

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

MANUAL METODOLÓGICO ESTRATÉGICO PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE  
VIDA DE LA SEMILLA DE LA VARIEDAD OBATA DE CAFÉ DEL INSTITUTO  
NACIONAL DEL CAFÉ DE COSTA RICA PARA EL 2024.



JENNIFFER PAMELA GONZÁLEZ ARAYA

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MÁSTER EN LIDERAZGO Y  
GERENCIA AMBIENTAL

San José, Costa Rica

Noviembre, 2024

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
Requisito parcial para optar al grado de Máster en Liderazgo y Gerencia Ambiental



Daniel Rodríguez Molina  
PROFESOR TUTOR



Rolando Chacón Araya  
LECTOR No.1

ANGELA SIRLENY VEGA HERRERA (FIRMA) Firmado digitalmente por ANGELA  
SIRLENY VEGA HERRERA (FIRMA)  
Fecha: 2024.11.26 16:42:25 -06'00'

Angela Sirleny Vega Herrera  
LECTOR No.2



Jenniffer Pamela González Araya  
SUSTENTANTE

## **DEDICATORIA**

Este proyecto lo dedico, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fortaleza y las oportunidades necesarias para culminar este trabajo final y mi maestría. A mi esposo, cuyo apoyo incondicional durante estos dos años de esfuerzo constante fue fundamental, acompañándome en cada paso y guiándome en la realización de este proyecto.

Agradezco también a mis padres, quienes siempre han estado presentes, brindándome su ánimo y aliento para seguir adelante, motivándome a ser una mejor profesional cada día. Finalmente, dedico este logro a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron y desempeñaron un papel importante para que mi sueño de alcanzar esta maestría se hiciera realidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento, a Dios a mi esposo y mi familia, por su apoyo incondicional y constante motivación, sin los cuales este proyecto logro no habría sido posible.

A la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), agradezco por todo el conocimiento impartido y el respaldo brindado a lo largo de esta maestría. En especial, agradezco a mi profesor tutor, Daniel Rodríguez, por su valiosa orientación y los conocimientos compartidos, los cuales fueron una guía importante en la realización de este trabajo.

Finalmente, mi sincero agradecimiento al Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto en colaboración, y por su confianza para llevar a cabo una investigación que espero sea de beneficio para el sector cafetalero.

## ABSTRACT

The "Strategic Methodological Manual for the Life Cycle Analysis of the Obatá Coffee Seed Variety of the National Coffee Institute of Costa Rica for 2024" is a tool aimed at optimizing the coffee sector through the implementation of Life Cycle Analysis (LCA) studies. This manual provides a replicable methodology for assessing the environmental impact of various coffee varieties, starting with the Obatá seed. Results highlight climate change, freshwater ecotoxicity, and land use as the main impact categories, with the cultivation phase generating the most significant impact. By disseminating this manual, the aim is to encourage the adoption of LCA studies within the sector, promoting more sustainable agricultural practices and enhancing the competitiveness of Costa Rican coffee in the international market.

El «Manual Metodológico Estratégico para el Análisis de Ciclo de Vida de la Variedad de Semilla de Café Obatá del Instituto Nacional de Café de Costa Rica al 2024» es una herramienta orientada a optimizar el sector cafetalero mediante la implementación de estudios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Este manual proporciona una metodología replicable para evaluar el impacto ambiental de diversas variedades de café, empezando por la semilla Obatá. Los resultados destacan el cambio climático, la ecotoxicidad del agua dulce y el uso de la tierra como las principales categorías de impacto, siendo la fase de cultivo la que genera el impacto más significativo. Con la difusión de este manual se pretende fomentar la adopción de estudios de ACV en el sector, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y mejorando la competitividad del café costarricense en el mercado internacional.

## INDICE

HOJA DE APROBACION	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
INDICE	V
INDICE ILUSTRACIONES	VII
INDICE CUADROS	VIII
RESUMEN EJECUTIVO	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. ANTECEDENTES .....	12
1.2. Problemática. ....	13
1.3. Justificación del problema.....	14
1.4. Supuestos.....	15
1.5. Restricciones.....	15
1.6. Objetivo general .....	15
1.7. Objetivos específicos.....	15
2 MARCO TEORICO .....	17
2.1. Marco referencial o institucional.....	17
2.1.1. Antecedentes de la Institución.....	17
2.1.2. Misión y visión.....	17
2.1.3. Estructura organizativa.....	18
2.2. Marco conceptual .....	19
2.2.1. Análisis del Ciclo de vida.....	20
2.3. Otra teoría propia del tema de interés.....	21
2.4. Regla de Categoría de Producto (RCP).....	21
3 MARCO METODOLOGICO .....	23
3.1. Fuentes de información .....	23
3.2. Alcance de la RCP.....	24
3.3. Técnicas de Investigación.....	24
3.4. Método de Investigación. ....	26
3.4.1. Especificación.....	26
3.4.2. Unidad declarada .....	26
3.4.3. Unidades y cantidades .....	27
3.4.4. Alcance del sistema .....	27
4 DESARROLLO.....	33
4.1. Información necesaria para la elaboración de Análisis del Ciclo de vida. ....	33
4.2. METODOLOGÍA.....	35
4.3. ESPECIFICACIÓN.....	36
4.3.1. DEFINICIÓN DE GRUPO DE PRODUCTOS .....	36
4.3.2. Unidad declarada .....	36
4.3.3. Unidades, contenido de materiales y sustancias químicas .....	37
4.4. Alcance General del Sistema.....	37
4.4.1. Límites del sistema .....	37
4.5. Información requerida a nivel de procesos.....	38
4.5.1. Consideraciones con los datos de proceso.....	39
4.6. Datos para generar el ACV.....	42

4.6.1.	Almacigo .....	42
4.6.2.	Cultivo .....	47
4.6.3.	Beneficio.....	48
4.6.4.	TraNsporte .....	51
4.7.	Ejemplo de ACV .....	52
4.7.1.	Paso 1.....	52
4.7.2.	Paso 2.....	53
4.7.3.	Paso 3.....	55
4.7.4.	Paso 4.....	56
4.7.5.	Paso 5.....	56
4.7.6.	Paso 6.....	61
4.7.7.	Paso 7.....	64
4.7.8.	Paso 8.....	66
4.8.	Resultados.....	67
5	CONCLUSIONES.....	73
6	RECOMENDACIONES .....	77
7	BIBLIOGRAFIA .....	79
8	ANEXOS .....	83
8.1	Anexo 1: Acta del proyecto final de graduación .....	83
8.2	Anexo 2 CRONOGRAMA PFG .....	86
8.3	Anexo 3 MANUAL METODOLÓGICO ESTRATÉGICO PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA SEMILLA DE LA VARIEDAD OBATA .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ORGANIGRAMA DEL ICAFE.....	19
FIGURA 2. ALCANCES GENERALES DEL SISTEMA .....	24
FIGURA 3. PROCESOS DEL CAFÉ .....	27
FIGURA 4. PROCESO DEL CAFÉ .....	34
FIGURA 5. DIAGRAMA DE PROCESO DE PARA LA SEMILLA OBATA. ....	35
FIGURA 6. IMAGEN DE SEMILLA OBATÁ ROJO.....	36
FIGURA 7. PROCESOS DEL CAFÉ .....	38
FIGURA 8. ELEMENTOS EXCLUIDOS DEL ACV.....	41
FIGURA 9. ENTRADA DEL CR-CAFE .....	53
FIGURA 10. PORTAL CAFETALERO.....	53
FIGURA 11. SECCIÓN PARA BENEFICIOS .....	54
FIGURA 12. CALCULADORA AMBIENTA .....	54
FIGURA 13. HERRAMIENTA ACV. CALCULADORA DE HUELLAS AMBIENTALES .....	55
FIGURA 14. REGISTRO DE NUEVO CALCULO.....	55
FIGURA 15. SECCIÓN TRASPORTE DE SEMILLA.....	56
FIGURA 16. DATOS DE TRASPORTE DE SEMILLA .....	57
FIGURA 17. DATOS DEL PROCESAMIENTO DE SEMILLA .....	58
FIGURA 18. SECCIÓN EMPACADA DE SEMILLA .....	59
FIGURA 19. SECCIÓN DE SEMILLERO .....	59
FIGURA 20. SECCIÓN ALMÁCIGO.....	60
FIGURA 21. SECCIÓN DE CULTIVO .....	61
FIGURA 22. CONVERSIÓN DE DATOS.....	62
FIGURA 23. DATOS DE CULTIVO .....	63
FIGURA 24. SECCIÓN DE BENEFICIO .....	64
FIGURA 25. DESPULPADO Y REMISIÓN DE MUCILAGO .....	64
FIGURA 26. SECCIÓN DE SECADO.....	65
FIGURA 27. SECCIÓN DE EMPACADO .....	66
FIGURA 28. SECCIÓN DE TRASPORTE.....	66
FIGURA 29. DATOS DE TRASPORTE.....	67
FIGURA 30. ULTIMO PASO DE LA HERRAMIENTA.....	67
FIGURA 31. RESULTADOS .....	68
FIGURA 32. GRÁFICO DE RESULTADOS .....	70

**ÍNDICE DE CUADROS**

CUADRO 1 ETAPA AGUAS ARRIBA .....	28
CUADRO 2. ETAPA CENTRAL .....	30
CUADRO 3. ETAPAS AGUAS ABAJO .....	32
CUADRO 4. FUENTES DE DATOS .....	40
CUADRO 5. PROCESAMIENTO DE SEMILLA .....	42
CUADRO 6. SEMILLERO .....	44
CUADRO 7. RECOMENDACIONES PARA LA GENERACIÓN DE DATOS .....	45
CUADRO 8. ALMACIGO .....	45
CUADRO 9. CULTIVO .....	47
CUADRO 10. DESPULPADO Y REMOCIÓN DE MUCILAGO .....	49
CUADRO 11. SECADO .....	50
CUADRO 12. BENEFICIO .....	51
CUADRO 13. RESULTADOS DEL ACV .....	69

## ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
CCP	Clasificación Central de Productos
CFC	Clorofluorocarbono
ECA	Ente Costarricense de Acreditación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICAFFE	Instituto del Café de Costa Rica
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
ISO	Organización Internacional de Estandarización
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
RCP	Regla de Categoría de Producto
SETAC	Society of environmental Toxicology and Chemistry
SI	Sistema Internacional de Unidades
TEC	Tecnológico de Costa Rica
UE	Unión Europea
N	Nitrógeno
N <sub>2</sub> O:	Óxido Nitroso
CH <sub>4</sub> :	Metano
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de Carbono
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
PM	Material particulado

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, titulado "Manual Metodológico Estratégico para el Análisis del Ciclo de Vida de la Semilla de la Variedad Obatá de Café del Instituto Nacional del Café de Costa Rica para el 2024", está diseñado como una herramienta práctica para el sector cafetalero. Este proyecto nace a raíz de la necesidad creciente a nivel global de conocer los impactos ambientales que tiene diferentes productos agrícolas tienen a lo largo de todo su proceso productivo. Específicamente para el caso de Costa Rica, la Unión Europea quiere conocer todos estos impactos relacionados con los productos agrícolas que se están exportando a su territorio.

El principal objetivo principal es formular un manual metodológico estratégico para el Análisis de Ciclo de vida para la variedad específica de café variedad Obatá, que permita al sector tener una herramienta que pueda ser replicable. También busca facilitar la comprensión y aplicación de técnicas de ACV dentro del sector, proporcionando insumos que favorezcan la mejora de procesos, tanto en la fase de cultivo como en el beneficio.

En este estudio, la hipótesis metodológica buscó establecer una relación directa entre la forma en que se realizan los procesos productivos del café en Costa Rica y el impacto ambiental que estos generan por medio de la recolección de datos y el uso de la herramienta de Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ para las diferentes etapas del proceso.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se identificaron las principales categorías de impacto ambiental, entre las que destacan el cambio climático (2.79 kg CO<sub>2</sub> eq), la ecotoxicidad en agua dulce (40973.22 PAF.m<sup>3</sup>.day) y el uso del suelo (54.62 kg C deficit). El análisis reveló que la fase de cultivo es responsable de un mayor porcentaje de impacto en la mayoría de las categorías, lo que resalta la necesidad de optimizar las prácticas agrícolas.

Como recomendaciones se destaca la necesidad de actualizar las herramientas de análisis actuales, como la Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ, para incluir estas nuevas tecnologías más eficientes. Asimismo, se sugiere desarrollar una memoria de cálculo para la herramienta MINAE+ICAFE CADIS a fin de facilitar auditorías y certificaciones de tipo 3 o carbono neutral, garantizando una mayor transparencia y verificación en el sector cafetalero.

Al compartir este manual con el sector cafetalero, se busca fomentar la implementación de estudios de ACV en otras variedades de café, contribuyendo a una producción más sostenible. El uso de esta herramienta no solo ayudará a identificar oportunidades de mejora en la cadena productiva, sino que también proporcionará la base para futuras certificaciones y auditorías ambientales, impulsando la competitividad y sostenibilidad del café costarricense en el mercado internacional.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

La historia del café en Costa Rica se comenzó a trazar desde los años 1720 en el que se cree que se introdujo las primeras semillas al país para poder desarrollar el cultivo. (Instituto de Café de Costa Rica, 2015)

Después de esto en los años 1832 es que se realizaron las primeras exportaciones de este producto agrícola y a partir de ese entonces es que el café inicio a tomar fuerza y se posicionó como uno de los productos agrícolas más importante en cultivo y exportación en el país. Según la secretaria ejecutiva de planificación del sector agropecuario (2022) para el periodo del 2020 al 2021 el café oro (café verde) estuvo en el cuarto lugar de bienes agropecuarios exportados, lo cual representó \$328 millones de dólares del total de exportaciones.

Para el año 2017 se identificó que el café contribuyó al 9% de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), generando un 25% de las emisiones provenientes del sector agrícola del país, el cual correspondía a un 37% del total de las emisiones que se generaban en Costa Rica. (Schloenvoigt & Sandra, 2017)

Dado que este producto agrícola es tan importante para la exportación, Costa Rica ha venido trabajando y estructurando políticas, proyectos y demás acciones que generen impactos ambientales positivos a lo largo de toda la cadena de valor del café.

Esto ha llevado a que el Instituto del Café de Costa Rica comenzara a trabajar y a unir esfuerzos con diferentes actores a nivel global para ayudar a todos los involucrados en el proceso del café, desde los productores, beneficiadores, torrefactores y exportadores puedan mejorar los impactos

ambientales que se generen en los procesos productivos y demás actividades relacionadas con el café.

Esto con el enfoque específico de poder brindarle al sector un acompañamiento mediante la generación de herramientas que puedan ser replicables y ayuden a posicionar los productos del país como ambientalmente responsables.

## **1.2. PROBLEMÁTICA.**

Para el año 2019 la Unión Europea (UE) lanza una estrategia geopolítica ambiciosa que propone alcanzar la carbono neutralidad climática para el 2050. Esta y otras políticas a nivel mundial hacen que cada vez el mercado internacional tenga requerimientos más estrictos sobre los datos de impactos ambientales de los productos que se consumen.

Como parte de estas estrategias la UE crea el Pacto Verde Europeo, el cual tiene como objetivo trabajar para que el continente sea el primer continente climáticamente neutro. Con este pacto se pretende transformar la EU en una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, garantizando que (Comisión Europea, 2019):

- no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050
- el crecimiento económico esté disociado del uso de recursos
- no haya personas ni lugares que se queden atrás.

Actualmente un 35% del café de Costa Rica se exporta a la UE (ICAFE, 2023) por lo que es un porcentaje importante de los productores del país que deben iniciar el camino hacia el cumplimiento de todas estas normativas e iniciativas de la UE para poder continuar con estas exportaciones a este mercado.

A pesar de esto a nivel país no se han generado fuentes de información confiable que respalden, aseguren y contengan la información de la trazabilidad del bajo impacto ambiental de las cadenas de producción de ciertos productos agrícolas, como lo es el café.

Por esta razón ICAFE, como ente rector y representante del sector cafetalero a nivel país está buscando generar más proyectos e investigación que certifiquen que los productos que se vendan como ambientalmente responsables, tengan una base de datos que respalde esta información. Especialmente se está buscando alternativas que permita al sector tener datos precisos sobre impactos ambientales tan importantes como la generación de emisiones de carbono en toda la cadena de valor del producto.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una de estas herramientas que permiten presentar los impactos ambientales de un producto de forma cualitativa, para que este pueda llegar a ser evaluado como un producto que presenta bajos impactos ambientales, que finalmente son parte de los requerimientos que se están presentando en mercados como el de la UE.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En la regla de categoría de producto Regla de categoría de producto, Café verde INTE/RCP 01:2020 el ICAFE es el ente responsable de proveer la información sobre el ACV de las semillas que venden al sector productivos. Esto crea la necesidad que se realicen este tipo de proyectos para generar la información necesaria para poder ser replicada a futuro.

De momento en el país no existe una fuente de información confiable y replicable a disposición del todo el sector café, para que se pueda generar más ACV de las diferentes especies de semilla que se utilizan en el país.

Como último punto este manual tiene como objetivo contribuir a generar información sobre los impactos ambientales del sector con el fin de identificar los posibles procesos en las cuales se pueden generar mejorar practicas productivas regenerativas, además de ayudar al sector a cumplir los requerimientos de exportación que se están generando en la actualidad.

#### **1.4. SUPUESTOS**

Este proyecto tiene como principales supuestos que toda la información que se genere va a ser trazable y replicable a nivel del sector café.

#### **1.5. RESTRICCIONES**

La restricción principal para este proyecto es que la información se va a generar únicamente con una variedad única de semilla, Obatá. Para generar el proyecto con diferentes variedades de semillas se necesitaría más tiempo del que se tiene contemplado para este proyecto de maestría.

#### **1.6. OBJETIVO GENERAL**

Formular un Manual metodológico estratégico para el Análisis de Ciclo de vida de semilla de la variedad Obatá de café del Instituto del café de Costa Rica para el 2024, con el propósito de generar prácticas productivas regenerativas en la actividad, mediante el cálculo de las diferentes categorías de impacto ambiental según el alcance de la Regla de categoría de producto.

#### **1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.7.1. Diagnosticar la información necesaria de las categorías de impacto ambiental de la variedad de semilla de café Obatá, siguiendo la metodología descrita en la Regla de Categoría de Producto “Café verde INTE/RCP 01:2020”.

- 1.7.2. Determinar los cálculos de las categorías de impacto ambiental para la variedad de semilla de café Obatá utilizando la herramienta calculadora de huellas ambientales establecida en la aplicación informática denominada CR-Café, en uso actualmente general por el sector cafetalero en Costa Rica.
- 1.7.3. Diseñar un manual metodológico que proporcione información detallada al sector del café sobre el proceso y los resultados obtenidos en la generación del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la variedad de semilla de café Obatá.

## **2 MARCO TEORICO**

### **2.1. MARCO REFERENCIAL O INSTITUCIONAL**

#### **2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN**

El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) es una institución pública de carácter no estatal, fundada en 1933, como rectora de la caficultura costarricense que se encarga de:

- Promover el consumo nacional e internacional de nuestro café.
- Investigar y desarrollar tecnología agrícola e industrial.
- Aprobar un precio mínimo justo que debe pagar el Beneficio de café al productor de este.

#### **2.1.2. MISIÓN Y VISIÓN**

Misión: somos la institución que regula, fomenta y defiende la actividad cafetalera con el propósito de alcanzar su sostenibilidad, en procura del bienestar socioeconómico del sector, con café de excelente calidad. (ICAFFE, 2015)

Visión: ser una Institución líder a nivel mundial, en el desarrollo tecnológico para el mejoramiento de la productividad, la industrialización y la promoción de Café de Costa Rica, brindando servicios ágiles y efectivos que mantengan equidad en la agro cadena, así como en la defensa de los intereses de la actividad, con un compromiso permanente de sus colaboradores. (ICAFFE, 2015)

Al tener un rol de representación ante el país, el ICAFFE es la institución encargada de generar información, herramientas, acompañamiento y seguimiento en los diferentes aspectos que permitan siempre el crecimiento y desarrollo del sector con base a las necesidades que se generan internamente a nivel país y externamente a nivel global de exportaciones.

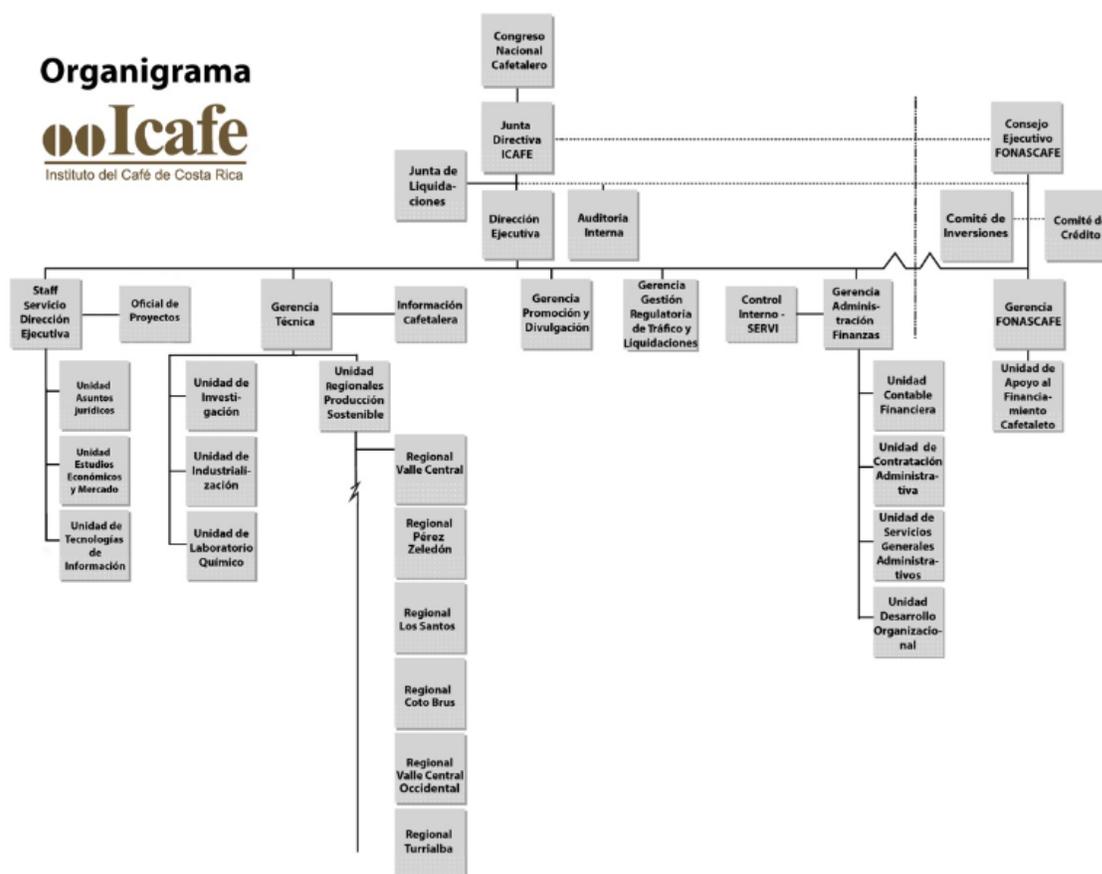
Dentro de estos aspectos, y como se comunica en su informe de Sostenibilidad del 2021 la institución se enfoca en generar acciones de mitigación y adaptación al cambio tanto a nivel interno como externo. Se afirma que el compromiso es el desarrollo sostenible, mediante la implementación de estrategias que buscan reducir los impactos negativos al medio ambiente y a su vez, generar un valor agregado al café de Costa Rica, como un café bajo en emisiones.

### **2.1.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

El ICAFE está dirigido por el Congreso Nacional Cafetalero, seguido de la Junta Directiva en la cual se toman decisiones, se mejoran y se plantean estrategias. La Junta está conformado por representantes del sector cafetalero. (Instituto del Café de Costa Rica, 2021)

La Dirección Ejecutiva del ICAFE cuenta con un equipo y oficina donde se ejecutan todos los proyectos de la institución. A partir de esto se realiza una división de las Unidades con funciones específicas, además de contar con 6 sedes regionales. (Instituto del Café de Costa Rica, 2021)

Figura 1. Organigrama del ICAFE



Fuente: ICAFE, 2015

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

Para llevar a cabo un manual metodológico para el Análisis del Ciclo de vida del café, es importante destacar conceptos básicos que se asocian con esta metodología y que serán de utilidad a la hora de la comprensión de esta.

### **2.2.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA**

En 1993 la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) define el termino como “Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final”. (Iglesias, 2005)

Según las normas INTE/ISO 14040:2007 y INTE/ISO 14044:2007, el ACV se define como la recopilación y evaluación de todas las entradas, salidas e impactos ambientales potenciales de un sistema de producto en todo su ciclo de vida; desde la adquisición de materia primera, pasando por la producción, utilización, tratamiento y disposición final. La finalidad es poder identificar e intentar evitar el desplazamiento de una carga ambiental potencial entre las etapas del ciclo de vida.

En el ACV tiene cuatro fases principales según lo establecido por la INTE/ISO, 2007. La definición del objetivo y el alcance, el análisis de inventario, la evaluación del impacto ambiental y la interpretación. La primera fase, el objetivo y alcance consisten en definir las razones para desarrollar el estudio, se necesita elegir una unidad funcional y describir los límites que va a tener el sistema. La segunda fase de análisis del inventario consiste en la recopilación y cálculo de los datos, además de la asignación de flujos, emisiones y vertidos. Para esta etapa se utilizan las reglas de asignación y se debe contar el organigrama detallado del proceso.

La tercera etapa es la evaluación del impacto ambiental, la cual consiste en seleccionar las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización para luego

realizar una asignación o clasificación de resultados que permita generar el cálculo de resultados del indicador de categoría. El objetivo principal de esta fase es la evaluación de cual significativos son los potenciales impactos ambientales.

La cuarta y última fase es la interpretación, la cual considera todos los hallazgos del análisis del ACV y la evaluación de impacto para poder obtener resultado y conclusiones que respondan a los objetivos y alcance establecidos al inicio.

### **2.3. OTRA TEORÍA PROPIA DEL TEMA DE INTERÉS**

Este concepto de ACV es una de las variables claves para este estudio, que, junto con las variables de los procesos productivos (fase de cultivo, proceso de beneficiado y fase de almacenamiento y transporte): proporcionan la información clave y necesaria para alimentar los datos y poder obtener el ACV del producto.

Con estas variables se espera conocer si existe una relación directa entre la forma en que se realizan los procesos productivos y el impacto ambiental que estos generan.

Además de presentar la pregunta al final de si adopción de tecnologías más eficientes puede llegar a tener potencial de disminuir el impacto ambiental, lo que puede sugerir que políticas y herramientas que promuevan la sostenibilidad y la inclusión de procesos regenerativos en todo el ciclo productivo del café, podrían reducir su huella de carbono de manera significativa.

### **2.4. REGLA DE CATEGORÍA DE PRODUCTO (RCP)**

La norma INTE/ISO 14025:2007 define las RCP como “el conjunto de reglas específicas, requisitos y guías para el desarrollo de declaraciones ambientales tipo III para una o más categorías de producto”. La categoría de producto se define a su vez como “el grupo de productos que pueden cumplir funciones equivalentes”

Para este caso específico de este proyecto se estará utilizando la INTE/RCP 01:2020. Regla de categoría de producto para el Café verde en Costa Rica. Este documento se creó para el cálculo de impactos ambientales resultantes de la producción y beneficiado de café verde en Costa Rica. El desarrollo de este se dio de la mano de instituciones como el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y con el apoyo del Ente Costarricense de Acreditación (ECA), el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) y el Tecnológico de Costa Rica (TEC). (INTECO, 2020)

Esta RCP para el café verde provee una metodología coherente y sólida para el cálculo de los impactos ambientales resultantes del cultivo, proceso de Beneficiado de café verde y transporte al puerto de origen (FOB). La RCP constituye el estándar para todos los interesados desde la “cuna” hasta el “puerto de exportación u origen” Free on board (FOB) que en español significa 'Libre a bordo'. (INTECO, 2020)

La implementación de esta metodología no solo garantizará la precisión de los cálculos, sino que también beneficiará al sector cafetalero en su conjunto. Este enfoque común permitirá al sector comparar y estandarizar criterios, lo que facilitará la toma de decisiones informadas sobre estrategias para reducir los impactos ambientales, ya sea de manera individual o a nivel sectorial. (INTECO, 2020).

### **3 MARCO METODOLOGICO**

Este proyecto se basa en la metodología descrita en la norma Regla de Categoría de Producto, Café Verde INTE/RCP 01:2020, y el uso de la herramienta ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ. Esta norma establece las directrices para la recolección de información primaria necesaria para la elaboración del análisis de ciclo de vida (ACV) del café verde y a su vez la calculadora de huellas ambientales requiere información específica de los mismos procesos, que permitan generar información sobre los impactos ambientales. La metodología aplicada se centra en la obtención de datos representativos para la variedad de semilla Obatá roja, proporcionados por el ICAFE adaptados a las condiciones específicas del país.

#### **3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN**

Se recolectaron datos primarios y secundarios de diversas fuentes confiables. Los datos primarios para el caso del almacigo, se utilizó un informe proporcionado por el ICAFE, el cual se construyó por medio de entrevistas a los ingenieros encargados del desarrollo de esta etapa.

Específicamente para todos los datos relacionados al cultivo de la variedad de Café Obata roja, se utilizaron los datos proporcionados por una de las fincas experimentales en Pérez Zeledón del ICAFE. Esto incluye todos los datos de suelo, fertilizantes, fungicidas, rendimientos, entre otros necesarios para el desarrollo de la herramienta de huellas ambientales.

Los demás datos de proceso de Beneficiado se construyeron mediante información que provenían del Beneficio que se encuentra en la Sede central del ICAFE. El respaldo de estos datos se puede encontrar en documentos que son compartidos públicamente en la página del Instituto.

### 3.2. ALCANCE DE LA RCP

La regla de categoría de producto utilizada para el desarrollo de este manual abarca en primer lugar, especificaciones y parámetros, seguido por los alcances generales del sistema, los cuales se detallarán con mayor profundidad:

Figura 2. Alcances generales del sistema



Fuente: INTECO, 2020

### 3.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación para este proyecto se fundamentó en una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos que permitieron recopilar información de diversas fuentes. Los métodos de investigación mixta, según Hernández Sampieri y Mendoza (2008) representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada.

El enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para obtener respuestas durante el proceso de investigación (Hernández Sampieri y Mendoza 2008), por esta razón se hizo uso de técnicas de investigación cualitativas, como en recolección de información a

través de la lectura de literatura existente y entrevistas con ingenieros expertos en el cultivo y procesamiento de café. Esta metodología permitió obtener información detallada y contextual sobre las prácticas agrícolas y el manejo de datos en la producción de café en Costa Rica, complementando los datos primarios obtenidos del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE).

La principal fuente de información primaria se basó en los documentos y reportes oficiales generados por el ICAFFE, incluyendo datos sobre la producción de café, insumos utilizados y estadísticas de rendimiento. Estos documentos sirvieron como base para evaluar los impactos ambientales y económicos del ciclo de vida del café verde.

La revisión bibliográfica incluyó estudios previos y literatura académica relacionada con el análisis de ciclo de vida (ACV) del café, tanto a nivel nacional como internacional. Esta lectura permitió contextualizar los datos obtenidos y establecer comparaciones con otros estudios similares.

En la etapa cuantitativa del estudio se utilizó la calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ, una herramienta desarrollada específicamente para el sector cafetalero en Costa Rica. Esta herramienta facilitó el cálculo de los impactos ambientales en diferentes etapas del ciclo de vida del café, permitiendo un análisis más detallado y preciso de las emisiones y huellas ambientales asociadas a la producción de café verde. Tal y como lo describe Hernández Sampieri y Mendoza (2008) el enfoque cuantitativo una la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico

Estas técnicas de investigación permitieron combinar información primaria y secundaria, garantizando la validez y relevancia de los resultados obtenidos en el proyecto.

### **3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.**

El método de investigación hace referencia a la estrategia utilizada para recopilar, analizar y validar la información necesaria para alcanzar los objetivos del proyecto. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el método de investigación debe estar alineado con la naturaleza del estudio, permitiendo una aproximación sistemática para obtener datos precisos y relevantes. En este proyecto, como se mencionó en la sección pasada se utilizó una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, buscando generar un análisis completo del ciclo de vida (ACV) del café verde, específicamente de la variedad Obatá.

Este método de investigación, al combinar diversas fuentes de datos y técnicas cualitativas y cuantitativas, aseguró una aproximación completa y representativa para el análisis de la variedad de semilla Obatá bajo las condiciones específicas del estudio.

#### **3.4.1. ESPECIFICACIÓN**

Se deben de especificar la definición del grupo de productos, además de la subclase de este. También dentro de esta sección se define la especificación del exportador, describiendo dentro de la misma la especificación del producto: especie botánica básica, superficie del terreno donde se encuentra el producto y el sistema de producción utilizado.

#### **3.4.2. UNIDAD DECLARADA**

La unidad declarada es:

**1 (un) kilogramo de Café Verde con un 11,5 % de humedad entregado en el puerto de origen (FOB).**

Se informará de los impactos ambientales por cada unidad declarada (por ejemplo, para emisiones de gases de efecto invernadero debe reportarse como Kg de CO2 equivalente por kilogramo de Café Verde al 11,5 % de humedad).

### 3.4.3. UNIDADES Y CANTIDADES

Para este proyecto los cálculos e informes se debe usar el Sistema Internacional de Unidades (SI).

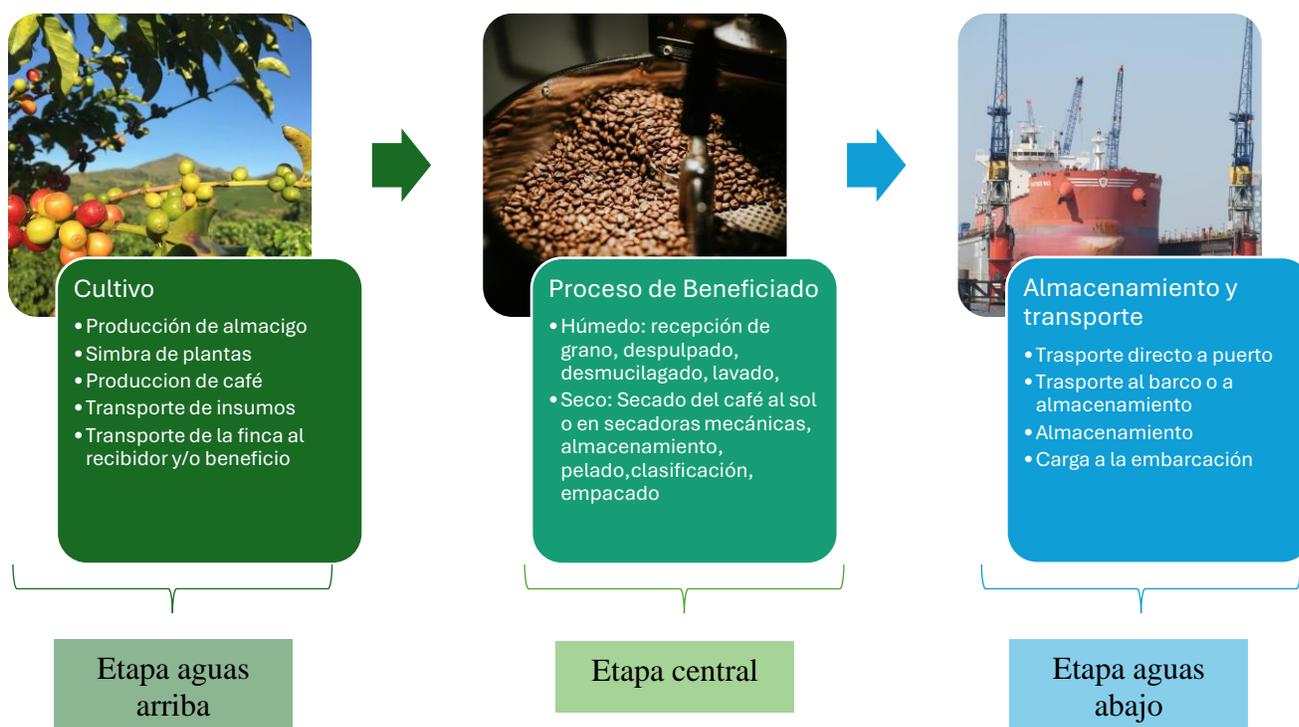
#### Contenido de materiales y sustancias químicas

Para este manual se van a declarar los materiales y sustancias asociados a la unidad declarada.

### 3.4.4. ALCANCE DEL SISTEMA

Se deben incluir los procesos para la producción del producto final

Figura 3. Procesos del Café



Fuente: Elaboración propia basada en la RCP INTECO, 2020

Los procesos aguas arriba deben incluir como mínimo las siguientes entradas de materia prima e insumos energéticos necesarios para la producción de café verde:

**Cuadro 1 Etapa Aguas Arriba**

<b>Producción de almácigo (vivero):</b>	<b>Producción de café</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección del fruto para semillas</li> <li>• Producción de estacas</li> <li>• Procesado de semilla</li> <li>• Preparación de semillas</li> <li>• Certificación de semillas</li> <li>• Adquisición de semillas (si procede)</li> <li>• Compra de estacas enraizadas (si procede)</li> <li>• Compra de almácigos (si procede)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de transporte de plantas de almácigo a la finca</li> <li>• Preparación del terreno para la siembra</li> <li>• Transformación del uso de la tierra</li> <li>• Utilización de métodos mecánicos de control de maleza y podas.</li> <li>• Control químico de maleza y actividades de protección de plantas.</li> <li>• Aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos.</li> <li>• Producción y métodos mecánicos de aplicación de agroquímicos.</li> <li>• Utilización de agua para riego superficial y subterráneo</li> </ul>

<b>Producción de almácigo (vivero):</b>	<b>Producción de café</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de la tierra</li> <li>• Transformación del uso de la tierra</li> <li>• Utilización de insumos para preparación de la tierra</li> <li>• Producción de bolsas de plástico utilizadas</li> <li>• Producción de empaques y su materia prima</li> <li>• Producción de fertilizantes orgánicos y químicos.</li> <li>• Producción de agroquímicos usados en el sistema de producción</li> <li>• Utilización de agua para riego superficial o subterránea</li> <li>• Utilización de agua de lluvia utilizada en el proceso</li> <li>• Consumo de energía eléctrica</li> <li>• Procesos de transporte de insumos y plántulas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas agroforestales</li> <li>• Procesos de transporte de insumos</li> <li>• Toda otra operación agrícola</li> <li>• Consumo de combustibles en operaciones agrícolas</li> <li>• Producción de canastos de recolección</li> <li>• Transporte de grano de la finca al receptor o al beneficio</li> <li>• Uso de consumibles para mantenimiento</li> </ul>

Producción de almácigo (vivero):	Producción de café
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de combustibles</li> <li>• Gestión de residuos generados como sacos, bolsas plásticas etc.</li> <li>• Generación de emisiones</li> <li>• Generación de aguas residuales</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia basada en la INTE/RCP 01:2020

## Cuadro 2. Etapa Central

Etapa central	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformación del uso de la tierra y otras operaciones necesarias para el establecimiento del Beneficiado</li> <li>• Emisiones al aire, al suelo y al agua para la etapa de procesamiento</li> <li>• Consumo de agua superficial o subterráneo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de equipos para la movilización de insumos, productos intermedios y productos terminados.</li> <li>• Uso de consumibles para mantenimiento (por ejemplo, de las máquinas), dado que no se incluyen los activos de capital, solo se da cuenta de los “consumibles”.</li> <li>• Gestión de residuos sólidos y líquidos</li> </ul>

---

 Etapa central
 

---

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo eléctrico</li> <br/> <li>• Uso de energías renovables</li> <br/> <li>• Proceso de recepción de la fruta</li> <br/> <li>• Proceso de chancado o despulpado.</li> <br/> <li>• Desmucilaginado</li> <br/> <li>• Lavado del grano</li> <br/> <li>• Generación de aguas residuales (Kg de fósforo, nitrógeno, DQO/DBO)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos de biomasa con fines energéticos, incluyendo fuentes externas Descascarillado</li> <br/> <li>• Fabricación del material de empaque primario (saco de yute y/o bolsa de polipropileno)</li> <br/> <li>• Transporte de producto de finca a Beneficio</li> <br/> <li>• Transporte de material primario de empaque</li> <br/> <li>• Todo transporte interno (de la pulpa, combustibles biomásicos, transporte de producto terminado en almacenaje, residuos al sitio de disposición final)</li> <br/> <li>• Transporte externo (transporte de insumos, ).</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración propia basada en la INTE/RCP 01:2020

**Cuadro 3. Etapas Aguas Abajo**

## Etapas Aguas Abajo

<ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo de electricidad por almacenamiento y movilización de producto terminado</li><li>• Consumo de combustible para movilización del producto terminado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de transporte por tipo de tonelaje</li><li>• Kilómetros recorridos de la finca o bodega al puerto.</li></ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia basada en la INTE/RCP 01:2020

## **4 DESARROLLO**

### **4.1. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.**

El ACV según lo indica la norma ISO 14044 tiene como objetivo identificar las oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de los productos en las distintas etapas del ciclo de vida, por esta razón para cada una de las etapas se debe desglosar los procesos involucrados y es necesario identificar la información respectiva a entradas de materiales y energía, salidas de productos y subproductos, así como emisiones al aire y vertimientos al agua y suelo, en cada proceso.

Para poder llevar a cabo este análisis la ISO 14040 e ISO 14044 establecen con claridad el marco y los lineamientos para realizar un estudio de ciclo de vida. El método tiene fases fundamentales:

- a) la fase de definición del objetivo y el alcance,
- b) la fase de análisis del inventario,
- c) la fase de evaluación del impacto ambiental, y
- d) la fase de interpretación.

Además de lo descrito en la norma, se requiere tener identificados de forma clara las actividades incluidas en el sistema de producción del café verde, para este caso específico. El desarrollo de flujos de procesos puede ayudar a identificar con claridad el alcance y los procesos involucrados en cada una de las etapas del ciclo de vida.

**Figura 4. Proceso del café**

Fuente: Factor CO2, 2021

**Figura 5. Diagrama de proceso de para la Semilla Obata.**



Fuente: Factor CO<sub>2</sub>, 2021

## 4.2. METODOLOGÍA

La metodología que se va a utilizar en este manual es la que se describe en la norma INTE/RCP 01:2020 Regla categoría de producto. Café Verde, además de esto se va a utilizar la herramienta de cálculo proporcionada por el ICAFE, CR-CAFÉ Portal Cafetalero (icafe.cr).

### 4.3. ESPECIFICACIÓN

#### 4.3.1. DEFINICIÓN DE GRUPO DE PRODUCTOS

El alcance de este ACV abarca el café verde según la definición de la subclase 01610 de la Clasificación Central de Productos (CCP) de las Naciones Unidas específicamente para la semilla de café Arábica, Obatá Rojo.

Fuente: Word Coffee Research, 2024

Figura 6. Imagen de semilla Obatá rojo



#### 4.3.2. UNIDAD DECLARADA

Siguiendo la metodología de la INTE/RCP 01:2020 Regla categoría de producto. Café Verde, la unidad declarada es:

**1 (un) kilogramo de Café Verde con un 11,5 % de humedad entregado en el puerto de origen**

**(FOB).**

Al finalizar el ACV se informará de los impactos ambientales por cada unidad declarada, por ejemplo, para emisiones de gases de efecto invernadero debe reportarse como Kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kilogramo de Café Verde al 11,5 % de humedad).

### **4.3.3. UNIDADES, CONTENIDO DE MATERIALES Y SUSTANCIAS QUÍMICAS**

Para los cálculos e informes que resulten a partir de este ACV se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI), se espera de igual forma que al presentar resultados de cálculos se usen un máximo de dos cifras significativas.

En el caso de los materiales, deben de ser declarados todos aquellos asociados a la unidad declarada. Se pueden excluir de la Declaración Ambiental de Producto aquellos materiales que de manera independiente o en sumatoria no superen más del 1% respecto al valor total del peso de la unidad declarada.

## **4.4. ALCANCE GENERAL DEL SISTEMA**

### **4.4.1. LÍMITES DEL SISTEMA**

Los límites del sistema deben incluir todas las etapas del ciclo de vida que se requieren para producir café verde (según el objetivo y el alcance del estudio).

**Figura 7. Procesos del Café**



Fuente: Elaboración propia basada en la INTE/RCP 01:2020

Este manual de ACV pretende formular un ejercicio para conocer los impactos ambientales del café verde de la cuna a la puerta, en el que se consideran las nueve categorías de impacto ambiental. Los procesos para analizar en el ciclo de vida del café verde son aquellos considerados en las etapas de sistema de producción, Beneficiado y transporte hasta el puerto de embarque o salida.

#### **4.5. INFORMACIÓN REQUERIDA A NIVEL DE PROCESOS**

Este manual utiliza diferentes fuentes de datos que han sido proporcionadas por el ICAFE, con el fin de que ejemplificar la forma en que se deben de evaluar los procesos y recolectar los datos para

que el ACV sea confiable. El objetivo principal de este manual es que sirva como guía para que el sector cafetalero del país pueda construir sus fuentes de datos y replicar la metodología.

Es importante resaltar que los datos que se utilicen a la hora de replicar este ejercicio sean datos primarios que representen los procesos reales de producción y el sitio o la región en la que se realizan estos procesos. Los datos primarios se pueden obtener a partir de diferentes enfoques de muestreo, para este caso específico se utilizó datos proporcionados por el ICAFE de una de sus fincas experimentales.

#### **4.5.1. CONSIDERACIONES CON LOS DATOS DE PROCESO**

Es fundamental considerar ciertos elementos que aseguren la recopilación de datos objetivos y representativos de la actividad productiva. Obtener datos fiables permitirá reflejar con precisión los impactos ambientales en cada etapa del proceso y producción de café verde, facilitando así la identificación de los puntos más críticos en términos de emisiones y contaminación ambiental, generando la oportunidad de que se desarrollen tecnologías regenerativas dentro de los procesos.

Para el caso en que no se cuenten con fuentes primarias para algunos de los datos, se pueden utilizar fuentes secundarias como lo son, estadísticas nacionales publicadas o compiladas por el ICAFE, NAMA Costa Rica que cuenta con estadísticas relacionadas con la producción de café en Costa Rica, además de una descripción de todas las etapas de la producción de café y la cuantificación de los gases de efecto invernadero y por último normas o bases de datos internacionales que se ajusten a las condiciones en donde se están desarrollando el estudio.

Es importante de igual forma recalcar que para la recolección de estos datos, se debe tener bien definido un mapa de proceso con su debida identificación de entradas, salidas, productos y/o servicios que se utilizaron a lo largo del ciclo de vida del café.

A continuación, se incluye un cuadro resumen de donde pueden proceder las fuentes de los datos necesarios para este estudio:

**Cuadro 4. Fuentes de datos**

Etapa del ciclo de vida	Proceso que abarca	Fuente de datos específico
Extracción de materia prima y producción de insumos	Procesos aguas arriba (por ejemplo, producción de fertilizantes, plaguicidas o cualquier otro agroquímico, gasolina o gas natural, o fabricación de empaques)	Pueden ser fuentes primarias como inventarios.  O datos secundarios como registros financieros
Cultivo	Cultivo de café (por ejemplo, datos de la actividad, tipos de cultivo, cantidad de materiales y entradas y salidas de energía, rendimientos, métodos de cosecha, uso de la tierra, tipos de suelos y clima)	Lo más recomendable es que sean datos primarios de inventarios.
Proceso de Beneficiado	Procesamiento del café (descripción del Beneficiado húmedo o seco, cantidad de materiales y entradas y salidas de energía), índice de	Se recomienda que esta información provenga de datos primarios como inventarios

Etapa del ciclo de vida	Proceso que abarca	Fuente de datos específico
	pérdidas, manejo de coproductos	
Transporte a puerto	Consumo energético (específico) Generación de emisiones (genéricos y/o específicos)	Se puede generar mediante datos primarios y secundarios contables como la facturación por servicios.

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Los siguientes elementos son excluidos del presente ACV:

### Figura 8. Elementos excluidos del ACV

Etapa	Elementos
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento en el puerto.</li> <li>Emisiones relacionadas con cualquier reenvasado que se realice en el puerto para cargar en el barco.</li> <li>Gestión de residuos.</li> <li>Logística.</li> </ul>
Sistema de producción, beneficiado y transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte de empleados hacia y desde su lugar de trabajo.</li> <li>Fabricación de galpones de maquinaria y otros edificios.</li> <li>Cualquier otro proceso que esté indirectamente relacionado con la producción de café verde (por ejemplo, funciones administrativas de la empresa), pues su repercusión sobre el cálculo final será mínima.</li> <li>Los aportes de energía humana y animal.</li> <li>Todo aquello que sucede después de la llegada del café verde al puerto de embarque, ya que está fuera del alcance definido.</li> <li>Insumos de capital (insumos con una vida superior a un año).</li> </ul>

Fuente: Factor CO2, 2021

## 4.6. DATOS PARA GENERAR EL ACV

### 4.6.1. ALMACIGO

El siguiente diagrama se describen los procesos y cada uno de los datos que se deben recolectar para completar la información de la calculadora de huellas ambientales del ICAFE en la sección de Almacigo.

**Cuadro 5. Procesamiento de Semilla**

Entradas	Proceso	Salida
→ Despulpado y Remoción de Mucilago (kg semilla/año)	Despulpado y Remoción de Mucilago	→ Residuo pulpa a Composteo (kg)
→ Agua de proceso (L)		
→ Cantidad de funcionarios por mes (funcionarios)		
→ Agua potable domestica (L)		
→ Electricidad (kWh)		
→ Transporte de pulpa residual (km)		
→ Producción anual (kg)	Secado de semilla	→ Tratamiento de aguas residuales
→ Leña (m3)		
→ Transporte de leña (km)		
→ Producción anual (kg)	Empacado de semilla	→ Aguas negras y grises de obra
→ Sacos de yute (unidades)		
→ Saco Propileno (unidades)		
→ Bolsas plásticas (unidades)		
→ Electricidad (kWh)		

<b>Entradas</b>	<b>Proceso</b>	<b>Salida</b>
→ Tratamiento de insectos (número de pastillas de DETIA GAS)		

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

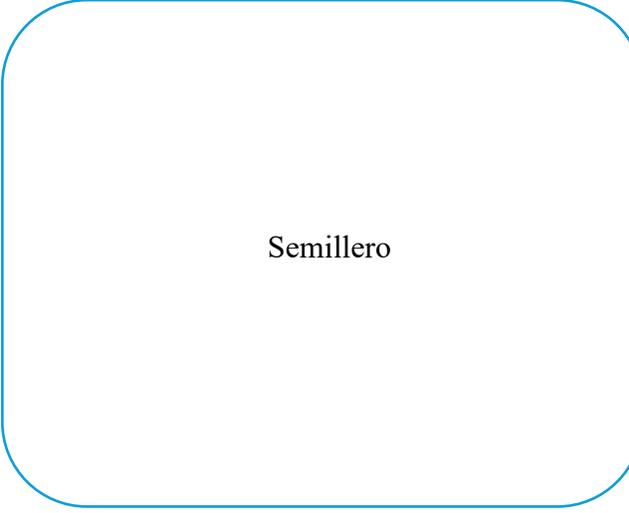
Estas cantidades se deben de generar con respecto a la unidad funcional de 1 tonelada de café pergamino.

Los datos correspondientes al despulpado y remoción de mucilago se pueden solicitar al ICAFE, ya que estos se generaron por medio de estimaciones con la intención de poder proveer datos confiables al sector.

En el caso concreto de que no se tengan los datos de agua y electricidad, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado el cual se encuentra en el siguiente [link](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya, 2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de consumo y salida de aguas residuales.

En el caso del valor de aguas negras y grises de mano de obra, se puede obtener un estimado de generación con respecto a la cantidad de trabajadores que laboren para el estimado de una unidad funcional de 1 tonelada de café pergamino.

**Cuadro 6. Semillero**

Entradas	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Semillero producción anual (kg)</li> <li>→ Suelo (m<sup>2</sup>)</li> <li>→ Agua (L)</li> <li>→ Rizolex - Tolclofos-methy (g)</li> <li>→ Furdán – Carbofuran (g)</li> <li>→ Daconil – Chlorothalonil (g)</li> <li>→ Transporte de fruta a procesamiento de semilla (km)</li> </ul>	 <p>Semillero</p>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Es de suma importancia contar con datos objetivos y representativos para poder realizar estudios como el de ACV. Por esta razón a continuación se recomiendan tres formas para generar la información requerida.

### Cuadro 7. Recomendaciones para la generación de datos

<b>Opción 1: Inventario</b>	La manera más recomendable para generar esta información es contando con un sistema de inventarios en el que se lleve un registro actualizado y al día de los insumos que se adquieren, los que se almacenan y los que se van utilizando a través del proceso.
<b>Opción 2: Registro contable</b>	Si no se cuenta con un inventario implementado se puede recurrir a registros contables de la empresa, se puede también rastrear estos datos por medio de facturas, en las cuales se pueda obtener la información de volúmenes o unidades adquiridas para los procesos específicos.
<b>Opción 3: Estimación</b>	Como última opción se pueden generar fórmulas de estimación para procesos específicos, sin embargo, esta no es la mejor forma de poder identificar los impactos ambientales, debido a la alta incertidumbre que puede tener este proceso.

Fuente: Elaboración propia basada en el documento de Factor CO<sub>2</sub>, 2021

Para el almacigo se debe de especificar la siguiente información, cada uno de los datos proporcionados debe de ser en gramos con la unidad funcional plantas de almácigo en 1 año.

### Cuadro 8. Almacigo

Entradas	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Producción anual (plantas)</li> <li>→ Compost (g)</li> <li>→ Granza de Arroz (g)</li> <li>→ Bolsa PE (G)</li> <li>→ Baylon Forte (g)</li> </ul>	<div style="border: 2px solid blue; border-radius: 20px; padding: 40px 100px; width: fit-content; margin: auto;">Almacigo</div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Para este paso dentro de la calculadora de huellas ambientales del CR-Café, se debe de especificar la cantidad de fertilizantes, pesticidas y u otros aditivos se agregaron al almacigo en gramos por planta.

Fertilizantes:

- Fertilizante (N)
- Fertilizante (P)
- Fertilizante (K)
- Folivex Boro – Boron

Pesticidas:

- Benomyl
- Imbirex - Éter alquifenolpoliglicólico
- Bravonil - Chlorothalonil
- Furadán - Carbofuran
- Antracol - Propineb, Zinc amino acid chelate
- Daconil - Chlorothalonil
- Vydate - Oxamyl
- Ferbam - Ferric dimethyldithiocarbamate
- Amistar - Azoxystrobin
- FoAgrimicin - Streptomycin sulfate
- Rizolex - Tolclofos-methy

Otros:

- Bayfolan Forte - Nitrogeno, fósforo, potasio y otros inorgánicos

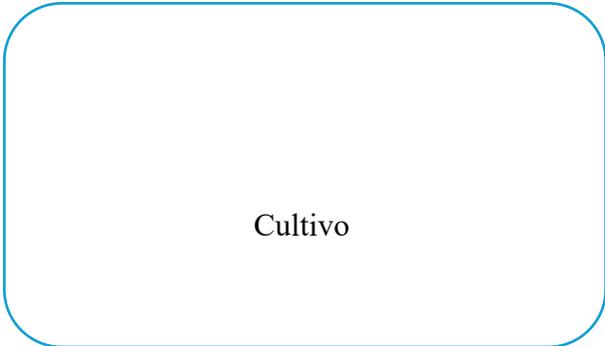
- Metalosato multimineral - Cooper amino acid chelate, Manganese amido acid chelate
- Metalosato Zinc - Zinc
- Osmocote - Ammonium nitrate
- Metalosato Magnesio - Magnesium

Para los fertilizantes, pesticidas y otros también se puede recolectar información por medio del inventario, registro contable o estimación. Según lo descrito en el Cuadro 7, lo más importante es que se siga siempre con la jerarquía de que las fuentes primarias y de muestreo son las más adecuadas para utilizarse dentro de este proceso.

#### 4.6.2. CULTIVO

En el siguiente diagrama se describen los procesos y cada uno de los datos que se deben obtener para completar la información de la calculadora de huellas ambientales del ICAFE en la sección de cultivo.

**Cuadro 9. Cultivo**

Entradas	Proceso
→ Producción anual (ton)	
→ Superficie cultivada (ha)	
→ Cultivo suelo (ha)	
→ Semilla (kg)	
→ Almacigo (plantas)	

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Específicamente para a producción anual se pueden utilizar los datos de las cosechas que se hayan realizado en el año que se va a tomar de línea base para realizar el ACV.

En este paso dentro de la calculadora de huellas ambientales del CR-Café, se debe de especificar la cantidad de fertilizantes que se agregaron a la producción total de café verde en 1 año de cultivo, cada una de estas cantidades se deben de agregar en kg.

- Fertilizante N
- Fertilizante P
- Fertilizante K
- Nutran
- Atemi
- Cyprosol
- Round Up
- Magnesio
- Boro
- Tierra de Diatomeas
- Carbonato de Calcio
- Caldolomita

En el caso de los datos de los fertilizantes, de igual forma que en la sección anterior, la recolección de los datos debe de seguir la jerarquía propuesta en el Cuadro 7.

#### **4.6.3. BENEFICIO**

En el caso específico del Beneficio podemos encontrar nuevamente tres procesos grandes dentro de los que se deben recolectar datos, el despulpado y la remoción del mucilago, el secado y el empaclado del producto para su almacenamiento.

**Cuadro 10. Despulpado y remoción de mucilago**

Entradas	Proceso	Salidas
→ Despulpado del Beneficio producción anual (kg)	Beneficiado	→ Pulpa Residual (km)
→ Agua Potable (L)		→ Distancia a tratamiento de Pulpa (km)
→ Electricidad (kWh)		→ Tratamiento de agua (L) → Aguas negras y grises (L)

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

El dato de despulpado del Beneficio considerando su producción anual (kg) se debe de generar y la unidad funcional total de café verde procesada en 1 año. Los demás datos se deben de contabilizar en unidad funcional de una tonelada de café verde.

En el caso de los residuos orgánicos se recomienda que los datos sean de fuentes primarias de registro y medición de los pesos de los desechos, en caso de que no se pueda tener acceso al pesaje de los residuos a lo largo de todo el periodo requerido para el estudio del ACV, se puede estimar el volumen de una tonelada de café, mediante mediciones de peso más pequeñas.

Para concreto de que no se tengan los datos de agua y electricidad, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado que puede ser encontrada en este link [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya, 2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es

una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de consumo y salida de aguas residuales.

El dato de pulpa residual en km, hacer referencia al transporte del residuo de la pulpa a su lugar de tratamiento, en caso de que este no se dé dentro del mismo lugar de Beneficiado. Por ejemplo, si este residuo se dispone como abono, se debe de utilizar la distancia en km desde el Beneficio hasta el área de tratamiento final. Se pueden utilizar herramientas como Google para obtener el total de kilómetros relacionado con estos puntos.

### **Cuadro 11. Secado**

<b>Entradas</b>	<b>Proceso</b>
→ Secado Beneficio Producción anual (kg)	Beneficio
→ Leña (m3)	
→ Transporte (km)	

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

En el caso que no se puedan realizar pesajes o mediciones volumétricas de la cantidad de leña utilizada en la unidad funcional de tonelada de café verde, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado que puede ser encontrada en este link

[https://www.icafe.cr/wp-](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf)

[content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya,

2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de leña.

Para esta calculadora en concreto solo se debe de utilizar el valor de leña utilizado en el proceso, no se incluyen otros tipos de combustibles.

**Cuadro 12. Beneficio**

Entradas	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Producción anual (kg)</li> <li>→ Saco de yute (unidades)</li> <li>→ Saco de propileno (unidades)</li> <li>→ Bolsas plásticas (unidades)</li> <li>→ Electricidad (kWh)</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 20px; width: 80%; margin: auto;">Beneficio</div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Para el caso de la información correspondiente a los sacos y bolsas utilizados, la información de recolección de datos debe de seguir la jerarquía propuesta en el Cuadro 7.

#### 4.6.4. TRANSPORTE

Para este proceso se debe de especificar los datos del porcentaje del producto a exportar en los diferentes puertos con los que cuenta el país:

- Puerto Limón
- Puerto Caldera
- Aeropuerto internacional Juan Santa María

Se debe de especificar la distancia recorrida desde el punto en donde se encontraba el producto hasta el puerto correspondiente.

Además de esto se debe de indicar la siguiente información por la unidad funcional de 1 tonelada de café verde que se envía a cada puerto:

- Combustible usado para almacenamiento (tipo de combustible)
- Consumo de electricidad por almacenamiento (kWh)
- Consumo de combustible para la carga del café a la embarcación (L).

## **4.7. EJEMPLO DE ACV**

Con el objetivo de facilitar el proceso de llenado de la información para el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del café verde, se desarrollará un paso a paso detallado utilizando la herramienta de la Calculadora de Huella Ambiental del CRCAFE [crcafe.icafe.go.cr/icafe/f?p=105:1:8308380254421:::](https://crcafe.icafe.go.cr/icafe/f?p=105:1:8308380254421:::) . Esta manual está diseñado para asistir a los usuarios en cada etapa del proceso, desde la introducción de datos hasta la interpretación de resultados, asegurando una comprensión clara y precisa de cómo utilizar la herramienta de manera efectiva. La guía incluirá instrucciones detalladas, capturas de pantalla y recomendaciones para optimizar el uso de la calculadora y obtener una evaluación completa y precisa del impacto ambiental del café verde.

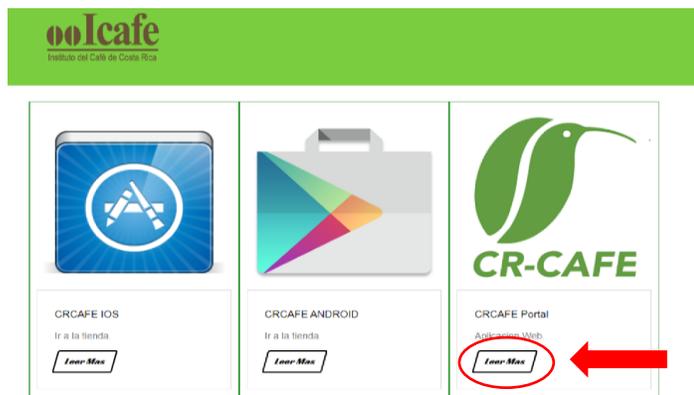
Todos los datos que se van a utilizar para esta herramienta han sido proporcionados por el personal del ICAFE, los cuales a su vez han recolectados mediante procesos de inventario y registro. Algunos datos que se especificarán en los ejemplos que se han desarrollado por medio de entrevista y estimaciones, para que puedan quedar como base de información para el sector a la hora de replicar los datos.

### **4.7.1. PASO 1.**

El primer paso en este proceso es acceder al sitio web oficial del CRCAFE a través del siguiente enlace: <https://crcafe.icafe.go.cr/>.CRCAFE (icafe.cr).

Una vez en el portal, se debe de dar clic en el botón de “Leer más” que se encuentra en el recuadro de CR-CAFÉ.

**Figura 9. Entrada del CR-CAFE**



Fuente: Elaboración propia

Una vez dentro del portal, debe de ingresar su usuario y contraseña, en caso de que sea un usuario nuevo, se debe de solicitar las credenciales del ingreso al ICAFE

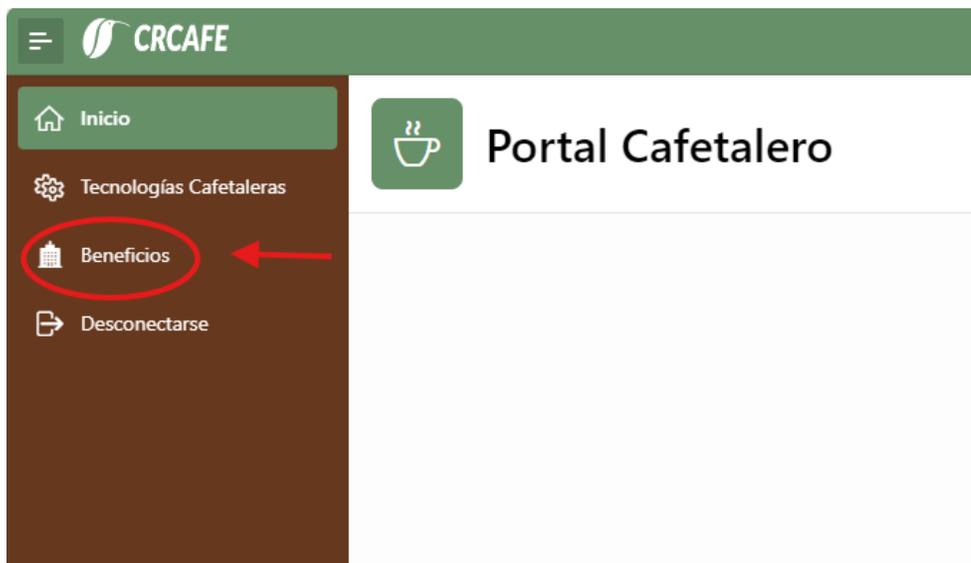
**Figura 10. Portal Cafetalero**

The image shows a login page for the CR-CAFE Portal Cafetalero. At the top is the CR-CAFE logo. Below it is the title 'Portal Cafetalero'. There are two input fields: 'Usuario' with a person icon and the text 'Cédula Física/Jurídica', and 'Contraseña' with a key icon. Below the fields is a green 'Iniciar Sesión' button. At the bottom, there are two links: 'Registrar Usuario' and '¿Olvidó su contraseña?'.

Fuente: Elaboración propia

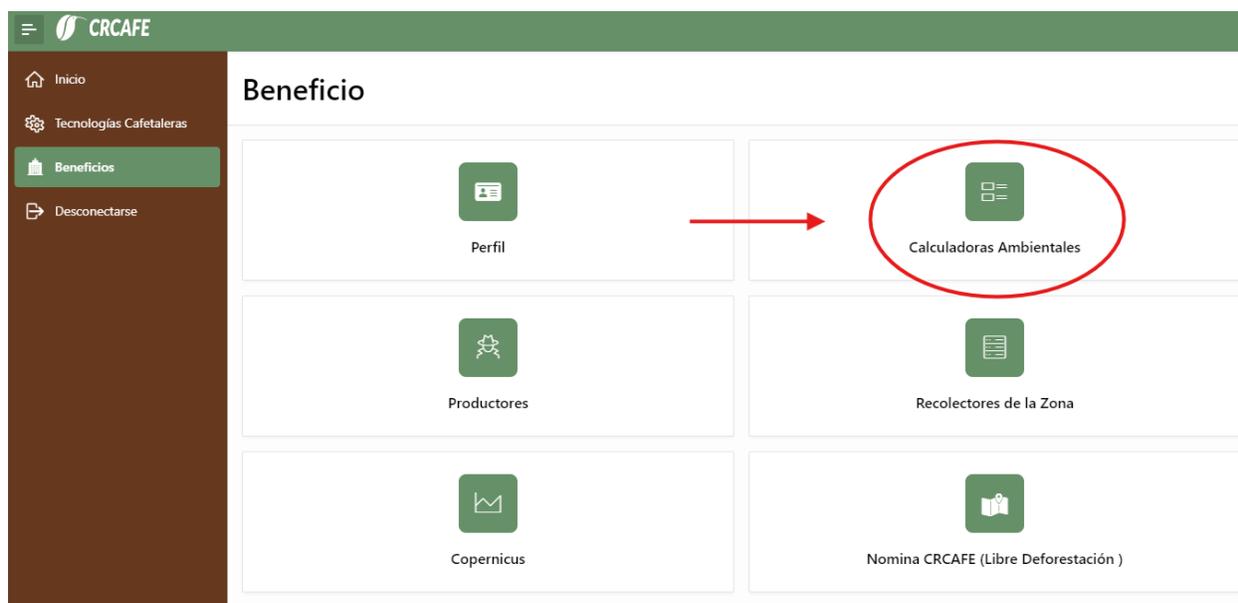
#### **4.7.2. PASO 2**

Una vez en el portal del CR-CAFÉ, se debe de ir a la sección de Beneficios.

**Figura 11. Sección para Beneficios**

Fuente: Elaboración propia

En este aparato, se debe de selecciona calculadoras ambientales.

**Figura 12. Calculadora Ambienta**

Fuente: Elaboración propia

En este punto se debe de selecciona ACV: Calculadora de huellas ambientales, para poder ingresar los datos especificados anteriormente.

**Figura 13. Herramienta ACV. Calculadora de Huellas Ambientales**



Fuente: Elaboración propia

### 4.7.3. PASO 3

Una vez dentro del portal de la calculadora de ACV, se debe de seleccionar un registro nuevo, para poder iniciar a calcular los datos del ACV para la especie de café escogida.

**Figura 14. Registro de nuevo Calculo**



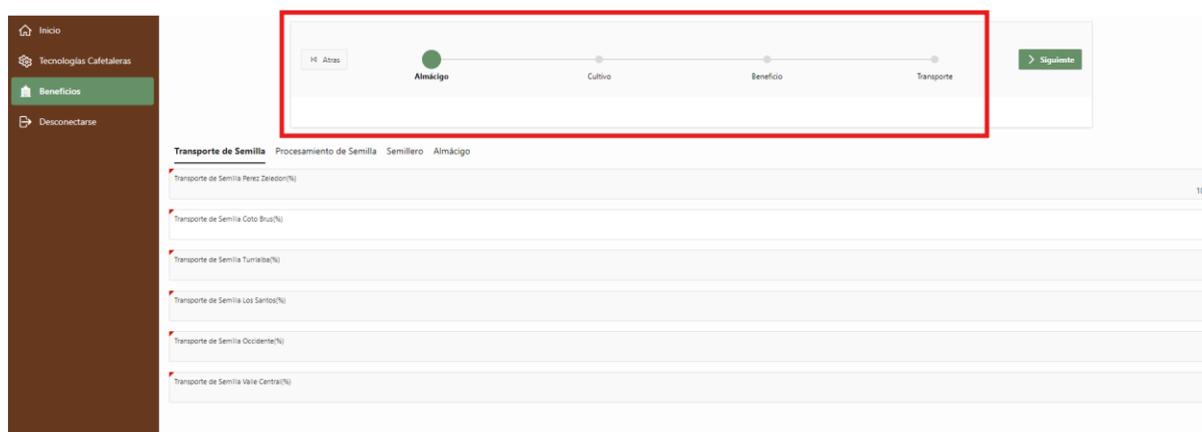
Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFE

Para este caso concreto, la especie seleccionada es Obatá Rojo y los datos que se van a utilizar para ser ingresados en la herramienta fueron suministrados por el ICAFE.

#### 4.7.4. PASO 4

Una vez dentro del portal de un nuevo registro, podemos ver en la parte superior de la pantalla, las diferentes etapas del proceso del café en las cuales se requiere ir introduciendo los valores específicos para cada una de estas etapas.

**Figura 15. Sección transporte de semilla**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFE

En el portal también se puede ir eligiendo y completando paso a paso cada uno de los valores de que componen los procesos del café.

#### 4.7.5. PASO 5

En esta sección del portal, se van a ir desglosando cada uno de los datos previamente recolectados relacionados al Transporte de semilla, Procesamiento de semilla, Semillero y Almacigo.

En la primera sección de Transporte de Semilla se deben de presentar los datos de dónde vienen las semillas que se van a utilizar para el ACV, estos datos se deben de presentar en porcentaje.

Por ejemplo, para el caso específico del estudio de AVC del Obata Rojo, las semillas provienen un 24% de Coto Brus, 6% de la Zona de los Santos, 38% del Valle Central y un 32% de Occidente. Esto correspondiente a lo declarado en Cosecha 2021-2022 del Sistema SISBENE del CAFE de la partida "Semilla"

**Figura 16. Datos de trasporte de Semilla**

Transporte de Semilla	Procesamiento de Semilla	Semillero	Almácigo
Transporte de Semilla Perez Zeledon(%)			0
Transporte de Semilla Coto Brus(%)			24
Transporte de Semilla Turrialba(%)			0
Transporte de Semilla Los Santos(%)			6
Transporte de Semilla Occidente(%)			38
Transporte de Semilla Valle Central(%)			32

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

En la sección de procesamiento de la semilla, de la misma forma se deben de ir desglosando y colocando cada uno de los valores que están relacionados a este proceso. Estos datos pueden ser solicitados al ICAFE en caso de que no se tengan registro o inventarios al respecto.

Para este caso concreto de estudio se utilizó la información del ICAFE proporcionada en el documento Informe de ACV para venta de Semilla de Café del ICAFE (Cosecha 2021-2022).

**Figura 17. Datos del procesamiento de Semilla**

Transporte de Semilla **Procesamiento de Semilla** Semillero Almacigo

Despulpado y Remoción de Mucilago\* (Solicitar Datos a Icafe)

**Datos Generales**

Despulpado Producción Anual(kg semilla/año) 54744.5

**Entradas (unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Agua del proceso (L) 873

Cantidad de Funcionario por mes(funcionarios) 2

Agua potable domestica(L) 22.65

Electricidad(KWh) 22.86

Transporte Pulpa Residual(km) 0

**Salidas (unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Residuo Pulpa a Composteo (kg) 1816.97

Tratamiento de Aguas Residuales(L) 873.94

Aguas negras y grises de mano de obra 22.6

---

**Secado de Semilla (unidad funcional cantidad total de semilla secada en 1 año)**

**Generales**

Producción Anual(kg) 54744.5

**Entradas(unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Lena (m3) 3243.4

Transporte de Lena(km) 0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

### Figura 18. Sección empacada de semilla

Empacado de Semilla (unidad funcional cantidad total de semilla secada en 1 año)

Generales	
Producción Anual (kg)	8727.6
Entradas(unidad funcional 1 tonelada de semilla)	
Saco Yute(unidades)	0
Saco Polipropileno(unidades)	1
Bolsas Plasticas(unidades)	0
Electricidad(KWh)	18.96
Tratamiento de Insectos(número de pastillas de DETIA GAS)	9

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

En la sección correspondiente al semillero, si no se cuenta con datos propios desarrollados para la variedad de semilla escogida, se pueden solicitar datos al ICAFE para incorporar en esta sección.

### Figura 19. Sección de Semillero

Transporte de Semilla   Procesamiento de Semilla   **Semillero**   Almacigo

Generales \* (Solicitar Datos a Icafe)

Semillero Producción Anual(kg)	6325
Entradas(unidad funcional 1 kg de semilla)	
Suelo(m <sup>2</sup> )	0.009
Agua(L)	2.18
Semillero Rizoxig(g)	0
Semillero Furadan(g)	0
Semillero Diaconil(g)	0
Semillero Transporte(km)	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Los datos incorporados en esta sección son representativos para este estudio de ACV de la semilla Obatá específicamente, pero también pueden ser utilizados como referencia para otros estudios que se quieran desarrollar.

Para el último punto de la sección de Almácigo, se debe de presentar la información por planta para cada uno de los suministros utilizados en este proceso.

**Figura 20. Sección Almácigo**

Transporte de Semilla Procesamiento de Semilla Semillero **Almácigo**

Almácigo Generales (unidad funcional plantas de almácigo en 1 año)

Almácigo Producción Anual(plantas) 2053

Filtros ←

Fertilizante N(g)   
  Fertilizante P(g)   
  Fertilizante K(g)   
  Boron(g)   
  Benomy(g)   
  Imberix Eter(g)   
 Bravonil(g)

Furan(g)   
  Antracol(g)   
  Daconil(g)   
  Vydate(g)   
 Ferbam(g)   
 Amistar(g)

Foagrimicin(g)   
 Risolex(g)   
 Metalosato Multiminer(g)   
 Metalosato Zinc(g)   
 Oscomote Amonio(g)   
 Metalosato Magnesio(g)

Almácigo Entradas (unidad funcional 1 plantas de almácigo)

Compost(g)	481.16
Granza de Arroz(g)	544.71
Boisa PE(g)	0.0045
Baylon Forte(g)	1
Bravonil(g)	1
Furan(g)	1
Metalosato Multiminer(g)	0.0018
Metalosato Zinc(g)	0.0018
Ferbam(g)	0.0018
Risolex(g)	1

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

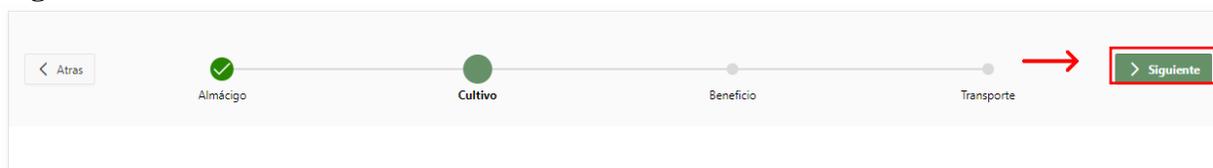
Se deben de seleccionar en el apartado de filtros cada uno de los insumos que se utilizaron para el almacigo, esto con la intención que en la parte de abajo de la herramienta se puedan colocar la cantidad específica para cada uno de estos insumos por planta de almacigo.

En este caso de estudio, se realizaron entrevistas al personal encargado del almacigo para poder construir la información de insumos utilizados por planta. Esta información corresponde al almacigo de Obatá rojo, pero su información puede ser utilizada de base para replicar el estudio en otras variedades de semillas.

#### 4.7.6. PASO 6

Una vez completada la sección de almacigo se debe dar clic en el botón de siguiente, para que se habiliten los espacios correspondientes a la sección de Cultivo.

**Figura 21. Sección de Cultivo**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

En esta sección, se debe ingresar toda la información correspondiente a los insumos utilizados en esta etapa del proceso. Es importante recordar que solo deben registrarse los datos de los insumos empleados en la variedad de semilla seleccionada para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Por ejemplo, al realizar el ACV para la variedad Obata rojo, si en el campo de cultivo también se encuentran otras variedades de café, los datos a ingresar en la herramienta de la calculadora deben corresponder únicamente a la variedad Obata rojo. Los datos de rendimiento pueden utilizarse para calcular la proporción de insumos totales de la finca que se asigna a la variedad escogida.

Los datos para la variedad Obatá fueron proporcionados por el ICAFE y se obtuvieron a partir de un ensayo multilocal en La finca la Palmira ubicada en Pérez Zeledón, situado a 800 msnm, que incluye varios cultivares, entre ellos Obatá. El ensayo cuenta con un total de 507 plantas sembradas a una distancia de 2,30 x 0,90 m, lo que corresponde a un área total de 1050 m<sup>2</sup>. De estas plantas, 82 corresponden a la variedad Obatá, ocupando un área de 170 m<sup>2</sup>. Se han obtenido resultados de producción y rendimiento de dos cosechas hasta el momento en que se realizó este estudio.

Es importante que se recolecten datos como los presentados anteriormente para poder replicar este estudio. Los datos de rendimientos van a ser muy importantes para poder traducir los números que se tienen de café fruta recolectado a la unidad funcional de una tonelada de café verde.

#### **Figura 22. Conversión de datos**

1 DHL = 1 Angarilla = 200 litros = 10 cajuelas = ½ fanega  
1 fanega = 2 DHL = 400 litros = 2 angarillas = 20 cajuelas

Fuente: Informe quincenal de Fruta ICAFE

Una vez realizada la conversión de los números de café fruta a café verde se puede iniciar a llenar los datos de producción y superficie cultivada.

**Figura 23. Datos de cultivo**

**Datos Generales**(unidad funcional producción total de café verde en 1 año)

Producción Anual(ton)	.033
Superficie Cultivada(ha)	.017

**Filtros**

Fertilizante N     
  Fertilizante P     
  Fertilizante K     
  Nutran     
  Atemi     
  Cyprosol  
 Round Up     
 Magnesio     
 Boro     
 Tierra de Diatomeas     
 Carbonato de Calcio     
 Caldolomita

**Entradas**(unidad funcional 1 ton de café verde)

Cultivo Suelo(ha)	0.158
Semilla(kg)	0.9
Almacigo(plantas)	729.15
Fertilizante N(kg)	181.58
Fertilizante P(kg)	19.15
Fertilizante K(kg)	66.11
Urea(kg)	0
Urea Nitrato(kg)	0
Nitrato Amonio(kg)	0
Fosfato Monoamonio(kg)	0
Fosfato Diamonio(kg)	0
Sulfato Amonio(kg)	0
Nitrato Calcio(kg)	0
Atemi(kg)	2.25

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Además de esto, en los filtros de la herramienta se debe de escoger los diferentes insumos que se agregaron al café en la etapa del cultivo. Estos números totales se deben de presentar por la unidad funcional de producción total de café verde anua.

Estos datos se generaron para este estudio del ACV de la semilla Obata roja y se generaron para las condiciones específicas desde una finca de estudios del ICAFE.

#### 4.7.7. PASO 7

**Figura 24. Sección de Beneficio**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Una vez completada toda la información correspondiente al cultivo, nuevamente se debe de presionar el botón siguiente para que la herramienta se desplace a la sección de Beneficio.

Para esta sección es de suma importancia poder recabar los datos de proceso que están relacionados con el beneficiado de la semilla de estudio. Todos estos datos se deben de presentar en la unidad funcional de total de café verde procesado en un año.

**Figura 25. Despulpado y remisión de mucilago**

Despulpado y Remoción de Mucilago	
Secado Empacado	
Generales (unidad funcional total de café verde procesada en 1 año)	
Despulpado Beneficio producción Anual (kg)	32.95
Entradas y Salidas (unidad funcional 1 ton café verde)	
Agua(L)	1075.31
Funcionario x Mes(Funcionarios)	2
Agua Potable(L)	27.25
Electricidad(kWh)	28.096
Pulpa Residua(km)	0
Residuos de Pulpa(kg)	2233.54
Tratamiento de Agua(L)	1075.31
Aguas negras y grises(L)	27.25

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Una vez completados los datos del despulpado y la remoción de mucílago, se debe seleccionar la pestaña de secado para incluir todos los datos de insumos utilizados en este proceso. En caso de que el proceso no se realice de manera mecánica y se utilice únicamente el secado al sol, se debe ingresar cero en el campo correspondiente a leña.

Actualmente, la herramienta de la calculadora del CR-CAFE solo permite registrar la cantidad de leña utilizada en el proceso de secado. Si se emplea algún otro tipo de combustible, como gas u otro, estos no se consideran en esta sección, y se debe ingresar cero en el campo correspondiente.

**Figura 26. Sección de secado**

Despulpado y Remoción de Mucílago **Secado** Empacado

Generales(unidad funcional total de café verde secada en 1 año)

Secado Beneficio Producción Anual(kg)	32.94
Entradas(unidad funcional 1 ton café verde)	
Leña(m <sup>3</sup> )	3987.02
Transporte Leña(km)	2

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Finalmente, esta sección finaliza con los datos correspondientes al empacado del café verde, en caso de que no se utilice electricidad en este proceso, los datos quedan en cero, como se muestra en el ejemplo del café verde de la semilla Obata rojo.

**Figura 27. Sección de Empacado**

Despulpado y Remoción de Mucilago   Secado   **Empacado**

Generales (unidad funcional total de café verde empacada en 1 año)

Producción Anual(kg)	32.94
----------------------	-------

Entradas(unidad funcional 1 ton café verde)

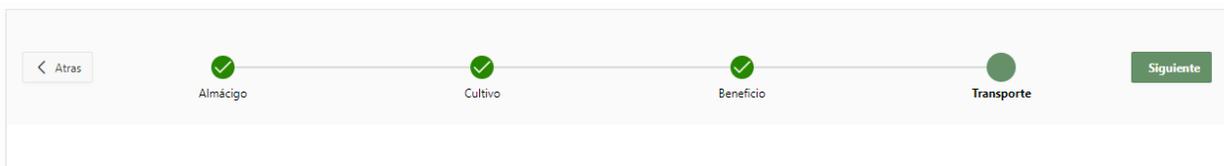
Saco Yute(unidades)	0
Saco Polipropileno(unidades)	1
Boisas Plásticas(unidades)	0
Electricidad(kWh)	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

#### 4.7.8. PASO 8

Como último paso para el cálculo del ACV, la herramienta solicita los datos de transporte. Una vez finalizada la sección de Beneficio, nuevamente se selecciona el botón siguiente y la herramienta habilita la información correspondiente al transporte del café verde.

**Figura 28. Sección de transporte**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Para este ejemplo en específico no se contempló la información relacionada a transporte, debido a que el café que se produce en el ICAFE, no se exporta y se usa únicamente para consumo interno del país.

De no ser así, en esta sección se debe de agregar que proporción de la producción del café se dirige a cada uno de los diferentes puertos, la distancia que se recorre y si se incurre en algún

gasto de electricidad o combustible para el almacenamiento o para mover el producto dentro de la embarcación correspondiente.

**Figura 29. Datos de transporte**

Entradas(unidad funcional % de 1 ton de café verde que se envía cada puerto)		
Puerto Limón(%)	0	Distancia a Limón(km)
Puerto Caldera(%)	0	Distancia Caldera(km)
Aeropuerto Internacional Santamaría(%)	0	Distancia Aeropuerto(km)
Combustible usado para almacenamiento(L)		
Consumo de electricidad por almacenamiento(kWh)		
Consumo de combustible para la carga del café a la embarcación(L)		

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

#### 4.8. RESULTADOS

Una vez llenados todos los datos de las diferentes etapas se debe de presionar el botón siguiente, para que se generen los resultados del ACV.

**Figura 30. Ultimo paso de la herramienta**

The progress bar consists of five steps: Almácigo, Cultivo, Beneficio, Transporte, and Siguiete. Each step is represented by a green circle with a checkmark. The 'Siguiete' step is highlighted with a green background, indicating it is the current step.

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Normalmente este cálculo dura unos minutos en ejecutarse, pero existes ocasiones en que la herramienta puede llegar a durar hasta unas 5 horas en dar los resultados. Por esta razón se recomienda que, si se necesita los datos para toma de decisiones, estos se realizan en un espacio de tiempo apropiado para poder generar los resultados.

Los resultados finales se presentan de la siguiente forma.

### Figura 31. Resultados

Detalle Datos ✕

Categoría	Unidad	Total	Cultivo	Beneficio	Usuario Registro	Fecha de Registro	Distribución
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11 eq	.0000002180189260927858	.00000014988989631199444	.00000006812902978079136	402230658	08/09/2024	0
Cambio climático	kg CO2 eq	2.7898971182414147	1.5434675104158226	1.2464296078255923	402230658	08/09/2024	0
Ecotoxicidad en agua dulce	PAF.m3.day	40973.21537119655	27297.704042528072	13675.511328666483	402230658	08/09/2024	0
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	.1821639865045197	.11053115020444465	.07183283630007507	402230658	08/09/2024	0
Escasez de agua dulce	m3 H2O-eq	.020765083889281756	.016428803370250922	.004336280519030835	402230658	08/09/2024	0
Eutrofización en agua dulce	kg P eq	.000509787079797346	.0002364602897598943	.00028614085082135656	402230658	08/09/2024	0
Eutrofización marina	kg N eq	.0001193733421041313	.0000914210948285305	.00002795247275400792	402230658	08/09/2024	0
Formación de material particulado	kg PM2.5 eq	.033230238774164735	.0012167320772305944	.03201350669693414	402230658	08/09/2024	0
Uso de suelo	kg C deficit	54.618023211949236	17.092207419726186	37.52581579222305	402230658	08/09/2024	0

1 - 9

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Como se puede observar en la imagen la Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ presenta cada una de las categorías de impacto ambiental que están relacionadas con el proceso del café, estas categorías están conformadas por:

- Agotamiento de la capa de ozono
- Cambio climático
- Ecotoxicidad en agua dulce
- Ecotoxicidad marina
- Escasez de agua dulce
- Eutrofización en agua dulce
- Eutrofización marina
- Formación de material particulado
- Uso de suelo

Cada una de estas categorías presenta un valor total de impacto y a su vez los datos se dividen en los procesos más importantes del café verde, cultivo, Beneficio y distribución.

Con estos datos se obtiene el nivel de impacto que tienen el cultivo del café verde a cada una de las diferentes categorías de impacto ambiental.

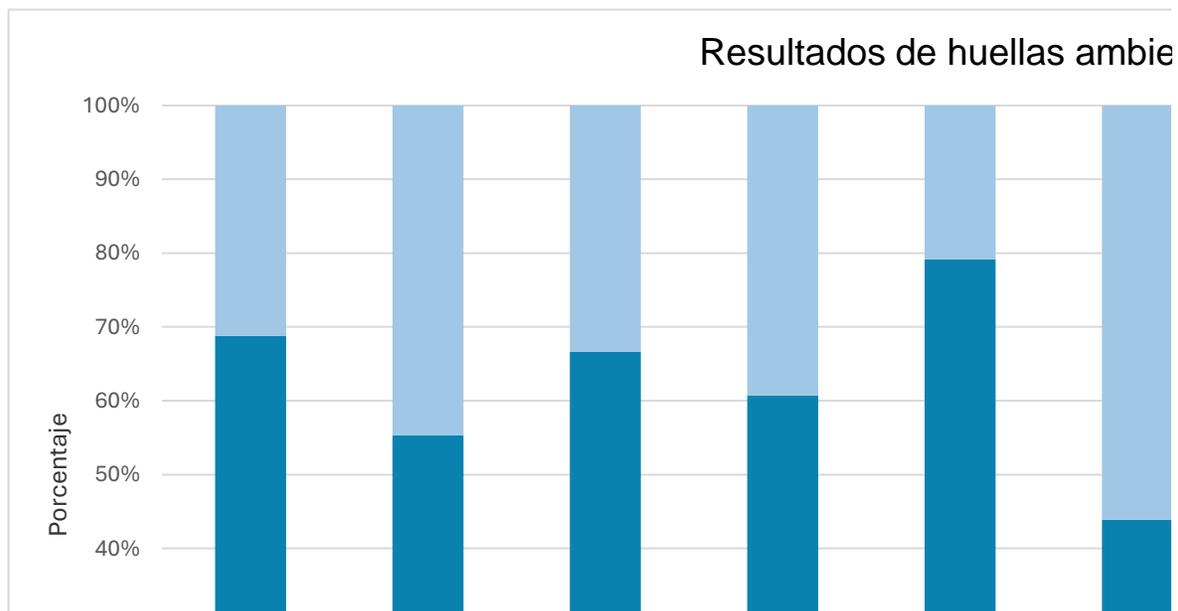
Estos resultados se pueden tabular por medio de Excel y presentarse en formato de porcentaje, esto para saber cuál de los procesos es el que representa mayor impacto en las diferentes categorías de impacto ambiental.

**Cuadro 13. Resultados del ACV**

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Cultivo (%)</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Beneficio (%)</b>	<b>Total</b>
<b>Agotamiento de la capa de ozono</b>	kg CFC-11 eq	0.00	69%	0.00	31%	0.00
<b>Cambio climático</b>	kg CO2 eq	1.54	55%	1.25	45%	2.79
<b>Ecotoxicidad en agua dulce</b>	PAF.m3.day	27297.70	67%	13675.51	33%	40973.22
<b>Ecotoxicidad marina</b>	kg 1,4-DCB	0.11	61%	0.07	39%	0.18
<b>Escasez de agua dulce</b>	m3 H2O-eq	0.02	79%	0.00	21%	0.02
<b>Eutrofización en agua dulce</b>	kg P eq	0.00	44%	0.00	56%	0.00
<b>Eutrofización marina</b>	kg N eq	0.00	77%	0.00	23%	0.00
<b>Formación de material particulado</b>	kg PM2.5 eq	0.00	4%	0.03	96%	0.03
<b>Uso de suelo</b>	kg C deficit	17.09	31%	37.53	69%	54.62

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la herramienta ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

**Figura 32. Gráfico de resultados**



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados de resultados de herramienta ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Con base en los datos que presentas, se pueden hacer algunas observaciones clave para el ACV del café, en particular de la semilla Obatá, respecto a las diferentes categorías de impacto:

- Agotamiento de la capa de ozono: El impacto es casi inexistente, pero un 69% proviene de la fase de cultivo y un 31% del Beneficio.
- Cambio climático (kg CO<sub>2</sub> eq): El impacto total es de 2,79 kg CO<sub>2</sub> eq, con la mayor contribución del cultivo (55%) frente al Beneficio (45%). Esto sugiere que el cultivo es una fase crucial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ecotoxicidad en agua dulce: El impacto en esta categoría es elevado, con 40973,22 PAF.m3.day. El cultivo contribuye en mayor medida (67%), lo que resalta la

importancia de mejorar prácticas agrícolas para reducir la contaminación en cuerpos de agua dulce.

- Ecotoxicidad marina: Aunque el impacto es bajo (0.18 kg 1,4-DCB), el cultivo tiene una mayor participación (61%).
- Escasez de agua dulce: El uso de agua es limitado, con un total de 0.02 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O-eq, pero es significativamente mayor en la fase de cultivo (79%).
- Eutrofización en agua dulce: A pesar de ser un valor pequeño, el Beneficio tiene un mayor impacto (56%) en la eutrofización que el cultivo (44%).
- Eutrofización marina: El impacto es mínimo, con mayor contribución del cultivo (77%).
- Formación de material particulado: Aunque el impacto total es bajo (0,03 kg PM<sub>2.5</sub> eq), la fase de beneficio es la que más contribuye a este impacto (96%).
- Uso de suelo: El impacto total en esta categoría es 54,62 kg C deficit, con la fase de Beneficio contribuyendo en mayor medida (69%).

Según estos datos del café de la variedad Obatá, los principales impactos ambientales se concentran en las fases de cultivo y Beneficio, siendo el cambio climático (2,79 kg CO<sub>2</sub> eq), la ecotoxicidad en agua dulce (40973,22 PAF.m<sup>3</sup>.day), y el uso del suelo (54,62 kg C deficit) las categorías más afectadas. Al comparar estos resultados con estudios previos, como el de Humbert et al. (2009), que encontró impactos similares en cambio climático (entre 2 y 3 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de café verde), es evidente que la fase de cultivo sigue siendo una de las más

críticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de fertilizantes y manejo del suelo.

En cuanto a la ecotoxicidad en agua dulce, estudios como el de Noponen et al. (2013) señalan impactos altos asociados con la escorrentía de pesticidas y fertilizantes, lo que coincide con el 67% de contribución del cultivo en este análisis.

Finalmente, el uso de suelo es comparable con los hallazgos de Killian et al. (2013), quienes también destacaron la importancia de mejorar la eficiencia en la gestión de la tierra en la fase de Beneficiado para reducir este impacto.

Estas cifras te permiten identificar las áreas clave donde se pueden tomar medidas de mitigación en el ciclo de vida del café, destacando la fase de cultivo para la mejora en la mayoría de las categorías, especialmente en lo que respecta a emisiones de CO<sub>2</sub>, ecotoxicidad y escasez de agua dulce.

## 5 CONCLUSIONES

1. El principal objetivo del desarrollo de este proyecto se basó en poder crear un manual metodológico en el que se recopilara de forma clara y paso a paso toda la información que puede llegar a necesitar el sector cafetalero para replicar este estudio y desarrollar sus propios ACV. Además de esto poder generar un estudio que pudiera llegar a ser representativo y replicable para que todo el sector lo pueda utilizar como ejemplo en futuros estudios.
2. Justamente este ACV del café verde, que se generó para la semilla Obatá roja, revela que, entre los impactos ambientales, tiene una huella de carbono total de 2,79 kg CO<sub>2</sub> eq por kilogramo de café verde. Este impacto se distribuye entre las diferentes etapas del proceso productivo, con un énfasis significativo en el cultivo y el Beneficio del café.

El cultivo representa el 55% del impacto total, con una emisión de 1,54 kg CO<sub>2</sub> eq., lo cual indica que la etapa de cultivo es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en la cadena de producción del café. Las actividades asociadas al cultivo, como el uso de fertilizantes y el manejo de la tierra, son responsables de una parte considerable de la huella de carbono.

La parte de Beneficiado contribuye con 1,25 kg CO<sub>2</sub> eq, equivalente al 45% del impacto total. Este paso incluye procesos como el desmucilaginado, el secado y la clasificación del café, que también generan emisiones, aunque en menor medida comparado con el cultivo.

Aunque también la herramienta presenta otra serie de categorías de impacto ambiental, actualmente el dato del impacto al cambio climático es uno de los que

mayor peso tiene a la hora de reportar a organismos internacionales, como la Unión Europea e incluso se ha convertido en un dato diferenciador que permite tener una trazabilidad de la responsabilidad que tiene los productores de café.

Si comparamos este resultado con El estudio “Carbon Footprint across the Coffee Supply Chain: The Case of Costa Rican Coffee”, el cual evalúa la huella de carbono de la cadena de suministro del café costarricense exportado a Europa. LOS resultados indican que la huella total es de 4,82 kg CO<sub>2</sub>e por kilogramo de café verde, de los cuales 1,77 kg CO<sub>2</sub>e de origen a puerto que corresponden a los procesos que se efectúan en Costa Rica y 3,05 kg CO<sub>2</sub>e de puerto a punto final, representando los procesos finales de transporte, tostado y empaçado en Europa.

Al hacer la comparación con los datos obtenidos en el estudio "Environmental Impact of Coffee Production in Veracruz" (Sustainability, 2018), el cual indica que el cultivo del café genera entre el 61% y el 67% de las emisiones totales de carbono, mientras que el Beneficio tiene un mayor impacto en el uso del agua, podemos ver que el cultivo es la mayor fuente de impacto ambiental debido al uso de recursos intensivos. La distribución del impacto entre las fases de Cultivo y Beneficio también se alinea con los resultados de otros estudios, como el Sustainability Assessment of Coffee Production in Colombia" (Environmental Science & Policy, 2018), destacando la importancia de prácticas sostenibles en el cultivo para reducir las emisiones totales. La gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero es crucial en la producción de café, y los datos de este estudio proporcionan una perspectiva valiosa para entender y mitigar este impacto.

3. Al principio se esperaba contar con datos de dos fincas experimentales que contaran con la variedad de café Obatá con el fin de tener mayor cantidad de datos para el desarrollo del proyecto, pero debido a que este proyecto se desarrolló en un periodo de tiempo corto, solo se contó con los datos de una de las fincas experimentales. A pesar de esto y como se observa en la información presentada de otros estudios, estos respaldan la similitud de los datos correspondientes al impacto en el cambio climático, lo cual genera una confianza en que los datos proporcionados para este estudio son representativos y pueden usarse como fuente de comparación para futuros estudios que se quieran realizar por parte del sector cafetalero.

Además de esto es importante agregar que el uso de la herramienta Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ ha demostrado ser muy útil en la realización de este análisis. Esta herramienta facilita la evaluación detallada de las emisiones de carbono y permite al sector cafetalero realizar sus propios estudios de ACV de manera más efectiva. La implementación de esta calculadora no solo proporciona una visión más clara del impacto ambiental del café, sino que también impulsa la adopción de prácticas más regenerativas en la producción cafetalera.

Asimismo, es importante destacar que esta herramienta es de acceso gratuito, por lo que esto facilita de gran manera que el sector cafetalero pueda crear sus propios estudios.

En conjunto, los resultados destacan la necesidad de abordar las emisiones tanto en la etapa de cultivo como en la de Beneficio para reducir la huella de carbono del café verde. Es fundamental adoptar prácticas más sostenibles regenerativas y eficientes en ambas fases para mitigar el impacto ambiental. Políticas que promuevan técnicas

agrícolas más ecológicas y la mejora en los procesos de Beneficiado pueden ser pasos efectivos hacia una producción de café más sostenible.

## 6 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas a continuación se basan en observaciones y puntos de mejora que se fueron revelando como parte del proceso de generación de datos y aplicación de las herramientas del ACV junto al ICAFE.

- Se recomienda mejorar la calidad de los datos en el proceso de cultivo del café, particularmente en las fases del semillero y almacigo. Dado que en estos eslabones de la cadena de producción la información disponible es limitada. Es crucial establecer un sistema de registro y manejo de datos más robusto. Esta medida ayudará a estandarizar la recolección y reporte de información, facilitando una evaluación más precisa del impacto ambiental en esta fase crítica del cultivo.
- En la fase de semillero la RCP establece que estos datos deben ser proporcionados por ICAFE, en la práctica, el sector cafetalero a menudo adquiere semilla de otras fuentes. Por lo tanto, se recomienda implementar mecanismos que garanticen la consistencia y calidad de los datos proporcionados por ICAFE o cualquier otra fuente.
- Se aconseja la implementación de buenas prácticas en la gestión de datos a lo largo de la cadena de producción del café. Esto incluye la capacitación de los agricultores y responsables del semillero en técnicas de registro y manejo de datos, así como la creación de herramientas y procedimientos estandarizados para la recolección de información.
- Es fundamental promover una cultura de datos dentro del sector cafetalero. Esto puede lograrse mediante la sensibilización sobre la importancia de la recolección de datos precisos y la implementación de programas de formación y apoyo que faciliten

el desarrollo de habilidades en gestión de datos entre los productores y otros actores relevantes.

- La Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ actualmente utiliza únicamente fuentes biogénicas para el proceso de secado del café. Con la aparición de nuevas tecnologías más eficientes, como el gas LP y la electricidad, se recomienda actualizar la herramienta para incluir estas opciones. La integración de tecnologías emergentes permitirá una evaluación más completa y precisa de las huellas ambientales del café.
- Se debe desarrollar una memoria de cálculo para la herramienta MINAE+ICAFE CADIS. La ausencia de esta memoria afecta negativamente la realización de auditorías y certificaciones de etiquetado ambiental tipo 3 o carbono neutral de producto del programa País, el cual está en proceso de promoción. Contar con una memoria de cálculo adecuada facilitará la validación y certificación de las prácticas ambientales, asegurando la conformidad con los estándares de sostenibilidad.
- Como último punto, se recomienda que este estudio se pueda repetir en otras variedades de café y con otras condiciones. Esto con la intención de que se tengan diferentes estudios para apoyar el desarrollo del ACV del café de Costa Rica.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- Araya, M. (Diciembre de 2023). *ICAFFE*. Obtenido de COSTOS DE BENEFICIADO DE CAFÉ, ACEPTADOS POR LEY No 2762, COSECHA 2022-2023: [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf)
- Castillo-González, E., & León-Lira, R. (2018). Environmental impact associated with the supply chain and production of grinding and roasting coffee through life cycle analysis. *Sustainability*, *10*(12), 4598. <https://doi.org/10.3390/su10124598>
- Comisión Europea. (Diciembre de 2019). *El Pacto Verde Europeo*. Obtenido de Comisión Europea: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es#:~:text=The%20European%20Green%20Deal%20%E2%80%93%20A%20commitment%20to%20future%20generations&text=Para%20superar%20estos%20retos%2C%20el,de%20efecto%20invernade](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#:~:text=The%20European%20Green%20Deal%20%E2%80%93%20A%20commitment%20to%20future%20generations&text=Para%20superar%20estos%20retos%2C%20el,de%20efecto%20invernade)
- Factor CO2. (2021). Obtenido de Guía básica para la recolección y validación de los datos necesarios para calcular la huella ambiental del café verde según la norma europea: [https://archivo.cepal.org/pdfs/ebooks/Gu%C3%ADa\\_huella\\_ambiental\\_del\\_caf%C3%A9\\_2021.pdf](https://archivo.cepal.org/pdfs/ebooks/Gu%C3%ADa_huella_ambiental_del_caf%C3%A9_2021.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

- Humbert, S., et al. (2009). "Life cycle assessment of spray dried soluble coffee and comparison with alternatives (drip filter and capsule espresso)." *Journal of Cleaner Production*. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652609001474>
- ICAFE. (Marzo de 2015). *ICAFE*. Obtenido de Acerca del ICAFE: <https://www.icafe.cr/icafe/acerca-del-icafe/>
- ICAFE. (Marzo de 2015). *ICAFE*. Obtenido de Organigrama Institucional: <https://www.icafe.cr/transparencia-institucional/organigrama/>
- ICAFE. (2021). *Instituto del Café de Costa Rica*. Obtenido de [https://www.icafe.cr/icafe/reportes\\_sostenibilidad/](https://www.icafe.cr/icafe/reportes_sostenibilidad/)
- ICAFE, I. d. (Dirección). (2023). *Pacto Verde - Café de Costa Rica* [Película].
- Iglesias, D. (2005). *Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario*. Obtenido de <https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/23-relevamiento.pdf>
- Instituto de Café de Costa Rica. (Marzo de 2015). *ICAFE*. Obtenido de Historia del Café de Costa Rica: <https://www.icafe.cr/nuestro-cafe/historia/>
- Instituto del Café de Costa Rica. (2021). *Reporte de Sostenibilidad*. Obtenido de Instituto del Café de Costa Rica: [https://www.icafe.cr/icafe/reportes\\_sostenibilidad/](https://www.icafe.cr/icafe/reportes_sostenibilidad/)
- INTECO. (26 de Junio de 2020). INTE/RCP 01:2020. Regla de categoría de producto. Café verde.
- INTE/ISO 14025:2007, “Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos”

INTE/ISO 14040:2007, “Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia.”

INTE/ISO 14044:2007, “Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia.”

INTE/RCP 01:2020 Regla de categoría de producto. Café verde.

Killian, B., Rivera, L., Soto, M., & Navichoc, D. (2013). *Carbon footprint across the coffee supply chain: The case of Costa Rican coffee*. Journal of Agricultural Science and Technology B, 3(3B), 151-162.

Ministerio de Ambiente y energía. (2024). *Sobre la DCC*. Obtenido de <https://cambioclimatico.go.cr/sobre-la-dcc/>

Noponen, M. R., et al. (2013). "Positive impacts of coffee agroforestry on the ecology and hydrology of tropical watersheds." *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Obtenido de : [https://www.researchgate.net/publication/305692044\\_Impacts\\_of\\_Coffee\\_Production\\_in\\_Agroforestry\\_System\\_for\\_Sustainable\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/305692044_Impacts_of_Coffee_Production_in_Agroforestry_System_for_Sustainable_Development)

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2006). ISO 14044: Gestión ambiental — Evaluación del ciclo de vida — Requisitos y directrices. ISO.

Schloenvoigt, A.-K., & Sandra, S. (Agosto de 2017). *Mag*. Obtenido de NAMA Café de Costa Rica : <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1069.pdf>

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (Febrero de 2022). *Comercio Exterior 2020-2021*. Obtenido de SEPSA: [http://www.sepsa.go.cr/docs/2022-001-Comercio\\_Exterior\\_2020-2021.pdf](http://www.sepsa.go.cr/docs/2022-001-Comercio_Exterior_2020-2021.pdf)

Sampieri, R. H., Fernández, C. C., & Baptista, P. (2008). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). McGraw-Hill.

Schloenvoigt, A.-K., & Sandra, S. (Agosto de 2017). *Mag*. Obtenido de NAMA Café de Costa Rica : <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1069.pdf>

Springer. (2022). Life cycle assessment of coffee produced in Chiapas, Mexico. *Springer*.  
<https://link.springer.com/article/10.1186/s12302-022-00621-x>

World Coffee Research. (2024). *Obata (Red)*. Obtenido de <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/varieties/obata-red>

## 8 ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Acta del proyecto final de graduación



#### ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Jenniffer Pamela González Araya  
 Lugar de residencia: San Pablo de Heredia, Costa Rica  
 Institución: World Wide Technology  
 Cargo / puesto: ESG Coordinator

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 19 de julio 2022	Nombre del proyecto: Manual metodológico estratégico para el Análisis del ciclo de vida de la semilla de la variedad Obata de café del Instituto Nacional del Café de Costa Rica para el 2024.
Fecha de inicio del proyecto: Julio 2024	Fecha tentativa de finalización: Agosto 2024
Tipo de PFG: (tesina)	
<p>Objetivos del proyecto:            Formular un Manual metodológico estratégico para el Análisis de Ciclo de vida de semilla de la variedad Obatá de café del Instituto del café de Costa Rica para el 2024 con el propósito de generar prácticas productivas regenerativas en la actividad, mediante el cálculo de las diferentes categorías de impacto ambiental según el alcance de la Regla de categoría de producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosticar la información necesaria de las categorías de impacto ambiental de la variedad de semilla de café Obatá, siguiendo la metodología descrita en la Regla de Categoría de Producto "Café verde INTE/RCP 01:2020".</li> <li>• Determinar los cálculos de las categorías de impacto ambiental para la variedad de semilla de café Obatá utilizando la herramienta calculadora de huellas ambientales establecida en el CR-Café.</li> <li>• Diseñar un manual metodológico que proporcione información detallada al sector del café sobre el proceso y los resultados obtenidos en la generación del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la variedad de semilla de café Obatá.</li> </ul>	
<p>Descripción del producto:            Diseñar un manual metodológico estratégico que permita que el sector café pueda elaborar y replicar de forma precisa la elaboración de un análisis del ciclo de vida.</p>	



**Necesidad del proyecto:**

A nivel país no se han generado fuentes de información confiable que respalden y aseguren y contengan la información de la trazabilidad del bajo impacto ambiental de las cadenas de producción de ciertos productos agrícolas, por esta razón ICAFE está buscando generar más proyectos que certifiquen que los productos que se vendan como ambientalmente responsables tengan una base de datos que respalde esta información.

**Justificación de impacto del proyecto:**

En la Regla de categoría de producto, Café verde INTE/RCP 01:2020 el ICAFE es el ente responsable de proveer la información sobre el ACV de las semillas que venden al sector productivos esto crea la necesidad que se realicen este tipo de proyectos para generar la información necesaria para poder ser replicada a futuro.

De momento en el país no existiría una fuente de información confiable y replicable a disposición del todo el sector café para que se pueda generar más ACV de las diferentes especies de semilla que se utilizan en el país.

Como último punto este manual tiene como objetivo contribuir a generar información sobre los impactos ambientales del sector con el fin de identificar los posibles procesos en las cuales se pueden generar mejorar practicas productivas regenerativas.

**Restricciones:**

La restricción principal para este proyecto es que la información se va a generar únicamente con una variedad única de semilla, Obatá. Para generar el proyecto con diferentes variedades de semillas se necesitaría más tiempo del que se tiene contemplado para este proyecto de maestría.

**Entregables:**

Manual metodológico estratégico del Análisis del ciclo de vida de la semilla de la variedad Obatá de café

**Identificación de grupos de interés:**

Cliente(s) directo(s):

Cliente(s) indirecto(s):



<p><b>Aprobado por (Tutor):</b></p> <p>Daniel Rodríguez Molina</p>	<p><b>Firma:</b></p> <p>DANIEL GERARDO RODRIGUEZ MOLINA (FIRMA)</p> <p>Firmado digitalmente por DANIEL GERARDO RODRIGUEZ MOLINA (FIRMA) Fecha: 2024.05.22 15:28:18 -06'00'</p>
<p><b>Estudiante:</b></p> <p>Jennifer Pamela Gonzalez Araya</p>	<p><b>Firma:</b></p> 

8.2 Anexo 2 CRONOGRAMA PFG

Mes	Junio		Julio					Agosto				Setiembre				Octubre	
Semana	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Actividades																	
Inicio del PFG	■																
Inicio de la investigación		■	■	■	■	■											
Recolección de información de fuentes bibliográficas					■	■	■										
Trabajo en equipo con el ICAFE							■	■	■	■	■						
Recolección de información con el equipo del ICAFE										■	■	■	■				
Trabajo en la plataforma del CR-CAFE													■	■			
Desarrollo del documento escrito														■	■		

**8.3 Anexo 3 MANUAL METODOLÓGICO ESTRATÉGICO PARA EL ANÁLISIS  
DEL CICLO DE VIDA DE LA SEMILLA DE LA VARIEDAD OBATA**



# MANUAL METODOLÓGICO ESTRATÉGICO PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA SEMILLA DE LA VARIEDAD OBATA

JENNIFER GONZÁLEZ ARAYA  
INSTITUTO DE CAFÉ DE COSTA RICA



# Abreviaturas

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
CCP	Clasificación Central de Productos
CFC	Clorofluorocarbono
ECA	Ente Costarricense de Acreditación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICAFFE	Instituto del Café de Costa Rica
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
ISO	Organización Internacional de Estandarización
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
RCP	Regla de Categoría de Producto
SETAC	Society of environmental Toxicology and Chemistry
SI	Sistema Internacional de Unidades
TEC	Tecnológico de Costa Rica
UE	Unión Europea
N	Nitrógeno
N <sub>2</sub> O:	Óxido Nitroso
CH <sub>4</sub> :	Metano
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de Carbono
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
PM	Material particulado

# Introducción

Para el año 2019 la Unión Europea (UE) lanza una estrategia geopolítica ambiciosa que propone alcanzar la carbono neutralidad climática para el 2050. Esta y otras políticas a nivel mundial hacen que cada vez el mercado internacional tenga requerimientos más estrictos sobre los datos de impactos ambientales de los productos que se consumen.

Como parte de estas estrategias la UE crea el Pacto Verde Europeo, el cual tiene como objetivo trabajar para que el continente sea el primer continente climáticamente neutro. Con este pacto se pretende transformar la EU en una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, garantizando que (Comisión Europea, 2019):

- no haya emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050
- el crecimiento económico esté dissociado del uso de recursos
- no haya personas ni lugares que se queden atrás.

Actualmente un 35% del café de Costa Rica se exporta a la UE (ICAFE, 2023) por lo que es un porcentaje importante de los productores del país lo que deben iniciar el camino hacia el cumplimiento de todas estas normativas e iniciativas de la UE para poder continuar con estas exportaciones.

El presente documento es una propuesta de guía y manual metodológico para la recopilación y uso de la información para la elaboración de un Análisis del ciclo de vida de Café verde para Costa Rica. La información presentada sigue los pasos e indicaciones presentadas en la INTE/RCP 01:2020 Regla categoría de producto.

Este documento fue elaborado a partir de los datos de la semilla de café Obatá proporcionados por el ICAFE a nivel de Valle central. Estos datos pretenden ser utilizados como base y ejemplos para que el sector pueda desarrollar sus análisis de ciclo de vida siguiendo la metodología propuesta en la Regla de Categoría de producto y la herramienta CR-café pero esta herramienta puede ser utilizada para cualquier variedad de semilla.

## Información necesaria para la elaboración de Análisis del Ciclo de vida.

El ACV según lo indica la norma ISO 14044 tiene como objetivo identificar las oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de los productos en las distintas etapas del ciclo de vida, por esta razón para cada una de las etapas se debe desglosar los procesos involucrados y es necesario identificar la información respectiva a entradas de materiales y energía, salidas de productos y subproductos, así como emisiones al aire y vertimientos al agua y suelo, en cada proceso.

Para poder llevar a cabo este análisis la ISO 14040 e ISO 14044 establecen con claridad el marco y los lineamientos para realizar un estudio de ciclo de vida. El método tiene fases fundamentales:

- e) la fase de definición del objetivo y el alcance,
- f) la fase de análisis del inventario,
- g) la fase de evaluación del impacto ambiental, y
- h) la fase de interpretación.

Además de lo descrito en la norma, se requiere tener identificados de forma clara las actividades incluidas en el sistema de producción del café verde, para este caso específico. El desarrollo de flujos de procesos puede ayudar a identificar con claridad el alcance y los procesos involucrados en cada una de las etapas del ciclo de vida.

**Figura. 1 Proceso del café**



Fuente: Factor CO<sub>2</sub>, 2021

**Figura. 2 Diagrama de proceso de para la Semilla Obata.**



Fuente: Factor CO<sub>2</sub>, 2021

## Metodología

La metodología que se va a utilizar en este manual es la que se describe en la norma INTE/RCP 01:2020 Regla categoría de producto. Café Verde, además de esto se va a utilizar la herramienta de cálculo proporcionada por el ICAFE, CR-CAFÉ Portal Cafetalero (icafe.cr).

## Especificación

### Definición de grupo de productos

El alcance de este ACV abarca el café verde según la definición de la subclase 01610 de la Clasificación Central de Productos (CCP) de las Naciones Unidas específicamente para la semilla de café Arábica, Obatá Rojo.

**Figura. 3 Imagen de semilla Obatá rojo**



Fuente: World Coffee Research, 2024

### Unidad declarada

Siguiendo la metodología de la INTE/RCP 01:2020 Regla categoría de producto. Café Verde, la unidad declarada es:

**1 (un) kilogramo de Café Verde con un 11,5 % de humedad entregado en el puerto de origen  
(FOB).**

Al finalizar el ACV se informará de los impactos ambientales por cada unidad declarada, por ejemplo, para emisiones de gases de efecto invernadero debe reportarse como Kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kilogramo de Café Verde al 11,5 % de humedad).

### Unidades, contenido de materiales y sustancias químicas

Para los cálculos e informes que resulten a partir de este ACV se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI), se espera de igual forma que al presentar resultados de cálculos se usen un máximo de dos cifras significativas.

En el caso de los materiales, deben de ser declarados todos aquellos asociados a la unidad declarada. Se pueden excluir de la Declaración Ambiental de Producto aquellos materiales que de

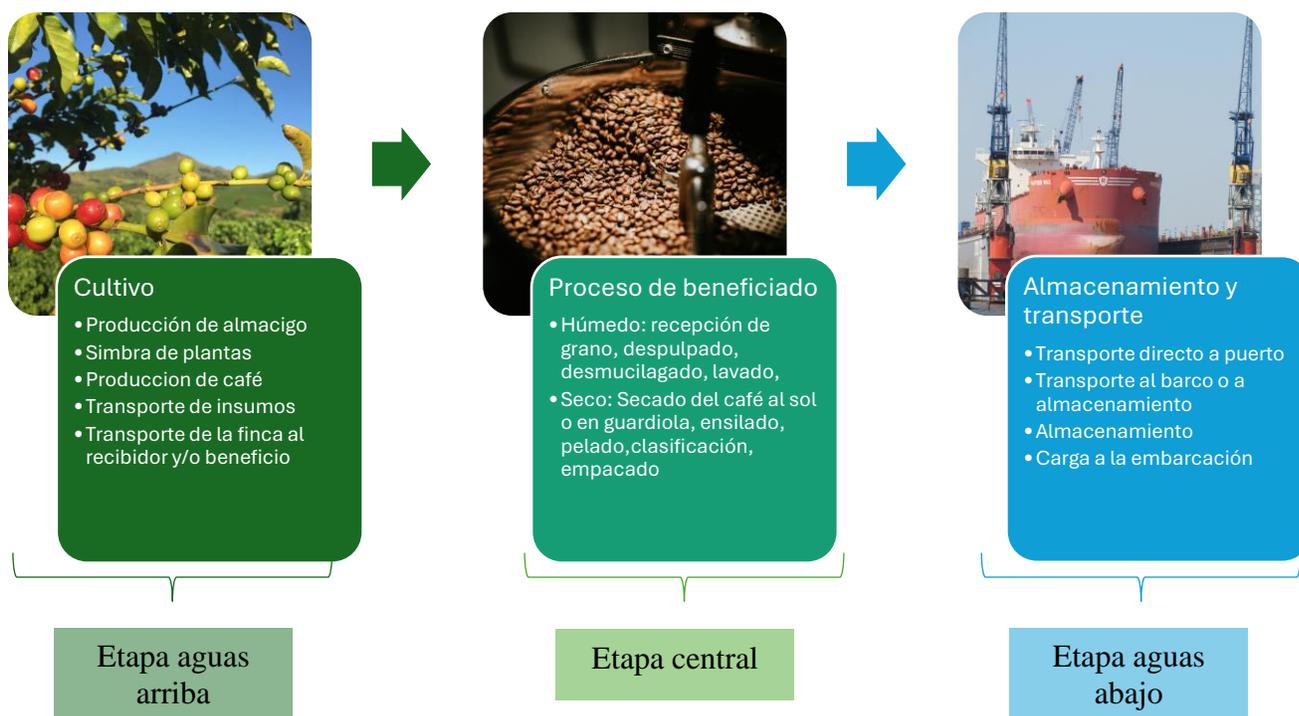
manera independiente o en sumatoria no superen más del 1% respecto al valor total del peso de la unidad declarada.

## Alcance General del Sistema

### Límites del sistema

Los límites del sistema deben incluir todas las etapas del ciclo de vida que se requieren para producir café verde (según el objetivo y el alcance del estudio).

**Figura. 4 Procesos del Café**



Fuente: Elaboración propia basada en la INTE/RCP 01:2020

Este manual de ACV pretende formular un ejercicio para conocer los impactos ambientales del café verde de la cuna a la puerta, en el que se consideran las nueve categorías de impacto ambiental. Los procesos para analizar en el ciclo de vida del café verde son aquellos considerados en las etapas de sistema de producción, Beneficiado y transporte hasta el puerto de embarque o salida. Información requerida a nivel de procesos

Este manual utiliza diferentes fuentes de datos que han sido proporcionadas por el ICAFE, con el fin de que ejemplificar la forma en que se deben de evaluar los procesos y recolectar los datos para que el ACV sea confiable. El objetivo principal de este manual es que sirva como guía para que el sector cafetalero del país pueda construir sus fuentes de datos y replicar la metodología.

Es importante resaltar que los datos que se utilicen a la hora de replicar este ejercicio sean datos primarios que representen los procesos reales de producción y el sitio o la región en la que se realizan estos procesos. Los datos primarios se pueden obtener a partir de diferentes enfoques de muestreo, para este caso específico se utilizó datos proporcionados por el ICAFE de una de sus fincas experimentales.

### **Consideraciones con los datos de proceso**

Es fundamental considerar ciertos elementos que aseguren la recopilación de datos objetivos y representativos de la actividad productiva. Obtener datos fiables permitirá reflejar con precisión los impactos ambientales en cada etapa del proceso y producción de café verde, facilitando así la identificación de los puntos más críticos en términos de emisiones y contaminación ambiental, generando la oportunidad de que se desarrollen tecnologías regenerativas dentro de los procesos.

Para el caso en que no se cuenten con fuentes primarias para algunos de los datos, se pueden utilizar fuentes secundarias como lo son, estadísticas nacionales publicadas o compiladas por el ICAFE, NAMA Costa Rica que cuenta con estadísticas relacionadas con la producción de café en Costa Rica, además de una descripción de todas las etapas de la producción de café y la cuantificación de los gases de efecto invernadero y por último normas o bases de datos internacionales que se ajusten a las condiciones en donde se están desarrollando el estudio.

Es importante de igual forma recalcar que para la recolección de estos datos, se debe de tener bien definido un mapa de proceso con su debida identificación de entradas, salidas, productos y/o servicios que se utilizaron a lo largo del ciclo de vida del café.

A continuación, se incluye un cuadro resumen de donde pueden proceder las fuentes de los datos necesarios para este estudio:

**Cuadro. 1 Fuente de datos**

Etapa del ciclo de vida	Proceso que abarca	Fuente de datos específico
Extracción de materia prima y producción de insumos	Procesos aguas arriba (por ejemplo, producción de fertilizantes, plaguicidas o cualquier otro agroquímico, gasolina o gas natural, o fabricación de empaques)	Pueden ser fuentes primarias como inventarios.  O datos secundarios como registros financieros
Cultivo	Cultivo de café (por ejemplo, datos de la actividad, tipos de cultivo, cantidad de materiales y entradas y salidas de energía, rendimientos, métodos de cosecha, uso de la tierra, tipos de suelos y clima)	Lo más recomendable es que sean datos primarios de inventarios.
Proceso de Beneficiado	Procesamiento del café (descripción del Beneficiado húmedo o seco, cantidad de materiales y entradas y salidas de energía), índice de pérdidas, manejo de coproductos	Se recomienda que esta información provenga de datos primarios como inventarios
Transporte a puerto	Consumo energético (específico) Generación de emisiones (genéricos y/o específicos)	Se puede generar mediante datos primarios y secundarios contables como la facturación por servicios.

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Los siguientes elementos son excluidos del presente ACV:

**Figura. 5 Elementos excluidos del ACV**

Etapa	Elementos
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento en el puerto.</li> <li>• Emisiones relacionadas con cualquier reenvasado que se realice en el puerto para cargar en el barco.</li> <li>• Gestión de residuos.</li> <li>• Logística.</li> </ul>
Sistema de producción, beneficiado y transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte de empleados hacia y desde su lugar de trabajo.</li> <li>• Fabricación de galpones de maquinaria y otros edificios.</li> <li>• Cualquier otro proceso que esté indirectamente relacionado con la producción de café verde (por ejemplo, funciones administrativas de la empresa), pues su repercusión sobre el cálculo final será mínima.</li> <li>• Los aportes de energía humana y animal.</li> <li>• Todo aquello que sucede después de la llegada del café verde al puerto de embarque, ya que está fuera del alcance definido.</li> <li>• Insumos de capital (insumos con una vida superior a un año).</li> </ul>

Fuente: Factor CO<sub>2</sub>, 2021

## Datos para generar el ACV

### Almacigo

Él siguiente diagrama se describen los procesos y cada uno de los datos que se deben recolectar para completar la información de la calculadora de huellas ambientales del ICAFE en la sección de Almacigo.

**Cuadro. 2 Procesamiento de Semilla**

Entradas	Proceso	Salida
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Despulpado y Remoción de Mucilago (kg semilla/año)</li> <li>→ Agua de proceso (L)</li> <li>→ Cantidad de funcionarios por mes (funcionarios)</li> <li>→ Agua potable domestica (L)</li> <li>→ Electricidad (kWh)</li> <li>→ Transporte de pulpa residual (km)</li> <li>→ Producción anual (kg)</li> <li>→ Leña (m3)</li> <li>→ Transporte de leña (km)</li> <li>→ Producción anual (kg)</li> <li>→ Sacos de yute (unidades)</li> <li>→ Saco Propileno (unidades)</li> <li>→ Bolsas plásticas (unidades)</li> <li>→ Electricidad (kWh)</li> <li>→ Tratamiento de insectos (número de pastillas de DETIA GAS)</li> </ul>	<p>Despulpado y Remoción de Mucilago</p> <p>Secado de semilla</p> <p>Empacado de semilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Residuo pulpa a Composteo (kg)</li> <li>→ Tratamiento de aguas residuales</li> <li>→ Aguas negras y grises de obra</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Estas cantidades se deben de generar con respecto a la unidad funcional de 1 tonelada de café pergamino.

Los datos correspondientes al despulpado y remoción de mucilago se pueden solicitar al ICAFE, ya que estos se generaron por medio de estimaciones con la intención de poder proveer datos confiables al sector.

En el caso concreto de que no se tengan los datos de agua y electricidad, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado el cual se encuentra en el siguiente [link](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya, 2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de consumo y salida de aguas residuales.

En el caso del valor de aguas negras y grises de mano de obra, se puede obtener un estimado de generación con respecto a la cantidad de trabajadores que laboren para el estimado de una unidad funcional de 1 tonelada de café pergamino.

### **Cuadro. 3 Semillero**

<b>Entradas</b>	<b>Proceso</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Semillero producción anual (kg)</li> <li>→ Suelo (m<sup>2</sup>)</li> <li>→ Agua (L)</li> <li>→ Rizolex - Tolclofos-methy (g)</li> <li>→ Furadán – Carbofuran (g)</li> <li>→ Daconil – Chlorothalonil (g)</li> <li>→ Transporte de fruta a procesamiento de semilla (km)</li> </ul>	<div style="border: 2px solid #00aaff; border-radius: 25px; padding: 20px; width: 80%; margin: auto;"> <p>Semillero</p> </div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Es de suma importancia contar con datos objetivos y representativos para poder realizar estudios como el de ACV. Por esta razón a continuación se recomiendan tres formas para generar la información requerida.

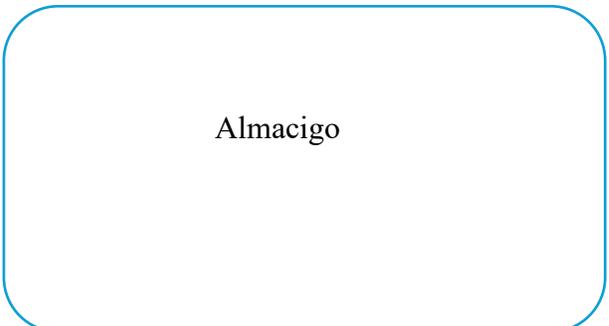
**Cuadro. 4 Recomendaciones para la generación de datos**

<b>Opción 1: Inventario</b>	La manera más recomendable para generar esta información es contando con un sistema de inventarios en el que se lleve un registro actualizado y al día de los insumos que se adquieren, los que se almacenan y los que se van utilizando a través del proceso.
<b>Opción 2: Registro contable</b>	Si no se cuenta con un inventario implementado se puede recurrir a registros contables de la empresa, se puede también rastrear estos datos por medio de facturas, en las cuales se pueda obtener la información de volúmenes o unidades adquiridas para los procesos específicos.
<b>Opción 3: Estimación</b>	Como última opción se pueden generar fórmulas de estimación para procesos específicos, sin embargo, esta no es la mejor forma de poder identificar los impactos ambientales, debido a la alta incertidumbre que puede tener este proceso.

Fuente: Elaboración propia basada en el documento de Factor CO<sub>2</sub>, 2021

Para el almacigo se debe de especificar la siguiente información, cada uno de los datos proporcionados debe de ser en gramos con la unidad funcional plantas de almácigo en 1 año.

**Cuadro. 5 Almacigo**

Entradas	Proceso
→ Producción anual (plantas) → Compost (g) → Granza de Arroz (g) → Bolsa PE (G) → Baylon Forte (g)	 Almacigo

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Para este paso dentro de la calculadora de huellas ambientales del CR-Café, se debe de especificar la cantidad de fertilizantes, pesticidas y u otros aditivos se agregaron al almacigo en gramos por planta.

Fertilizantes:

- Fertilizante (N)
- Fertilizante (P)
- Fertilizante (K)
- Folivex Boro – Boron

Pesticidas:

- Benomyl
- Imbirex - Éter alquifenolpoliglicólico
- Bravonil - Chlorothalonil
- Furdán - Carbofuran
- Antracol - Propineb, Zinc amino acid chelate
- Daconil - Chlorothalonil
- Vydate - Oxamyl
- Ferbam - Ferric dimethyldithiocarbamate
- Amistar - Azoxystrobin
- FoAgrimicin - Streptomycin sulfate
- Rizolex - Tolclofos-methy

Otros:

- Bayfolan Forte - Nitrogeno, fósforo, potasio y otros inorgánicos
- Metalosato multimineral - Cooper amino acid chelate, Manganese amido acid chelate
- Metalosato Zinc - Zinc
- Osmocote - Ammonium nitrate
- Metalosato Magnesio - Magnesium

Para los fertilizantes, pesticidas y otros también se puede recolectar información por medio del inventario, registro contable o estimación. Según lo descrito en el Cuadro 7, lo más importante es que se siga siempre con la jerarquía de que las fuentes primarias y de muestreo son las más adecuadas para utilizarse dentro de este proceso.

### Cultivo

En el siguiente diagrama se describen los procesos y cada uno de los datos que se deben obtener para completar la información de la calculadora de huellas ambientales del ICAFE en la sección de cultivo.

**Cuadro. 6 Cultivo**

Entradas	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Producción anual (ton)</li> <li>→ Superficie cultivada (ha)</li> <li>→ Cultivo suelo (ha)</li> <li>→ Semilla (kg)</li> <li>→ Almacigo (plantas)</li> </ul>	<div style="border: 2px solid blue; border-radius: 15px; padding: 20px; width: 80%; margin: auto;"> <p>Cultivo</p> </div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Específicamente para a producción anual se pueden utilizar los datos de las cosechas que se hayan realizado en el año que se va a tomar de línea base para realizar el ACV.

En este paso dentro de la calculadora de huellas ambientales del CR-Café, se debe de especificar la cantidad de fertilizantes que se agregaron a la producción total de café verde en 1 año de cultivo, cada una de estas cantidades se deben de agregar en kg.

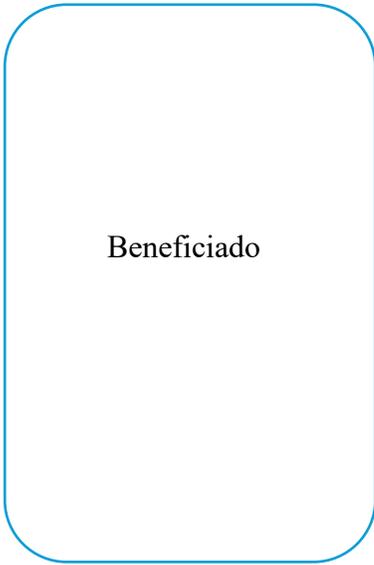
- Fertilizante N
- Fertilizante P
- Fertilizante K
- Nutran
- Atemi
- Cyprosol
- Round Up
- Magnesio
- Boro
- Tierra de Diatomeas
- Carbonato de Calcio
- Caldolomita

En el caso de los datos de los fertilizantes, de igual forma que en la sección anterior, la recolección de los datos debe de seguir la jerarquía propuesta en el Cuadro 7.

## Beneficio

En el caso específico del Beneficio podemos encontrar nuevamente tres procesos grandes dentro de los que se deben recolectar datos, el despulpado y la remoción del mucilago, el secado y el empacado del producto para su almacenamiento.

**Cuadro. 7 Despulpado y remoción de mucilago**

Entradas	Proceso	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Despulpado del Beneficio producción anual (kg)</li> <li>→ Agua Potable (L)</li> <li>→ Electricidad (kWh)</li> </ul>	 <p>Beneficiado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pulpa Residual (km)</li> <li>→ Distancia a tratamiento de de Pulpa (km)</li> <li>→ Tratamiento de agua (L)</li> <li>→ Aguas negras y grises (L)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

El dato de despulpado del Beneficio considerando su producción anual (kg) se debe de generar y la unidad funcional total de café verde procesada en 1 año. Los demás datos se deben de contabilizar en unidad funcional de una tonelada de café verde.

En el caso de los residuos orgánicos se recomienda que los datos sean de fuentes primarias de registro y medición de los pesos de los desechos, en caso de que no se pueda tener acceso al pesaje de los residuos a lo largo de todo el periodo requerido para el estudio del ACV, se puede estimar el volumen de una tonelada de café, mediante mediciones de peso más pequeñas.

Para concreto de que no se tengan los datos de agua y electricidad, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado que puede ser encontrada en este [link](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya,

2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de consumo y salida de aguas residuales.

El dato de pulpa residual en km, hacer referencia al transporte del residuo de la pulpa a su lugar de tratamiento, en caso de que este no se dé dentro del mismo lugar de Beneficiado. Por ejemplo, si este residuo se dispone como abono, se debe de utilizar la distancia en km desde el Beneficio hasta el área de tratamiento final. Se pueden utilizar herramientas como Google maps para obtener el total de kilómetros relacionado con estos puntos.

### Cuadro. 8 Secado

Entradas	Proceso
<p>→ Secado Beneficio Producción anual (kg)</p> <p>→ Leña (m3)</p> <p>→ Transporte (km)</p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 20px; text-align: center;"> <p>Beneficio</p> </div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

En el caso que no se puedan realizar pesajes o mediciones volumétricas de la cantidad de leña utilizada en la unidad funcional de tonelada de café verde, se puede utilizar como referencia el documento del ICAFE costos de actividad de Beneficiado que puede ser encontrada en este link [https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/costos\\_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf](https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/beneficiado/ECBC2223.pdf) (Araya, 2023) para el año correspondiente a la cosecha a la que se le esté realizando el estudio, esta no es una fuente primaria de información, pero permite estimar valores de leña.

Para esta calculadora en concreto solo se debe de utilizar el valor de leña utilizado en el proceso, no se incluyen otros tipos de combustibles.

**Cuadro. 9 Beneficio**

Entradas	Proceso
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Producción anual (kg)</li> <li>→ Saco de yute (unidades)</li> <li>→ Saco de propileno (unidades)</li> <li>→ Bolsas plásticas (unidades)</li> <li>→ Electricidad (kWh)</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 20px; width: 80%; margin: auto;">Beneficio</div>

Fuente: Elaboración propia basada en INTE/RCP 01:2020

Para el caso de la información correspondiente a los sacos y bolsas utilizados, la información de recolección de datos debe de seguir la jerarquía propuesta en el Cuadro 7.

### **Transporte**

Para este proceso se debe de especificar los datos del porcentaje del producto a exportar en los diferentes puertos con los que cuenta el país:

- Puerto Limón
- Puerto Caldera
- Aeropuerto internacional Juan Santa María

Se debe de especificar la distancia recorrida desde el punto en donde se encontraba el producto hasta el puerto correspondiente.

Además de esto se debe de indicar la siguiente información por la unidad funcional de 1 tonelada de café verde que se envía a cada puerto:

- Combustible usado para almacenamiento (tipo de combustible)
- Consumo de electricidad por almacenamiento (kWh)
- Consumo de combustible para la carga del café a la embarcación (L).

## Ejemplo de ACV

Con el objetivo de facilitar el proceso de llenado de la información para el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del café verde, se desarrollará un paso a paso detallado utilizando la herramienta de la Calculadora de Huella Ambiental del CRCAFE [crafe.icafe.go.cr/icafe/f?p=105:1:8308380254421:::](https://crafe.icafe.go.cr/icafe/f?p=105:1:8308380254421:::) . Esta manual está diseñado para asistir a los usuarios en cada etapa del proceso, desde la introducción de datos hasta la interpretación de resultados, asegurando una comprensión clara y precisa de cómo utilizar la herramienta de manera efectiva. La guía incluirá instrucciones detalladas, capturas de pantalla y recomendaciones para optimizar el uso de la calculadora y obtener una evaluación completa y precisa del impacto ambiental del café verde.

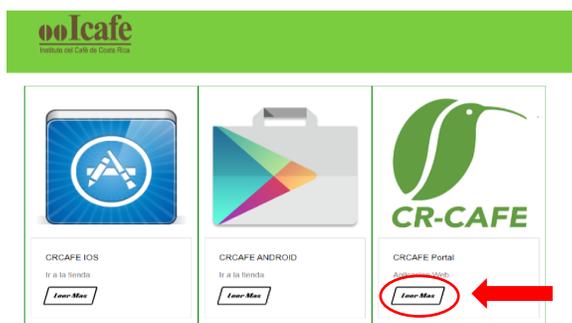
Todos los datos que se van a utilizar para esta herramienta han sido proporcionados por el personal del ICAFE, los cuales a su vez han recolectados mediante procesos de inventario y registro. Algunos datos que se especificarán en los ejemplos que se han desarrollado por medio de entrevista y estimaciones, para que puedan quedar como base de información para el sector a la hora de replicar los datos.

### Paso 1.

El primer paso en este proceso es acceder al sitio web oficial del CRCAFE a través del siguiente enlace: <https://crafe.icafe.go.cr/>.CRCAFE (icafe.cr).

Una vez en el portal, se debe de dar clic en el botón de “Leer más” que se encuentra en el recuadro de CR-CAFÉ.

**Figura. 6 Entrada del CR-CAFÉ**



Fuente: Elaboración propia

Una vez dentro del portal, debe de ingresar su usuario y contraseña, en caso de que sea un usuario nuevo, se debe de solicitar las credenciales del ingreso al ICAFE

**Figura. 7 Portal Cafetalero**



The image shows the login page of the CR-CAFE Portal Cafetalero. At the top, there is a green logo with a coffee leaf and the text "CR-CAFE". Below the logo, the text "Portal Cafetalero" is displayed. There are two input fields: the first is labeled "Usuario" and contains the placeholder text "Cédula Física/Jurídica"; the second is labeled "Contraseña". Below these fields is a green button labeled "Iniciar Sesión". Underneath the button, there are two links: "Registrar Usuario" and "¿Olvidó su contraseña?".

Fuente: Elaboración propia

## Paso 2

Una vez en el portal del CR-CAFÉ, se debe de ir a la sección de Beneficios.

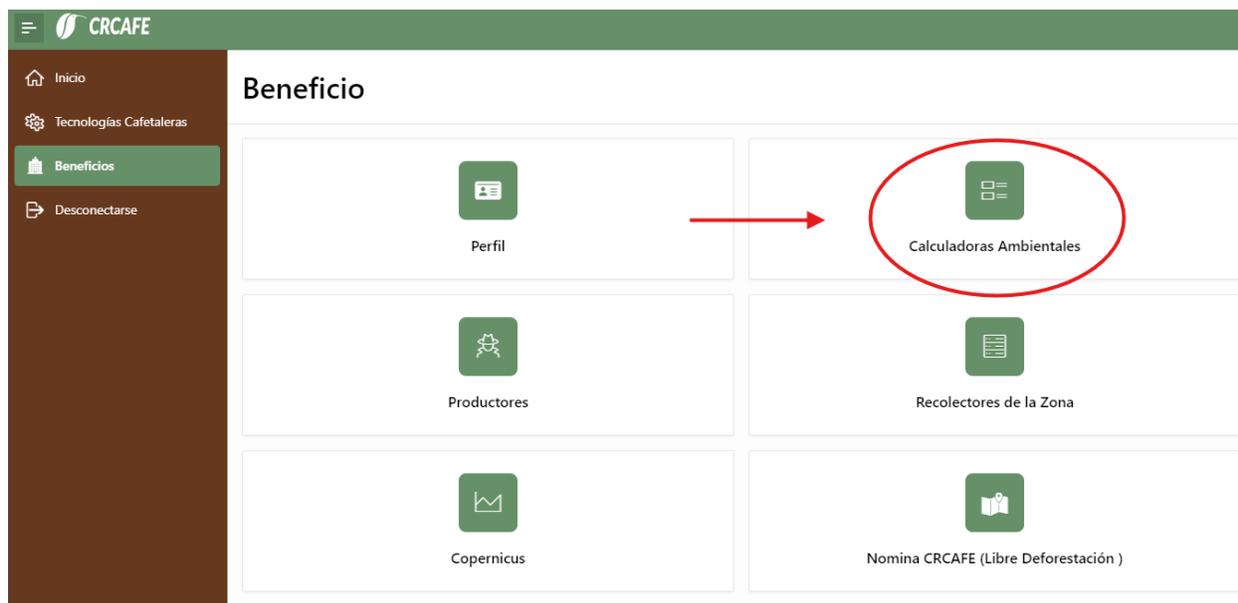
**Figura. 8 Sección para Beneficios**



Fuente: Elaboración propia

En este aparato, se debe de selecciona calculadoras ambientales.

**Figura. 9 Calculadora Ambienta**



Fuente: Elaboración propia

En este punto se debe de selecciona ACV: Calculadora de huellas ambientales, para poder ingresar los datos especificados anteriormente.

**Figura. 10 Herramienta ACV. Calculadora de Huellas Ambientales**



Fuente: Elaboración propia

### Paso 3

Una vez dentro del portal de la calculadora de ACV, se debe de seleccionar un registro nuevo, para poder iniciar a calcular los datos del ACV para la especie de café escogida.

**Figura. 11 Registro de nuevo Calculo**



The screenshot shows the CR-CAFE portal interface. The header includes the CR-CAFE logo and a user connection status 'usuario conectado: 402230658'. The left sidebar contains navigation options: 'Inicio', 'Tecnologías Cafetaleras', 'Beneficios', and 'Desconectarse'. The main content area is titled 'Reporte de ACV: Calculadora de Huellas Ambientales'. It features a search bar with a magnifying glass icon, a 'Go' button, and an 'Actions' dropdown menu. Below the search bar is a table with the following data:

Código Cadiz	Beneficio	Estado de Envío	Fecha Registro	Usuario Registro	Listo
99	INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA	Enfoque	28-JUN-23	402230658	Calculo Listo

A red arrow points to a '+ Registro Nuevo' button located in the top right corner of the table area. The page number '1 - 1' is visible in the bottom right corner.

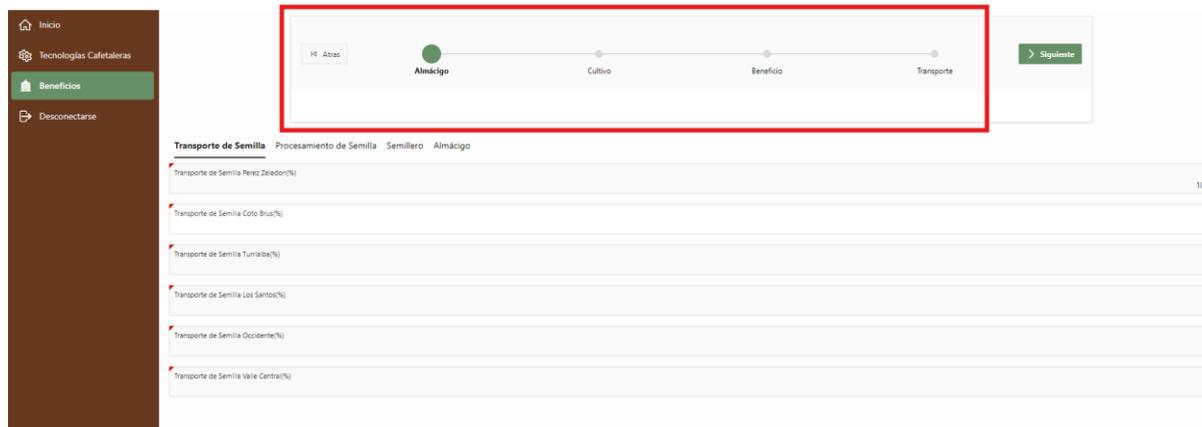
Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFE

Para este caso concreto, la especie seleccionada es Obatá Rojo y los datos que se van a utilizar para ser ingresados en la herramienta fueron suministrados por el ICAFE.

### Paso 4

Una vez dentro del portal de un nuevo registro, podemos ver en la parte superior de la pantalla, las diferentes etapas del proceso del café en las cuales se requiere ir introduciendo los valores específicos para cada una de estas etapas.

**Figura. 12 Sección transporte de semilla**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFE

En el portal también se puede ir eligiendo y completando paso a paso cada uno de los valores de que componen los procesos del café.

## Paso 5

En esta sección del portal, se van a ir desglosando cada uno de los datos previamente recolectados relacionados al Transporte de semilla, Procesamiento de semilla, Semillero y Almacigo.

En la primera sección de Transporte de Semilla se deben de presentar los datos de dónde vienen las semillas que se van a utilizar para el ACV, estos datos se deben de presentar en porcentaje.

Por ejemplo, para el caso específico del estudio de AVC del Obata Rojo, las semillas provienen un 24% de Coto Brus, 6% de la Zona de los Santos, 38% del Valle Central y un 32% de Occidente. Esto correspondiente a lo declarado en Cosecha 2021-2022 del Sistema SISBENE del CAFE de la partida "Semilla"

**Figura. 13 Datos de transporte de Semilla**

Transporte de Semilla	Procesamiento de Semilla	Semillero	Almácigo
Transporte de Semilla Perez Zeledón(%)			0
Transporte de Semilla Coto Brus(%)			24
Transporte de Semilla Turrialba(%)			0
Transporte de Semilla Los Santos(%)			6
Transporte de Semilla Occidente(%)			38
Transporte de Semilla Valle Central(%)			32

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

En la sección de procesamiento de la semilla, de la misma forma se deben de ir desglosando y colocando cada uno de los valores que están relacionados a este proceso. Estos datos pueden ser solicitados al ICAFE en caso de que no se tengan registro o inventarios al respecto.

Para este caso concreto de estudio se utilizó la información del ICAFE proporcionada en el documento Informe de ACV para venta de Semilla de Café del ICAFE (Cosecha 2021-2022).

**Figura. 14 Datos del procesamiento de Semilla**

Transporte de Semilla **Procesamiento de Semilla** Semillero Almacigo

Despulpado y Remoción de Mucilago\* (Solicitar Datos a Icafe)

**Datos Generales**

Despulpado Producción Anual(kg semilla/año)	54744.5
---------------------------------------------	---------

**Entradas (unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Agua del proceso (L)	873
Cantidad de Funcionario por mes(funcionarios)	2
Agua potable domestica(L)	22.65
Electricidad(KWh)	22.86
Transporte Pulpa Residual(km)	0

**Salidas (unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Residuo Pulpa a Composteo (kg)	1816.97
Tratamiento de Aguas Residuales(L)	873.94
Aguas negras y grises de mano de obra	22.6

**Secado de Semilla (unidad funcional cantidad total de semilla secada en 1 año)**

**Generales**

Producción Anual(kg)	54744.5
----------------------	---------

**Entradas(unidad funcional 1 tonelada de café pergamino)**

Lena (m3)	3243.4
Transporte de Lena(km)	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

**Figura. 15 Sección empacada de semilla**

Empacado de Semilla (unidad funcional cantidad total de semilla secada en 1 año)

Generales	
Producción Anual (kg)	8727.6
Entradas(unidad funcional 1 tonelada de semilla)	
Saco Yute(unidades)	0
Saco Polipropileno(unidades)	1
Bolsas Plasticas(unidades)	0
Electricidad(kWh)	18.96
Tratamiento de Insectos(número de pastillas de DETIA GAS)	9

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

En la sección correspondiente al semillero, si no se cuenta con datos propios desarrollados para la variedad de semilla escogida, se pueden solicitar datos al ICAFE para incorporar en esta sección.

**Figura. 16 Sección de Semillero**

Transporte de Semilla   Procesamiento de Semilla   **Semillero**   Almácigo

Generales \* (Solicitar Datos a Icafe)

Semillero Producción Anual(kg)	6325
Entradas(unidad funcional 1 kg de semilla)	
Suelo(m2)	0.009
Agua(L)	2.18
Semillero Rizolex(g)	0
Semillero Furadan(g)	0
Semillero Daconil(g)	0
Semillero Transporte(km)	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Los datos incorporados en esta sección son representativos para este estudio de ACV de la semilla Obatá específicamente, pero también pueden ser utilizados como referencia para otros estudios que se quieran desarrollar.

Para el último punto de la sección de Almacigo, se debe de presentar la información por planta para cada uno de los suministros utilizados en este proceso.

**Figura. 17 Sección de Almacigo**

Transporte de Semilla   Procesamiento de Semilla   Semillero   **Almacigo** ←

**Almacigo Generales (unidad funcional plantas de almacigo en 1 año)**

Almacigo Producción Anual(plantas) 2053

**Filtros**

Fertilizante N(g)  
  Fertilizante P(g)  
  Fertilizante K(g)  
  Boron(g)  
  Benomy(g)  
  Imberix Eter(g)  
  Bravonil(g)

Furan(g)  
  Antracol(g)  
  Daconil(g)  
  Vydate(g)  
  Ferbam(g)  
  Amistar(g)

Foagrimicil(g)  
  Risolex(g)  
  Metalosato Multimineral(g)  
  Metalosato Zinc(g)  
  Oscomote Amonio(g)  
  Metalosato Magnesio(g)

**Almacigo Entradas (unidad funcional 1 plantas de almacigo)**

Compost(g)	481.16
Granza de Arroz(g)	544.71
Bolsa PE(g)	0.0045
Baylon Forte(g)	1
Bravonil(g)	1
Furan(g)	1
Metalosato Multimineral(g)	0.0018
Metalosato Zinc(g)	0.0018
Ferbam(g)	0.0018
Risolex(g)	1

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

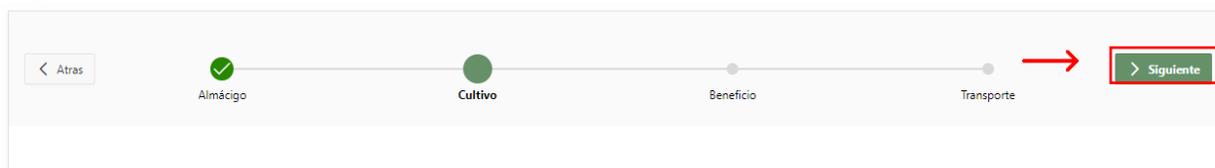
Se deben de seleccionar en el apartado de filtros cada uno de los insumos que se utilizaron para el almacigo, esto con la intención que en la parte de abajo de la herramienta se puedan colocar la cantidad específica para cada uno de estos insumos por planta de almacigo.

En este caso de estudio, se realizaron entrevistas al personal encargado del almacigo para poder construir la información de insumos utilizados por planta. Esta información corresponde al almacigo de Obatá rojo, pero su información puede ser utilizada de base para replicar el estudio en otras variedades de semillas.

## Paso 6

Una vez completada la sección de almacigo se debe dar clic en el botón de siguiente, para que se habiliten los espacios correspondientes a la sección de Cultivo.

**Figura. 18 Sección de Cultivo**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

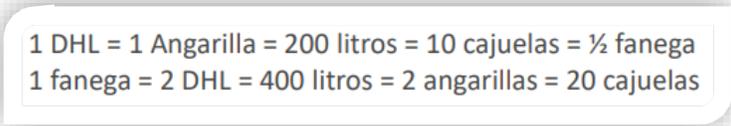
En esta sección, se debe ingresar toda la información correspondiente a los insumos utilizados en esta etapa del proceso. Es importante recordar que solo deben registrarse los datos de los insumos empleados en la variedad de semilla seleccionada para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Por ejemplo, al realizar el ACV para la variedad Obata rojo, si en el campo de cultivo también se encuentran otras variedades de café, los datos a ingresar en la herramienta de la calculadora deben corresponder únicamente a la variedad Obata rojo. Los datos de rendimiento pueden utilizarse para calcular la proporción de insumos totales de la finca que se asigna a la variedad escogida.

Los datos para la variedad Obatá fueron proporcionados por el ICAFE y se obtuvieron a partir de un ensayo multilocal en La finca la Palmira ubicada en Pérez Zeledón, situado a 800 msnm, que incluye varios cultivares, entre ellos Obatá. El ensayo cuenta con un total de 507 plantas sembradas a una distancia de 2,30 x 0,90 m, lo que corresponde a un área total de 1050 m<sup>2</sup>. De estas plantas,

82 corresponden a la variedad Obatá, ocupando un área de 170 m<sup>2</sup>. Se han obtenido resultados de producción y rendimiento de dos cosechas hasta el momento en que se realizó este estudio.

Es importante que se recolecten datos como los presentados anteriormente para poder replicar este estudio. Los datos de rendimientos van a ser muy importantes para poder traducir los números que se tienen de café fruta recolectado a la unidad funcional de una tonelada de café verde.

**Figura. 19 Conversión de datos**



1 DHL = 1 Angarilla = 200 litros = 10 cajuelas = ½ fanega  
1 fanega = 2 DHL = 400 litros = 2 angarillas = 20 cajuelas

Fuente: Informe quincenal de Fruta ICAFE

Una vez realizada la conversión de los números de café fruta a café verde se puede iniciar a llenar los datos de producción y superficie cultivada.

**Figura. 20 Datos de cultivo**

Datos Generales(unidad funcional producción total de café verde en 1 año)

Producción Anual(ton)	.033
Superficie Cultivada(ha)	.017

Filtros

Fertilizante N       Fertilizante P       Fertilizante K       Nutran       Atemi       Cyprosol

Round Up       Magnesio       Boro       Tierra de Diatomeas       Carbonato de Calcio       Caldolomita

Entradas(unidad funcional 1 ton de café verde)

Cultivo Suelo(ha)	0.158
Semilla(kg)	0.9
Almacigo(plantas)	729.15
Fertilizante N(kg)	181.58
Fertilizante P(kg)	19.15
Fertilizante K(kg)	66.11
Urea(kg)	0
Urea Nitrato(kg)	0
Nitrato Amonio(kg)	0
Fosfato Monoamonio(kg)	0
Fosfato Diamonio(kg)	0
Sulfato Amonio(kg)	0
Nitrato Calcio(kg)	0
Atemi(kg)	2.25

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Además de esto, en los filtros de la herramienta se debe de escoger los diferentes insumos que se agregaron al café en la etapa del cultivo. Estos números totales se deben de presentar por la unidad funcional de producción total de café verde anua.

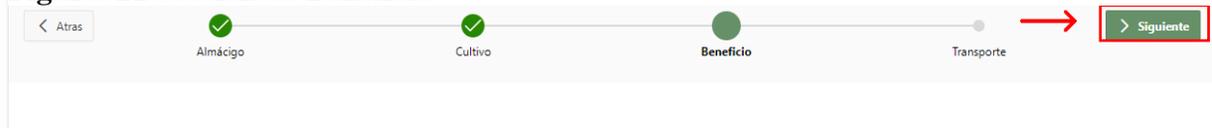
Estos datos se generaron para este estudio del ACV de la semilla Obata roja y se generaron para las condiciones específicas desde una finca de estudios del ICAFE.

## Paso 7

Una vez completada toda la información correspondiente al cultivo, nuevamente se debe de presionar el botón siguiente para que la herramienta se desplace a la sección de Beneficio.

Para esta sección es de suma importancia poder recabar los datos de proceso que están relacionados con el beneficiado de la semilla de estudio. Todos estos datos se deben de presentar en la unidad funcional de total de café verde procesado en un año.

**Figura. 21 Sección de Beneficio**



Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

**Figura. 22 Despulpado y remoción de mucilago**

Despulpado y Remoción de Mucilago		Secado	Empacado
Generales (unidad funcional total de café verde procesada en 1 año)			
Despulpado Beneficio producción Anual (kg)			32.95
Entradas y Salidas (unidad funcional 1 ton café verde)			
Agua(L)			1075.31
Funcionario x Mes(funcionarios)			2
Agua Potable(L)			27.25
Electricidad(KWh)			28.096
Pulpa Residual(km)			0
Residuos de Pulpa(kg)			2233.54
Tratamiento de Agua(L)			1075.31
Aguas negras y grises(L)			27.25

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ

Una vez completados los datos del despulpado y la remoción de mucílago, se debe seleccionar la pestaña de secado para incluir todos los datos de insumos utilizados en este proceso. En caso de que el proceso no se realice de manera mecánica y se utilice únicamente el secado al sol, se debe ingresar cero en el campo correspondiente a leña.

Actualmente, la herramienta de la calculadora del CR-CAFE solo permite registrar la cantidad de leña utilizada en el proceso de secado. Si se emplea algún otro tipo de combustible, como gas u otro, estos no se consideran en esta sección, y se debe ingresar cero en el campo correspondiente.

### Figura. 23 Sección de secado

Despulpado y Remoción de Mucílago		Secado	Empacado
<b>Generales(unidad funcional total de café verde secada en 1 año)</b>			
Secado Beneficio Producción Anual(kg)		32.94	
<b>Entradas(unidad funcional 1 ton café verde)</b>			
Leña(m3)		3987.02	
Transporte Leña(km)		2	

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Finalmente, esta sección finaliza con los datos correspondientes al empacado del café verde, en caso de que no se utilice electricidad en este proceso, los datos quedan en cero, como se muestra en el ejemplo del café verde de la semilla Obata rojo.

**Figura. 24 Sección de Empacado**

Despulpado y Remoción de Mucilago   Secado   **Empacado**

Generales (unidad funcional total de café verde empacada en 1 año)

Producción Anual(kg)	32.94
----------------------	-------

Entradas(unidad funcional 1 ton café verde)

Saco Yute(unidades)	0
Saco Polipropileno(unidades)	1
Bolsas Plásticas(unidades)	0
Electricidad(kWh)	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

## Paso 8

Como último paso para el cálculo del ACV, la herramienta solicita los datos de transporte. Una vez finalizada la sección de Beneficio, nuevamente se selecciona el botón siguiente y la herramienta habilita la información correspondiente al transporte del café verde.

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales

**Figura. 25 Sección de transporte**

< Atras

Almácigo

Cultivo

Beneficio

Transporte

**Siguiente**

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ

Para este ejemplo en específico no se contempló la información relacionada a transporte, debido a que el café que se produce en el ICAFE, no se exporta y se usa únicamente para consumo interno del país.

De no ser así, en esta sección se debe de agregar que proporción de la producción del café se dirige a cada uno de los diferentes puertos, la distancia que se recorre y si se incurre en algún

gasto de electricidad o combustible para el almacenamiento o para mover el producto dentro de la embarcación correspondiente.

**Figura. 26 Datos de transporte**

Entradas(unidad funcional % de 1 ton de café verde que se envía cada puerto)		
Puerto Limón(%)	0	Distancia a Limón(km)
Puerto Caldera(%)	0	Distancia Caldera(km)
Aeropuerto Internacional Santamaría(%)	0	Distancia Aeropuerto(km)
Combustible usado para almacenamiento(L)		
Consumo de electricidad por almacenamiento(kWh)		
Consumo de combustible para la carga de café a la embarcación(L)		

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

## Resultados

Una vez llenados todos los datos de las diferentes etapas se debe de presionar el botón siguiente, para que se generen los resultados del ACV.

**Figura. 27 Último paso de la herramienta**

The image shows a horizontal progress bar with five steps: Almácigo, Cultivo, Beneficio, Transporte, and Siguiete. The first three steps have green checkmarks above them, indicating they are completed. The 'Transporte' step has a grey circle above it, indicating it is the current step. The 'Siguiete' step is a green button with white text, indicating it is the next step to click.

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Normalmente este cálculo dura unos minutos en ejecutarse, pero existes ocasiones en que la herramienta puede llegar a durar hasta unas 5 horas en dar los resultados. Por esta razón se recomienda que, si se necesita los datos para toma de decisiones, estos se realizan en un espacio de tiempo apropiado para poder generar los resultados.

Los resultados finales se presentan de la siguiente forma.

### Figura. 28 Resultados

Detalle Datos

Categoría	Unidad	Total	Cultivo	Beneficio	Usuario Registro	Fecha de Registro	Distribución
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11 eq	.0000002180189260927858	.00000014988989631199444	.00000006812902978079136	402230658	08/09/2024	0
Cambio climático	kg CO2 eq	2.7898971182414147	1.5434675104158226	1.2464296078235923	402230658	08/09/2024	0
Ecotoxicidad en agua dulce	PAF.m3 day	40973.21537119655	27297.704042528072	13675.511328666483	402230658	08/09/2024	0
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	.1821639865045197	.11053115020444485	.07163283630007507	402230658	08/09/2024	0
Escasez de agua dulce	m3 H2O-eq	.020765083889281756	.016428803370250922	.004336280519030835	402230658	08/09/2024	0
Eutrofización en agua dulce	kg P eq	.00050978079797346	.00022364822897598943	.00028614085082135656	402230658	08/09/2024	0
Eutrofización marina	kg N eq	.0001193733421041313	.0000914210948285305	.000027952247275800792	402230658	08/09/2024	0
Formación de material particulado	kg PM2.5 eq	.033230238774164735	.0012167320772305944	.03201350669693414	402230658	08/09/2024	0
Uso de suelo	kg C deficit	54.618023211948236	17.092207419726186	37.52581579222305	402230658	08/09/2024	0

Fuente: Elaboración propia mediante el uso de la ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Como se puede observar en la imagen la Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ presenta cada una de las categorías de impacto ambiental que están relacionadas con el proceso del café, estas categorías están conformadas por:

- Agotamiento de la capa de ozono
- Cambio climático
- Ecotoxicidad en agua dulce
- Ecotoxicidad marina
- Escasez de agua dulce
- Eutrofización en agua dulce
- Eutrofización marina
- Formación de material particulado
- Uso de suelo

Cada una de estas categorías presenta un valor total de impacto y a su vez los datos se dividen en los procesos más importantes del café verde, cultivo, Beneficio y distribución.

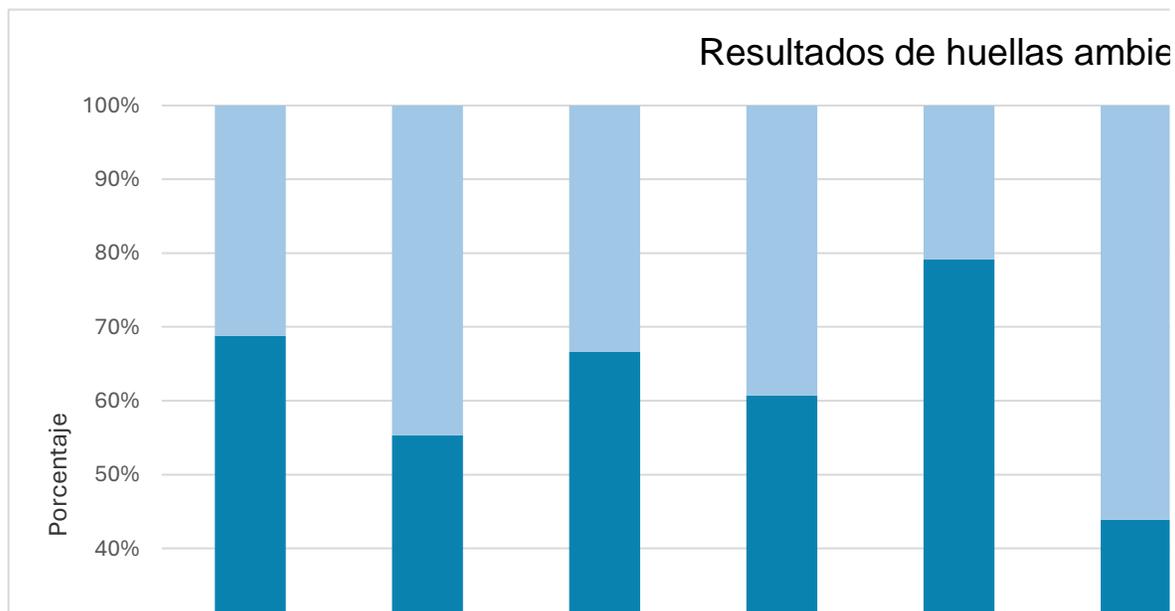
Con estos datos se obtiene el nivel de impacto que tienen el cultivo del café verde a cada una de las diferentes categorías de impacto ambiental.

Estos resultados se pueden tabular por medio de Excel y presentarse en formato de porcentaje, esto para saber cuál de los procesos es el que representa mayor impacto en las diferentes categorías de impacto ambiental.

**Cuadro. 10 Resultados del ACV**

<b>Categoría</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Cultivo (%)</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Beneficio (%)</b>	<b>Total</b>
<b>Agotamiento de la capa de ozono</b>	kg CFC-11 eq	0.00	69%	0.00	31%	0.00
<b>Cambio climático</b>	kg CO2 eq	1.54	55%	1.25	45%	2.79
<b>Ecotoxicidad en agua dulce</b>	PAF.m3.day	27297.70	67%	13675.51	33%	40973.22
<b>Ecotoxicidad marina</b>	kg 1,4-DCB	0.11	61%	0.07	39%	0.18
<b>Escasez de agua dulce</b>	m3 H2O-eq	0.02	79%	0.00	21%	0.02
<b>Eutrofización en agua dulce</b>	kg P eq	0.00	44%	0.00	56%	0.00
<b>Eutrofización marina</b>	kg N eq	0.00	77%	0.00	23%	0.00
<b>Formación de material particulado</b>	kg PM2.5 eq	0.00	4%	0.03	96%	0.03
<b>Uso de suelo</b>	kg C deficit	17.09	31%	37.53	69%	54.62

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la herramienta ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

**Figura. 29 Resultados del ACV**

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados de resultados de herramienta ACV: Calculadora de huellas ambientales CR-CAFÉ.

Con base en los datos que presentas, se pueden hacer algunas observaciones clave para el ACV del café, en particular de la semilla Obatá, respecto a las diferentes categorías de impacto:

- Agotamiento de la capa de ozono: El impacto es casi inexistente, pero un 69% proviene de la fase de cultivo y un 31% del Beneficio.
- Cambio climático (kg CO<sub>2</sub> eq): El impacto total es de 2,79 kg CO<sub>2</sub> eq, con la mayor contribución del cultivo (55%) frente al Beneficio (45%). Esto sugiere que el cultivo es una fase crucial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ecotoxicidad en agua dulce: El impacto en esta categoría es elevado, con 40973,22 PAF.m3.day. El cultivo contribuye en mayor medida (67%), lo que resalta la importancia de mejorar prácticas agrícolas para reducir la contaminación en cuerpos de agua dulce.
- Ecotoxicidad marina: Aunque el impacto es bajo (0.18 kg 1,4-DCB), el cultivo tiene una mayor participación (61%).

- Escasez de agua dulce: El uso de agua es limitado, con un total de 0.02 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O-eq, pero es significativamente mayor en la fase de cultivo (79%).
- Eutrofización en agua dulce: A pesar de ser un valor pequeño, el Beneficio tiene un mayor impacto (56%) en la eutrofización que el cultivo (44%).
- Eutrofización marina: El impacto es mínimo, con mayor contribución del cultivo (77%).
- Formación de material particulado: Aunque el impacto total es bajo (0,03 kg PM<sub>2.5</sub> eq), la fase de beneficio es la que más contribuye a este impacto (96%).
- Uso de suelo: El impacto total en esta categoría es 54,62 kg C deficit, con la fase de Beneficio contribuyendo en mayor medida (69%).

Según estos datos del café de la variedad Obatá, los principales impactos ambientales se concentran en las fases de cultivo y Beneficio, siendo el cambio climático (2,79 kg CO<sub>2</sub> eq), la ecotoxicidad en agua dulce (40973,22 PAF.m<sup>3</sup>.day), y el uso del suelo (54,62 kg C deficit) las categorías más afectadas. Al comparar estos resultados con estudios previos, como el de Humbert et al. (2009), que encontró impactos similares en cambio climático (entre 2 y 3 kg CO<sub>2</sub> eq por kg de café verde), es evidente que la fase de cultivo sigue siendo una de las más críticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de fertilizantes y manejo del suelo.

En cuanto a la ecotoxicidad en agua dulce, estudios como el de Noponen et al. (2013) señalan impactos altos asociados con la escorrentía de pesticidas y fertilizantes, lo que coincide con el 67% de contribución del cultivo en este análisis.

Finalmente, el uso de suelo es comparable con los hallazgos de Killian et al. (2013), quienes también destacaron la importancia de mejorar la eficiencia en la gestión de la tierra en la fase de Beneficiado para reducir este impacto.

Estas cifras te permiten identificar las áreas clave donde se pueden tomar medidas de mitigación en el ciclo de vida del café, destacando la fase de cultivo para la mejora en la mayoría de las categorías, especialmente en lo que respecta a emisiones de CO<sub>2</sub>, ecotoxicidad y escasez de agua dulce.