ayuda a mantener su frescura y aroma durante el transporte. Por otro lado, las bolsas “GrainPro®” son bolsas de polietileno de alta resistencia que ofrecen una excelente protección contra humedad, luz y olores externos. Estas bolsas están diseñadas para mantener la calidad del café, evitando la entrada de aire y protegiendo los granos de la oxidación, COMSA exporta en promedio 210,000 quintales de café oro al año. Es así como la evaluación de los empaques para comercializar el café da una mejor evaluación con respecto a sostenibilidad en los sacos de yute, en comparación con la bolsa “GrainPro®” (Cuadro 20).

Cuadro 20*Evaluación de circularidad de empaques de café oro para su exportación*

Empaque café exportable	Ambiental kg CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Sacos de yute	3	0.4	1.2	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	2.1
Bolsa "GrainPro®"	1	0.4	0.4	3	0.3	0.9	2	0.3	0.6	1.9
Grand Total			1.6			1.2			1.2	4

Nota. Emisiones de bolsa GrainPro® 3.5 kg CO₂ eq/kg Tomado de Liska y Cassman, (2008).

Finalmente, para poder exportar el café, este se transporta en rastras hacia Puerto Cortés, las cuales recorren 257.7 km desde el beneficio seco hasta el puerto, emitiendo 0.25 kg de CO₂/km. En el caso del café que se transporta hacia Europa, Asia y América del Norte, generalmente por transporte marítimo. Los barcos de carga pesada son responsables de llevar grandes volúmenes de café en contenedores a través de rutas marítimas extensas. Los barcos de carga pesada, que generalmente funcionan con combustibles marinos como el “fuel oil”, emiten CO₂ en relación con la cantidad de combustible consumido durante el viaje, según McCollum et al. (2010), estos emiten cerca de 20 g CO₂ por tonelada transportada por kilómetro recorrido (Cuadro 21).

Cuadro 21

Evaluación de circularidad del transporte de café oro a su destino final

País	km recorridos	Ambiental kg CO ₂ eq.	Ponderación	Criterio	Económico Costo	Ponderación	Criterio	Social Mano de obra	Ponderación	Criterio	Criterio Total
Europa	8,500	1	0.4	0.4	3	0.3	0.9	2	0.3	0.6	1.9
Norte América	3,600	2	0.4	0.8	2	0.3	0.6	2	0.3	0.6	2
Asia	16,000	1	0.4	0.4	1	0.3	0.3	2	0.3	0.6	1.3
				1.6			1.8			1.8	5.2

Evaluación del Nivel de Economía Circular en Socias de COMSA con Certificación “IMOcert”

Como se muestra en el Cuadro 22, la sumatoria de los criterios de producción evidencia que las socias realizan actividades orgánicas que contribuyen a la circularidad de este proceso. Además, las socias tienen un enfoque en la conservación del suelo y la biodiversidad, lo que contribuye a la sostenibilidad del eslabón de producción. En resumen, la certificación “IMOcert” y las prácticas de las socias de COMSA han permitido alcanzar un alto nivel de circularidad en el eslabón de producción.

Cuadro 22

Evaluación de la circularidad de las prácticas de producción por el grupo de socias de COMSA con certificación “IMOcert”.

Actividad	Ambiental	Social	Económico	Valoración Total	Aspecto de mejora
Vivero	3.2	1.8	2.1	7.1	La evaluación de la etapa de producción indica que es un eslabón sostenible, aunque se requieren mejoras debido a que la evaluación máxima posible es de 3. Para mejorar, se pueden utilizar insumos hechos por las socias para el control de malezas y enfermedades.
Ahoyado	2	1.2	1.2	4.4	
Control de malezas	3.2	2.1	2.1	7.4	
Control de enfermedades	1.6	1.5	1.5	4.6	
Control de plagas	3.2	3	3	3.2	
ISP	2.64	1.92	1.88	2.6	

El Cuadro 23 muestra la evaluación de circularidad del procesamiento del café, donde se puede apreciar que el proceso de secado obtiene el puntaje más bajo. Esto indica que el proceso de secado tiene un menor nivel de circularidad en comparación con otros procesos dentro del eslabón de procesamiento. Por lo tanto, se podría enfocar en mejorar este proceso para aumentar el nivel de circularidad en el eslabón de procesamiento del café.

Cuadro 23

Evaluación de la circularidad de las prácticas de procesamiento por el grupo de socias de COMSA con certificación “IMOcert”

Actividad	Ambiental	Económico	Social	Valoración Total	Aspecto de mejora circular
Procesos de beneficiados	2.4	0.9	1.8	5.3	En la etapa de procesamiento, se puede mejorar la eficiencia energética en el beneficiado, para reducir la cantidad de emisiones generadas y también se pueden implementar tecnologías que reduzcan la intensificación de mano de obra y, por lo tanto, los costos asociados.
Secado	2	1.2	1.8	5	
ISProc	2.2	1.05	1.8	1.5	

En lo que respecta al eslabón de comercialización, el Cuadro 24 los resultados son similares entre las actividades, también se ve que hay un espacio de mejora hacia una economía más circular. Una importante área de mejora para potenciar la sostenibilidad con un enfoque de economía circular y la eficiencia en el proceso de beneficiado seco del café radica en la adopción de fuentes de energía limpia para alimentar las operaciones. Además, sería viable considerar la generación de coproductos a partir de los residuos resultantes del proceso, con el propósito de generar ingresos adicionales. Parte de las ganancias obtenidas de esta iniciativa podrían destinarse a proyectos de mitigación, con el fin de compensar las emisiones generadas por las actividades de transporte y empaque, promoviendo así un enfoque aún más responsable y sostenible en todo el ciclo de producción del café seco.

Cuadro 24

Evaluación de la circularidad de las prácticas de comercialización por el grupo de socias de COMSA con certificación “IMOCert”.

Actividad	Ambiental	Económico	Social	Valoración Total	Aspecto de mejora circular
Procesamiento	0.4	0.3	0.3	4	Para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en el beneficiado seco, se puede adoptar energía limpia y crear coproductos a partir de residuos para ingresos adicionales. Estos ingresos podrían financiar proyectos de mitigación para compensar las emisiones del transporte y empaque, impulsando una mayor responsabilidad y sostenibilidad en todo el proceso de producción del café seco.
Empaque	1.6	1.2	1.2	5.2	
Transporte	1.6	1.8	1.8	1	
Total	1.2	1.51	1.51	1.05	

En este sentido el Cuadro 25 es el resumen de las actividades en torno a la cadena de valor de café de las productoras socias de COMSA con certificación “IMOCert” obteniendo un IS de 5.15 siendo esto un nivel medio para la cadena de valor del café en la empresa COMSA, lo que invita a seguir incorporando procesos más sostenibles en la cadena de valor.

Cuadro 25

Índice de sostenibilidad con enfoque de circularidad en la cadena de valor del café orgánico producido por las socias de COMSA con certificación “IMOCert”

Índice	Valoración
Índice de Sostenibilidad de Producción (ISP)	2.6
Índice de Sostenibilidad de Procesamiento (ISProc)	1.5
Índice de Sostenibilidad de Comercialización (ISC)	1.05
Índice de Sostenibilidad (IS)	5.15

Conclusiones

La cadena de valor del café certificado "IMOcert" revela que las medianas y grandes productoras tienen diferentes estrategias de comercialización. Las medianas productoras ofrecen precios similares a COMSA, mientras que las grandes productoras pueden vender directamente en mercados internacionales, logrando valores de hasta USD 12/lb de café tostado. Esto muestra una dinámica de competencia y acceso a mercados que beneficia a las productoras de mayor tamaño.

El Índice de Sostenibilidad de Producción (ISP) es el más alto de la cadena de valor del café orgánico con certificación "IMOcert". Por otra parte, el eslabón de comercialización mostró el índice más bajo. Esta diferencia se debe a que, en el eslabón de producción, las socias realizan prácticas de producción orgánica, lo que contribuye a la sostenibilidad del proceso; en cambio el beneficiado y la comercialización no se basan en prácticas sostenibles, esto se refleja en el resultado final como un bajo Índice de Sostenibilidad (IS) en la cadena de valor.

El Índice de Sostenibilidad con enfoque de economía circular revela que, a pesar de la naturaleza orgánica de la empresa, su desempeño en sostenibilidad es bajo, obteniendo un Índice de Sostenibilidad de 5.15 de un máximo de 10, destacándose el eslabón de comercialización como área de mejora prioritaria.

Recomendaciones

Además de utilizar un mapa de cadena de valor, se sugiere realizar un análisis de ciclo de vida para evaluar dónde se genera o se pierde valor del producto a lo largo de toda la cadena.

En estudios futuros, determinar la cantidad de carbono fijado en las plantaciones de café. Esta estrategia se alinea con la economía circular al optimizar el ciclo de vida del café, considerando la capacidad de las plantaciones para capturar carbono y reducir su huella de carbono en la cadena de valor.

Se recomienda a la empresa COMSA, la adopción de fuentes de energía limpia, como solar o de otro tipo. Además, explorar la generación de coproductos a partir de los residuos del proceso, esto podría generar ingresos adicionales y parte de estas ganancias destinarlos a proyectos de mitigación que compensen las emisiones relacionadas con el transporte y el empaque, contribuyendo así a un enfoque más responsable y sostenible en la cadena de valor de la empresa.

Referencias

- Albornoz, A. (2017). *Huella de Carbono del café (Coffea arabica) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017: Huella de Carbono del café (Coffea arabica) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6031>
- Alcivar, K. y Risco, A. (2022). *Diseño de una propuesta sostenible de producción de biodiesel mediante optimización multiobjetivo de factores económicos, ambiental y rendimiento* [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56626>
- Alvarado, A., Mora, A [Alexander] y Rojas, L. (2017). *Método de Labranza Conservacionista y Maquinaria*. Universidad Nacional de Ciencias Forestales. https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/1_Metodos_Labranza_Conservacionista_Maquinaria_Dendroenergs.pdf
- Álvarez, M. (2018). *Análisis de la Cadena de Valor del Café en Honduras*. Heifer. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/hn/cadena-valor-cafe-2018-HEIFER-IHCAFE-PNUD.pdf>
- Augustin, J. (2019). *Análisis de indicadores de sostenibilidad en tres sistemas de producción de café: convencional, orgánico y especial, en los municipios de Morocelí, Marcala y Santa Elena, en Honduras: Análisis de indicadores de sostenibilidad en tres sistemas de producción de café: convencional, orgánico y especial, en los municipios de Morocelí, Marcala y Santa Elena, en Honduras* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6542>
- Benveniste, G. (2010). *Herramientas simplificadas para el cálculo de la huella de carbono*. Escuela Superior de Comercio Internacional. <http://www.conama10.vsf.es/conama10/download/files/ct%202010/1000000128.pdf>
- Bú Flores, C. C., Teruel Rodríguez, F. L. y Martínez Hernández, S. M. (2022). *Estudio De prefactibilidad para la creación de un café librería en la ciudad de San Pedro Sula, 2022* [Tesis de pregrado]. repositorio.unitec.edu. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/11779>
- Cárdenas, J. y Vásquez, J. (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: 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* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1778>
- Carranza Rojas, C. F. y Díaz Porras, R. (2005). *Percepción de la demanda en las cadenas agroalimentarias: casos de café, chayote y melón en Costa Rica. (SDT 002-2005)*. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE). <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/8604>

- Castrillón Sandoval, J., Morán Romero, T., Prado Vilca, E. y Zevallos Revollar, M. (2017). *Planeamiento estratégico para la industria peruana del café* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú; PE; Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú]. tesis.pucp.edu.pe. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9003>
- Cedeño, J. (2022). *Revisión de literatura sobre sostenibilidad de sistemas agroforestales en cacao: Revisión de literatura sobre sostenibilidad de sistemas agroforestales en cacao* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7457>
- Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). *Economía circular*. <http://www.mincotur.gob.es/publicaciones/publicacionesperiodicas/economiaindustrial/revistaeconomiaindustrial/401/cerd%C3%81%20y%20khalilova.pdf>
- Chain-Guadarrama, A., Martínez-Rodríguez, R. M., Cárdenas, J. M., Vélchez Mendoza, S. y Harvey, C. A. (2019). Uso de prácticas de Adaptación basada en Ecosistemas por pequeños cafetaleros en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana*, 1–18. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32615>
- Ennomotive. (2019). *Producción de cemento: Cómo reducir las emisiones de CO2*. <https://www.ennomotive.com/es/produccion-de-cemento/>
- Fuentes, T. (2022). El consumidor ecuatoriano y los derechos que brinda la ley orgánica de defensa del consumidor. *Dominio de las Ciencias*, 8(3), 437–457. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8637895>
- Igarza Espinoza, J. (2017). *Estudio de prefactibilidad de una planta de café orgánico frutado* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú; PE, Perú]. tesis.pucp.edu.pe. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9970>
- Larrouyet, M. C. (2015). *Desarrollo sustentable : origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina]. ridaa.unq.edu.ar. <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/11807/154>
- Liska, A. J. y Cassman, K. G. (2008). *Towards Standardization of Life-Cycle Metrics for Biofuels: Greenhouse Gas Emissions Mitigation and Net Energy Yield* (Vol. 2). American Scientific Publishers. <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/jbmb/2008/00000002/00000003/art00001> <https://doi.org/10.1166/jbmb.2008.402>
- Martinez de Carvalho, C. (2012). *Consumo responsable del café* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya, España]. upcommons.upc.edu. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/15175>
- McCollum, D., Gould, G. y Greene, D. (2010). *Greenhouse gas emissions from aviation and marine transportation: Mitigation potential and policies*. California. University of California - Davis. <https://escholarship.org/uc/item/5nz642qb>
- Melo, E. de y Astorga, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café. Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores* (núm. 131). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8186>

- Mora, A [Andrés] y Mendoza, S. (2017). *Determinación de impactos ambientales en la finca Cascajal en Pacho Cundinamarca, mediante el balance de carbono y nutrientes para un cultivo de café* [Pregrado]. Universidad de La Salle, Bogotá. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1355&context=ing_ambiental_sanitaria
- Ochoa Panoso, M. R. (2017). *La caída de la exportación de café y su impacto en el desarrollo económico de La Paz 2006–2015: La caída de la exportación de café y su impacto en el desarrollo económico de La Paz 2006–2015* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia]. repositorio.umsa.bo. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10129>
- Ordóñez, M. A. y Sosa, M. H. (2004). *Uso y manejo de sombra en los cafetales*. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). <https://www.ihcafe.hn/?mdocs-file=4266>
- Perea Quezada, J. (2010). *El café orgánico, una ventaja competitiva para los productores cafetaleros del estado de Veracruz* [Tesis de pregrado], México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782010000100023
- Quijada, J. A. B. (2019). *Operaciones y procesos de producción*. Editorial Elearning, S.L. https://books.google.hn/books?id=q3XIDwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Ramírez, D. A. (2018). *Estudio del efecto del uso de cascarilla de café sobre las emisiones de Nox provenientes de la combustión de carbón mediante las técnicas de co-firing y reburn* [Tesis de maestría]. Universidad de los Andes, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/34839>
- Rivera, N. (2014). *Determinación de huella de carbono en la fase de mantenimiento y manejo, en la etapa productiva para el cultivo de proteas variedad (Leucadendron safari sunset), en la Vereda Carrizal Granada (Cundinamarca)*. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12177/Determinaci%C3%B3n%20de%20huella%20de%20carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrano Lasa, I., Castro Vila, R. de y Ochoa Laburu, C. (2007). *Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos* [Doctoral]. Universitat de Girona, Girona. <https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/4516>
- Shaxson, F. y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: El significado de la porosidad del suelo*. FAO.
- Tenorio, F., Torres, J., Zarco, G., Díaz, J., Pastelín, G. y Del Valle, L. (2008). El óxido nítrico y las enfermedades cardiovasculares: cardioprotección versus cardiotoxicidad. *Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas*, 39(3), 39–48. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57911110006.pdf>
- Valdez, S. y Núñez, M. (2016). *Construcción de la huella de carbono en el ciclo de vida productivo del café, utilizando la norma pas 2060:2014, para el alcance de la carbono neutralidad a través de la generación de energía por medios renovables en la empresa Comsa Marcala la Paz* [Postgrado]. Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Tegucigalpa. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/7161>

- Vargas Prieto, A., Fajardo Rodríguez, C. L., Romero Rodríguez, Y. E. y Nieves Forero, K. Y. (2019). La asociatividad para articular cadenas productivas en Colombia. *Cooperativismo & Desarrollo*, 27(115), 1–34. <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2019.02.10>
- Villate González, O. Y., Bejarano Hernández, M. J. y López Cárdenas, E. S. (2022). *Propuesta de redes y alianzas para fortalecer la comercialización del café producido por las familias agremiadas en la Asociación de Caficultores de Somondoco- CAFESOM: Propuesta de redes y alianzas para fortalecer la comercialización del café producido por las familias agremiadas en la Asociación de Caficultores de Somondoco- CAFESOM* [Tesis de maestría, Corporación Universitaria Minuto de Dios; Posgrado; Maestría en Gerencia Social, Colombia]. repository.uniminuto.edu. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/15947>
- Zambrano González, K. (2022). *El desafío del cambio climático en el Derecho Internacional y Europeo* [Tesis de pregrado, Universidad de Valencia, España]. roderic.uv.es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=309913>
- Zero Emissions Objective. (2020). *¿Cuánto CO₂ emite el plástico?* <https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/>