

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.,
Santa Bárbara, Suchitepéquez.**

Por:

Juan Carlos Osorio Rosales

Carné: 201744730

Mazatenango, Suchitepéquez, agosto de 2022

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.,
Santa Bárbara, Suchitepéquez.**

Por:

Juan Carlos Osorio Rosales

Carné: 201744730

Asesor

Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a conferirse el título de que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental Local en el grado académico de licenciado.

Mazatenango, Suchitepéquez, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE PROFESORES CUNSUROC

M.Sc. Edgar Roberto Del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

AUTORIDADES DE COORDINACIÓN ACADÉMICA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Coordinador Académico

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,

Abogacía y Notariado

Lic. Sergio Román Espinoza Antón

Coordinador de Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

CARERAS PLAN FIN DE SEMANA

Coordinador de las carreras de pedagogía

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos

Coordinador Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam

Viernes, 22 de julio de 2022

Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de Graduación titulado: *“Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A, Santa Bárbara, Suchitepéquez”*

Esperando que el trabajo de graduación merezca su aprobación, me suscribo de ustedes,

Atentamente,



Juan Carlos Osorio Rosales
Carne: 201744730

Acto que dedico

A mi madre:

Gloria Nineth Rosales Argüelles, por preguntarme cada fin de semana cuando me iba a graduar, por su esfuerzo, su amor inmenso e incondicional que me permitieron terminar esta etapa en mi vida.

A mi padre:

Juan Carlos Osorio Flores, por sus largos y variados sermones que gracias a ellos me enseñaron sus buenos valores, por su amor y apoyo incondicional me motivaron siempre a ser una mejor persona.

A mi hermano:

Juan Alejandro Osorio, que me mostró que las cosas no son tan complicadas como yo creía, y como buen hermano mayor me enseñó todas sus buenas y malas experiencias que me facilitaron tanto la vida. Gracias por tu amor y apoyo.

A mi hermana:

Giselle Osorio, que me demostró que con mucho esfuerzo y constancia se puede llegar muy lejos, siendo una de mis principales motivaciones académicas.

A mis amigos de la infancia:

Jose Carlos Soberanis y Sebastián Ariel Sánchez, por la amistad, el cariño, los sueños, y las metas que seguimos compartiendo cada fin de semana en el parquecito, mil gracias por todo.

A mis amigos de la universidad:

María José Pérez, Jean Carlo Esaú Monzón, Joan Manoel Quezada, por el excelente trabajo en equipo que nos permitió estar donde estamos, la amistad y el apoyo durante todo este proceso académico.

A mis compañeros de prácticas:

Domingo Ambrosio Gramajo y Marcos Emanuel Ordoñez que compartimos la misma meta y la misma ambición durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-.

Agradecimientos

A mi casa de estudios:

Centro Universitario de Suroccidente, Universidad de San Carlos de Guatemala por su apoyo y brindarme la oportunidad de convertirme en un profesional excepcional.

A mis catedráticos:

A mis catedráticos que me compartieron su valiosa experiencia y sus conocimientos para mi formación académica.

A mi supervisora-asesora:

Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume por lo regaños, los buenos consejos y su excelente y admirable trabajo desempeñado como profesora, supervisora y asesora, que me ayudaron enormemente en todo mi proceso de formación personal y profesional.

A Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.:

Al equipo de Agropecuaria Atitlán S.A. por brindarme la oportunidad, la confianza y el tiempo de practica en el que pude desarrollarme profesionalmente, expandir mis conocimientos y habilidades. Gracias al buen personal de la empresa, el cual también mantuvo ameno el ambiente laboral característico de esta empresa.

Índice general

Contenido	Página No.
Acrónimos y Siglas.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
III. Revisión de literatura.....	4
3.1. Marco contextual.....	4
3.1.1. Información general de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.....	4
3.1.2. Vías de acceso.....	4
3.1.3. Tipo de institución.....	6
3.1.4. Tipos de productos que distribuye.....	6
3.1.5. Estudio de línea base de huella de carbono de 2016.....	6
3.2. Marco teórico.....	8
3.2.1. Huella de carbono.....	8
3.2.2. Gases de efecto invernadero (GEI).....	8
a. GEI directos.....	8
b. GEI indirectos.....	9
3.2.3. Efecto invernadero.....	9
3.2.4. Protocolo de Kioto.....	9
3.2.5. Potencial de calentamiento global.....	10
3.2.6. Emisiones indirectas.....	11
3.2.7. Emisiones directas.....	11

a.	Emisiones móviles	11
b.	Emisiones estacionarias	11
c.	Emisiones fugitivas	11
3.2.8.	Factor de emisión.....	12
3.2.9.	Factores de emisión para la eliminación de aguas domésticas	12
3.2.10.	Factor de emisión para aguas industriales.....	14
3.2.11.	Emisiones directas de dióxido de nitrógeno de suelos gestionados	16
3.2.12.	Mecanismos de desarrollo limpio	17
3.2.13.	Panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC)	18
3.2.14.	Organización internacional de la normalización (ISO).....	18
3.2.15.	Familia ISO 14060.....	19
a.	ISO 14064 – 1	19
•	Principios	19
•	Límites de la organización	20
3.2.16.	Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol)	20
IV.	Materiales y métodos.....	22
4.1.	Materiales	22
4.2.	Metodología	22
4.2.1.	Periodo de reporte de las emisiones de carbono	22
4.2.2.	Límites del inventario GEI	23
a.	Límites de la organización	23
b.	Límites del informe/operativos	23
4.2.3.	Identificación de emisiones	24
a.	Alcance I/ Emisiones y remociones directas de GEIs	24
b.	Alcance II/ Emisiones Indirectas de GEIs por energía	25

c.	Alcance III/ otras emisiones de GEIs	25
4.2.4.	Forma gráfica de los límites operaciones.....	25
4.2.5.	Gestión de la información.....	26
4.2.6.	Cuantificación de emisiones.....	26
4.2.7.	Metodología para el cálculo de remociones de emisiones GEI.....	28
4.2.8.	Herramientas de cálculo.....	29
V.	Resultados y discusión.....	30
5.1.	Límites de la organización	30
5.2.	Delimitación del área de estudio bajo el concepto de control de operaciones	30
5.3.	Cálculo de la huella de carbono en el periodo de 2020	31
5.3.1.	Emisiones directas – Alcance I	31
a.	Combustión móvil	32
b.	Combustión estacionaria/fija	33
c.	Emisiones fugitivas	34
5.3.2.	Emisiones indirectas – Alcance II.....	38
5.3.3.	Otras emisiones indirectas – Alcance III	38
5.3.4.	Resumen de emisiones del periodo 2020	40
5.3.5.	Captación de emisiones de CO ₂	42
5.4.	Balance de emisiones	43
5.5.	Comparación del periodo 2016 y 2020	45
VI.	Conclusiones	50
VII.	Recomendaciones.....	51
VIII.	Referencias	52
IX.	Anexos.....	55

Índice de cuadros

Cuadro No.	Página No.
Cuadro 1. Inventario de emisiones de Finca Panamá 2016	7
Cuadro 2. Potencial de calentamiento global de los GEI.....	10
Cuadro 3. Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas ..	13
Cuadro 4. Valores de DBO ₅ estimados para las aguas residuales domésticas...	14
Cuadro 5. Valores de MCF por defecto para las aguas industriales.....	15
Cuadro 6. Factores de emisión para suelos gestionados.....	17
Cuadro 7. Presupuesto para el desarrollo de la investigación.....	22
Cuadro 8. Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064 - 1:2006	24
Cuadro 9. Emisiones móviles	32
Cuadro 10. Emisiones estacionarias	33
Cuadro 11. Emisiones directas de N ₂ O de cultivos	35
Cuadro 12. Emisiones fugitivas	37
Cuadro 13. Emisiones por energía eléctrica.....	38
Cuadro 14. Emisiones por servicios subcontratados.....	39
Cuadro 15. Resumen de emisiones de alcance I, II y III	40
Cuadro 16. Resumen de emisiones por biomasa.....	41
Cuadro 17. Factores de emisión.....	41
Cuadro 18. Captaciones de CO ₂ (tCO ₂)	42
Cuadro 19. Balance de emisiones GEI.....	43

Índice de figuras

Figura No.	Página No.
1. Mapa de localización de Finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez	5
2. Límites operacionales de Finca Panamá,.....	25
3. Alcance operacional - Finca Panamá 2020	30
4. Emisiones directas - Alcance I (tCO _{2e})	31
5. Focos emisiones móviles (tCO _{2e})	33
6. Focos de emisiones estacionarias (tCO _{2e})	34
7. Focos de emisiones directas por la gestión de suelos (tCO _{2e})	36
8. Focos de emisiones fugitivas (tCO _{2e})	37
9. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes)	38
10. Emisiones otras emisiones indirectas (tCO _{2e})	39
11. Focos de captaciones de emisiones de CO ₂	42
12. Emisiones GEI (tCO _{2e}).....	43
13. Remociones de GEI (tCO _{2e})	44
14. Comparativo de emisión y captación.....	44
15. Comparación de emisiones estacionarias 2016 - 2020 (tCO _{2e}).....	45
16. Comparación de emisiones móviles 2016 - 2020 (tCO _{2e}).....	46
17. Comparación de emisiones fugitivas 2016 - 2020 (tCO _{2e}).....	48
18. Comparación de emisiones terciarias 2016 - 2020 (tCO _{2e})	49

Acrónimos y Siglas

- AGRATISA:** Agropecuaria Atitlán Sociedad Anónima
- CH₄:** Metano
- CO₂:** Dióxido de carbono
- CO_{2e}:** Dióxido de carbono equivalente
- DBO:** Demanda biológica de oxígeno
- DQO:** Demanda química de oxígeno
- gal:** Galones
- GEI:** Gases de efecto invernadero
- ha:** Hectárea
- hab:** habitantes
- HC:** Huella de carbono
- HFC:** Hidrofluorocarbonos
- IPCC:** Panel intergubernamental sobre el cambio climático.
- KWh:** Kilovatio hora
- lb:** libras
- MCF:** Del inglés, Methane Correction Factor, factor de corrección del metano
- MDL:** Mecanismos de desarrollo más limpio
- MWh:** Megavatio hora
- N₂O:** Óxido nitroso
- PCG:** Potencial de calentamiento global
- PFC:** Perfluorocarbonos
- PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales
- qq:** Quintales
- SF₆:** Hexafluoruro de azufre
- tCO₂:** Toneladas de dióxido de carbono.
- tCO_{2e}:** Toneladas de dióxido de carbono equivalente.
- tm:** Toneladas métricas
- TOW:** Del inglés, Total Organic Waste, residuos orgánicos totales
- u:** Unidad

Resumen

Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. está ubicada en la jurisdicción del municipio de Santa Bárbara, departamento de Suchitepéquez. Se encuentra a 132 kilómetros de ciudad capital, colinda al norte con finca Los Andes, al sur con colonia El Esfuerzo, al este con finca Los Andes, Santa Adelaida, San Agustín y la Ermita y al oeste con finca San Francisco Miramar. La finca cuenta con una extensión territorial de 1553.61 hectáreas, en donde, como empresa cultiva, procesa y distribuye los siguientes productos: aguacate hass (*Persea americana*), café (*Coffea arabica*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), bambú (*Bambusoideae*), miel de abeja (*Apis mellifera*), hule natural (*Hevea brasiliensis*), pimienta gorda (*Pimenta dioica*), quina (*Cinchona officinalis*), mangostán (*Garcinia mangostana*) y limón (*Citrus latifolia*).

La investigación tuvo como objetivo calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el año de 2020, de las operaciones de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A., con el fin de continuar con la trazabilidad de la producción de sus emisiones de GEI y conocer el impacto que se genera por las actividades desarrolladas en dicha empresa.

El área de estudio se delimitó bajo el concepto de control de operaciones que considera todas las emisiones y/o remociones GEI en las instalaciones sobre las cuales tiene el control de las operaciones y control financiero. Los límites operativos se separaron en las siguientes categorías: emisiones directas o alcance I, emisiones secundarias o alcance II y emisiones terciarias o alcance III.

El cálculo de emisiones se basó en los consumos históricos, para lo cual se recopiló información detallada de consumo de energético, recibos, registro de aplicaciones de fertilizantes, consumo de combustibles (gasolina y diésel) y mantenimiento.

Las emisiones primarias representan el mayor foco de producción de GEI generando 7878.37 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}) representando el 99.70% del inventario, mientras que las terciarias emiten 22.98 toneladas de CO_{2e} equivalente al 0.30% de las emisiones totales del inventario. Como parte de las medidas de mitigación se realizó el recuento de captaciones de GEI donde se consideraron las reservas naturales y los cultivos como sumideros de carbono, con una fijación total de 19375.85 toneladas de CO_{2e}.

El balance de emisiones de GEI indica que las captaciones de CO₂ son mayores a las emisiones, con un diferencial de 10.958.45 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂). Por consiguiente, la finca se cataloga como carbono neutral; y en comparación con el periodo de 2016 al 2020 hubo una reducción del 33.59%, equivalente a 3996.45 toneladas de CO_{2e}.

Abstract

Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. It is located in the jurisdiction of the municipality of Santa Bárbara, department of Suchitepéquez. It is located 132 kilometers from the capital city, bordered to the north by Los Andes farm, to the south by El Esfuerzo neighborhood, to the east by Los Andes, Santa Adelaida, San Agustín and La Ermita farms, and to the west by San Francisco Miramar farm. The farm has a territorial extension of 1553.61 hectares, where, as a company, it cultivates, processes and distributes the following products: Hass avocado (*Persea americana*), coffee (*Coffea arabica*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), bamboo (*Bambusoideae*), honey (*Apis mellifera*), natural rubber (*Hevea brasiliensis*), allspice (*Pimenta dioica*), cinchona (*Cinchona officinalis*), mangosteen (*Garcinia mangostana*) and lemon (*Citrus latifolia*).

The aim of the investigation was to calculate the greenhouse gas (GHG) emissions in the year 2020, of the operations of Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán SA, in order to continue with the traceability of the production of its GHG emissions and know the impact generated by the activities carried out in said company.

The study area was delimited under the concept of control of operations that considers all GHG emissions and/or removals in the facilities over which it has control of operations and financial control. The operating limits were separated into the following categories: direct emissions or scope I, secondary emissions or scope II, and tertiary emissions or scope III.

The calculation of emissions was based on historical consumption, for which detailed information on energy consumption, receipts, registration of fertilizer applications, fuel consumption (gasoline and diesel) and maintenance was collected.

Primary emissions represent the largest source of GHG production, generating 7878.37 tons of carbon dioxide equivalent (tCO₂e) representing 99.70% of the inventory, while tertiary emissions emit 22.98 tons of CO₂e equivalent to 0.30% of the total emissions of the inventory. As part of the mitigation measures, a count of GHG captures was carried out, where natural reserves and crops were considered as carbon sinks, with a total fixation of 19,375.85 tons of CO₂e.

The GHG emissions balance indicates that CO₂ captures are greater than emissions, with a difference of 10,958.45 tons of carbon dioxide (tCO₂). Consequently, the farm is classified as carbon neutral; and compared to the period from 2016 to 2020 there was a reduction of 33.59%, equivalent to 3996.45 tons of CO₂e.

I. Introducción

Finca Panamá, (AGRATISA) Agropecuaria Atitlán S.A., se localiza en el municipio de Santa Bárbara, departamento de Suchitepéquez, cuyo fin es la producción agrícola sostenible. Se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte: 14°29'44.07" N, longitud oeste: 91°11'39.96" O. Está comprendida por 1553.61 hectáreas de terreno, dentro de la cual cuenta con áreas registradas como reserva natural privada; forma parte de la Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala y está inscrita ante el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

La unidad productiva colinda con finca los Andes en el norte, al sur con aldea El Esfuerzo, al este con finca Los Andes, Santa Adelaida, San Agustín y La Ermita y al oeste con finca San Francisco Miramar.

La presente investigación tiene como objetivo el seguimiento y actualización de la cuantificación del carbono equivalente producido en las actividades administrativas y productivas en el año 2020 (enero a diciembre) en la Finca Panamá, respecto al tema ambiental, directamente en función a gases de efecto invernadero (GEI), para lo cual se propone la metodología bajo los lineamientos de la norma ISO 14064 - 1, utilizando además el protocolo GEI (GHG Protocol), que es una metodología paralela a la norma y para la medición de emisiones GEI, se utilizaron las metodologías establecidas por las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

La empresa agrícola cuenta con un informe de la cuantificación de la huella de carbono del año 2016 que fue tomado como línea base del estudio, desarrollada por la empresa de consultoría ambiental Green Development. Como parte del compromiso de Agropecuaria Atitlán de ser responsables con el medio ambiente y continuar con la trazabilidad de sus emisiones y remociones de GEIs de sus actividades, se lleva a cabo la medición de la huella de carbono de sus operaciones

del año 2020 con el fin de conocer el impacto generado por las actividades administrativas y productivas.

II. Objetivos

2.1. General

Calcular la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A., Santa Bárbara, Suchitepéquez en el año de 2020.

2.2. Específicos

- Delimitar el área de estudio bajo el concepto de control de operaciones.
- Calcular las emisiones totales de las fuentes de gases de efecto invernadero.
- Realizar un balance de gases de efecto invernadero.
- Comparar las emisiones de CO₂e del periodo 2016 y 2020.

III. Revisión de literatura.

3.1. Marco contextual

3.1.1. Información general de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.

Finca Panamá se encuentra a 132 kilómetros de la ciudad capital, localizándose a 9 kilómetros al norte de Santa Bárbara, Suchitepéquez sobre la ruta departamental No. 14. Cuenta con una extensión territorial de 1553.61 hectáreas. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN, 2012, pág. 20)

En la región circundante de la Finca Panamá no se encuentran centros poblados a excepción de los cascos de las fincas y aldea El Esfuerzo.

3.1.2. Vías de acceso

Tomando como referencia el municipio de Mazatenango, del departamento de Suchitepéquez, camino que conduce hacia la ciudad de Guatemala sobre la carretera Panamericana (CA-2), en el kilómetro 117.5, se encuentra un retorno, el cual conduce al municipio de Santa Bárbara, Suchitepéquez, a 5.5 kilómetros de distancia. Siguiendo hacia aldea El Esfuerzo, en un trayecto de 12 kilómetros, se llega al casco de Finca Panamá. (Mena, 2015, pág. 10)

Mapa de localización de la Finca Panamá, Suchitepéquez

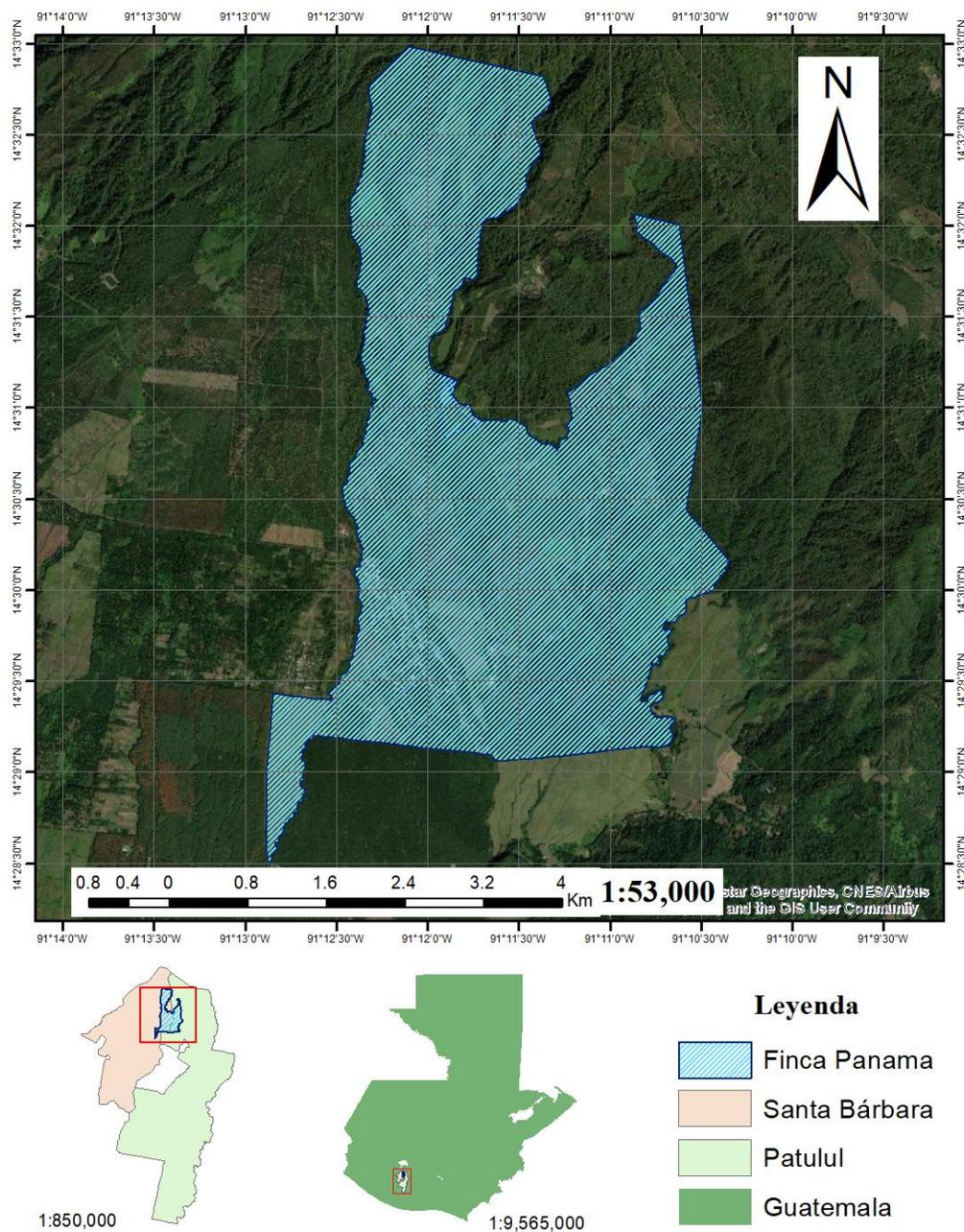


Figura 1. Mapa de localización de Finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez

Nota: Con base en imágenes satelitales de Google Earth (2020) y shapes de MAGA (2006).

3.1.3. Tipo de institución

Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A. es un ente privado que cuenta con las certificaciones Rainforest Alliance (RA) y Forrest Stewardship Council (FSC), cuyo fin es la producción agrícola, para su procesamiento, distribución y exportación.

3.1.4. Tipos de productos que distribuye

AGRATISA (2021, pág. 1), refiere que Finca Panamá distribuye los siguientes productos agrícolas; café (*Coffea arabica*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), bambú (*Bambusoideae*), hule natural (*Hevea brasiliensis*), pimienta gorda (*Pimenta dioica*), quina (*Cinchona officinalis*), mangostán (*Garcinia mangostana*) y limón (*Citrus latifolia*); así como miel de abeja (*Apis mellífera*).

3.1.5. Estudio de línea base de huella de carbono de 2016

La empresa de consultorías ambientales Green Development realizó un informe sobre la cuantificación de la huella de carbono en Finca Panamá en el periodo de 2016 (enero a diciembre) y lo establecieron como año de línea base; el inventario de emisiones de GEI, fue desarrollado según los lineamientos de la norma ISO 14064 – 1: 2006. (Green development, 2017, pág. 7)

Utilizaron GHG Protocol para la medición de la huella de carbono, en el caso de la estimación de emisiones, tomaron de referencia factores de emisión establecidos por el IPCC, de la asociación de energía de los Estados Unidos de América, de la agencia de protección al ambiente de USA, entre otros. (Green development, 2017, pág. 7)

El inventario de emisiones de la empresa fue desarrollado y delimitado bajo el concepto de control operacional, y en la determinación de inventario de emisiones se categorizaron por emisiones directas, emisiones indirectas y otras emisiones. (Green development, 2017, pág. 8)

De acuerdo a los resultados obtenidos por el estudio realizado por Green Development, la cuantificación de la huella de carbono de las operaciones de Finca Panamá del 2016 fue de 11, 897.8 tCO₂.

Cuadro 1. Inventario de emisiones de Finca Panamá 2016

Inventario de emisiones - Finca Panamá				
Tipo de GEI	Primarias	2016		
		Consumo	U	tCO ₂
Combustión estacionaria		Total		27.34
CO ₂	Plantas generadoras – diésel	213.6	gal	2.14
CO ₂	Equipos livianos – gasolina	2807.5	gal	24.31
CO ₂	Gas propano	745	lb	0.89
Combustión móvil		Total		128.22
CO ₂	Maquinaria pesada – diésel	8379.96	gal	84.09
CO ₂	Vehículos – diésel	3068.3	gal	30.79
CO ₂	vehículos – gasolina	1540.45	gal	13.34
Fugitivas		Total		11715.9
N ₂ O	Fertilizantes	255.76	tm	11623.45
CH ₄	PTAR beneficio de café	7956	m ³	44.16
CH ₄	PTAR beneficio de látex	1152	m ³	27.27
CH ₄	Fosas sépticas	121	hab	21.02
Emisiones primarias		Total		11871.46
Emisiones secundarias		Consumo	U	tCO₂
CO ₂	Energía eléctrica – renovable	83988	kWh	0
Emisiones secundarias		Total		0
Emisiones terciarias		Consumo	U	tCO₂
CO ₂	Transporte subcontratado - diésel	2559.5	gal	25.69
CO ₂	Transporte subcontratado - gasolina	74.5	gal	0.65
Emisiones terciarias		Total		26.34
Total de emisiones				11897.8

Fuente: Informe final de huella de carbono Finca Panamá, Green development, 2017, pág. 11.

3.2. Marco teórico

3.2.1. Huella de carbono

Frohmann (2013, pág. 24), señala que la huella de carbono es un indicador medio ambiental de la cantidad de GEI producidos por un proyecto u organización durante el ciclo de vida del producto a lo largo de la cadena de producción, dependiendo del alcance o el detalle de las mediciones de la huella de carbono (HC) se incluye también el consumo del producto, recuperación al final del ciclo y su eliminación. Describiendo la siguiente metodología para el cálculo de la huella de carbono:

“La HC se calcula en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO_2e), para expresar las distintas fuentes emisiones de GEI en una unidad en común. La medida CO_2e se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los seis GEI por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG) al cabo de 100 años. “

Además, estima, que para las mediciones de huella de carbono se considera los seis GEI identificados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

3.2.2. Gases de efecto invernadero (GEI)

Ballesteros (2007, pág. 36), define los GEI como componentes gaseosos que se encuentran en la atmósfera, tanto naturales como producidos por las actividades humanas, que absorben y emiten la radiación producida por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Los clasifica en GEI directos y GEI indirectos.

a. GEI directos

Los GEI directos; “Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados.” (pág. 36)

b. GEI indirectos

Los GEI indirectos; “Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire ambiente de carácter local y en la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: NO₂, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono.” (pág. 43)

3.2.3. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural que se presenta por una serie de gases presentes en la atmósfera que retienen parte de la radiación térmica emitida por la Tierra tras ser calentada por el sol, manteniendo una temperatura promedio en el planeta, para que se puede desarrollar la vida en la Tierra. (Acción Nacional Apropriada de Mitigación, 2017, pág. 25)

3.2.4. Protocolo de Kioto

El protocolo de Kioto (1997) es un acuerdo internacional que se llevó a cabo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que constituye en el único instrumento legalmente vinculante a escala mundial para disminuir la producción de las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo Guatemala uno de los países firmantes en año de 1999. Este protocolo comprometió a los países industrializados a reducir las emisiones de GEI generadas por sus actividades productivas, y la convención por su parte ha animado a los países a hacerlo. (Union Europea , 2021, párr. 1)

a. GEIs contemplados en el protocolo de Kioto

Dentro de los GEIs contemplados en el protocolo de Kioto y definidos por Ihobe (2012, pág. 24) están:

CO₂: Generado principalmente en los procesos de combustión de combustibles fósiles, biomasa (antropogénicas) de igual forma se generan por los procesos de respiración celular de los seres vivos. Por otra parte, el CO₂ es capturado por los

vegetales mediante la fotosíntesis dentro del ciclo natural del carbono, de igual forma se puede almacenar en los suelos y océanos.

CH₄: Generado en los procesos de descomposición anaeróbica de materia orgánica (descomposición de residuos, tratamiento de aguas residuales, estómago, entre otros procesos).

N₂O: Generado por el uso de fertilizantes y en procesos de combustión. También se libera de forma natural desde suelos y océanos.

SF₆: Utilizado como aislante en estaciones eléctricas, desde donde puede ser emitido en forma de emisiones fugitivas.

HFC y PFCs: Grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo, utilizados en procesos de refrigeración, desde donde pueden ser emitidos como emisiones fugitivas.

3.2.5. Potencial de calentamiento global

Según Greenfacts (2021, párr. 1), el potencial de calentamiento global de un GEI se puede definir como el efecto de calentamiento a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación de un kilogramo de un GEI, en comparación con el causado por el dióxido de carbono, así como sus diferentes periodos de retención en la atmósfera.

Cuadro 2. *Potencial de calentamiento global de los GEI*

Gas	PCG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido nitroso (N ₂ O)	265
Fluorocarburos	120 – 12000
Clorofluorocarbonos	5700 – 11900
Hexafluoruro de azufre	22200

Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, 2013, pág. 1

3.2.6. Emisiones indirectas

Las emisiones indirectas están asociadas al consumo de energía eléctrica de la empresa, pero se producen físicamente en la planta donde se genera la electricidad. (GHG Protocol, pág. 98)

3.2.7. Emisiones directas

Las emisiones directas son provenientes de fuentes que son propiedad o están bajo control de la empresa que reporta. (GHG Protocol, pág. 114)

a. Emisiones móviles

De acuerdo al IPCC (2006, volumen 2, energía; capítulo 3, emisiones móviles, pág. 8), las emisiones móviles provienen del transporte (aviones, motocicletas, automóviles, trenes, barcos, entre otros) principalmente de la quema de diversos tipos de combustibles, que producen emisiones de GEI directos de CO₂, N₂O, CH₄, así como de varios contaminantes.

Los GEI provenientes de las emisiones se pueden calcular más fácilmente por el consumo de combustibles, actividad del transporte, y recorridos, sin embargo, se debe de considerar el envejecimiento del vehículo, eficiencia de la quema del combustible, y mantenimiento.

b. Emisiones estacionarias

De acuerdo al IPCC (2006, volumen 2, energía; capítulo 2, emisiones estacionarias, pág. 6), provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, orgánicos, carbón, derivados del petróleo, en el uso de maquinaria, bombas, generadores eléctricos, generadores de calor, están dependientes de la actividad y el sector productivo.

c. Emisiones fugitivas

De acuerdo al GHG Protocol (2010, pág.47) las emisiones fugitivas son liberaciones de GEI intencionales o no intencionales como de metano, dióxido de carbono u óxido nitroso, en fugas en equipos, empaques, minería, procesos, tratamiento de aguas residuales, plantas de procesamiento, superficies de captación, uso de combustibles y químicos.

3.2.8. Factor de emisión

De acuerdo al IPCC (2006, párr., 10), el factor de emisión de GEI es un método de conversión expresado en toneladas de CO₂/unidad, y que depende del tipo y características del proceso de transformación química (y tipo de combustible) utilizado en cada caso.

Ihobe (2012, pág. 38), describe la siguiente fórmula para la cuantificación de emisiones de GEI

$$\text{Emisiones de GEIs (t GEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

3.2.9. Factores de emisión para la eliminación de aguas domésticas

El factor de emisión para un sistema de tratamiento es una función del potencial máximo de producción (B) de CH₄ y del factor de corrección para el metano (MCF) para el sistema de tratamiento y eliminación de aguas residuales. (IPCC, 2006, pág. 12)

De acuerdo al IPCC (2006, pág. 6), se describe la siguiente ecuación para calcular el factor de emisiones de CH₄ para cada sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

$$EF = B * MCF$$

Donde:

EF= factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO

B = capacidad máxima de producción de CH₄, kg. de CH₄/kg. De DBO

MCF= factor corrección para el metano.

En el siguiente cuadro se describen los valores de MCF por defecto;

Cuadro 3. Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas

Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas		
Sistema de tratamiento	Comentarios	MCF
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Debe de ser bien operada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las estaciones de bombeo, etc.)	0
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄	0.8
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0.8
Sistema séptico	La mitad del DBO se decanta en tanques anaeróbicos	0.5

Fuente: IPCC, 2006, en el volumen 5, desechos; capítulo 6, tratamiento y eliminación de aguas residuales, pág. 13

Los datos de la actividad para esta categoría de fuente son la cantidad total de materia orgánica degradable en las aguas servidas (TOW, del inglés, Total Organic Waste). Este parámetro es una función de la población y del índice de generación de DBO por persona. Y se expresa en términos de requisito bioquímico de oxígeno (kg. de DBO/año). La ecuación para el TOW es: (pág. 14)

$$TOW = P * DBO * 0.001 * I * 365$$

Donde:

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO/año

P = Población

DBO= per cápita específico del país en el año del inventario, g/persona/día.

0.001 = Conversión de gramos DBO a kilogramos de DBO

I = factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en las cloacas, si es recolectado el valor por defecto es 1.25.

En el siguiente cuadro se describen los valores de DBO₅ para las aguas residuales domésticas;

Cuadro 4. Valores de DBO₅ estimados para las aguas residuales domésticas

Valores de DBO ₅ estimados para las aguas residuales domésticas por regiones y países seleccionados	
País/región	DOB ₅ (g/persona/día)
África	37
Asia, Oriente Medio, América Latina	40
India	34
Canadá, Europa, Rusia, Oceanía	60

Fuente: IPCC, 2006, pág. 14

3.2.10. Factor de emisión para aguas industriales

En los diferentes tipos de aguas residuales industriales se pueden notar significativas diferencias en el potencial de emisión de CH₄. En lo posible, deben recopilarse datos para determinar la capacidad máxima de producción de CH₄ de cada industria. (IPCC, 2006, en el volumen 5, desechos; capítulo 6, tratamiento y eliminación de aguas residuales, pág. 23)

De acuerdo al IPCC, se describe la siguiente ecuación para calcular el factor de emisiones de CH₄ en cada sistema de tratamiento de aguas industriales:

$$EF = B * MCF$$

Donde:

EF= factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO

B = capacidad máxima de producción de CH₄, kg. de CH₄/kg de DBO, valor por defecto de 0.25 kg. de CH₄/kg. de DQO para el tratamiento de aguas industriales.

MCF= factor corrección para el metano.

En el siguiente cuadro se describen los valores de MCF por defecto para aguas industriales:

Cuadro 5. Valores de MCF por defecto para las aguas industriales

Valores de MCF por defecto para las aguas residuales industriales		
Sistema de tratamiento	Comentarios	MCF
Eliminación en río, lago y mar	Los ríos con altas cargas orgánicas pueden volverse anaeróbicos, pero esta situación no se considera aquí	0.1
Planta de tratamiento aeróbico	Mal operada, sobrecargada	0.3
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad menos de 2 metros	0.2
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0.8

Fuente: IPCC, 2006, en el volumen 5, desechos; capítulo 6, tratamiento y eliminación de aguas residuales, pág. 23

a. Elección de datos de la actividad

Los datos de la actividad para esta categoría de fuente son la cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales (TOW). Este parámetro depende de la producción industrial, de la generación de aguas residuales y de COD, la concentración de sustancias orgánicas degradables en las aguas residuales. (IPCC, 2006, en el volumen 5, desechos; capítulo 6, tratamiento y eliminación de aguas residuales, pág. 24)

De acuerdo al IPCC, se describe la siguiente ecuación para calcular la materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales. (pág. 24)

$$TOW = P * W * DQO * I$$

Donde:

TOW = total de la materia degradable de manera orgánica en las aguas residuales de la industria, kg. de COD/año

P = producto industrial total del sector industrial, qq/año o tn/año

W= aguas residuales generadas, m³ /qq producto

DQO = requerimiento químico de oxígeno (componente industrial orgánico degradable en las aguas residuales),

I = factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en las cloacas, si es recolectado el valor por defecto es 1.25

0.001= conversión de kilos a toneladas

3.2.11. Emisiones directas de dióxido de nitrógeno de suelos gestionados

En la mayoría de los suelos, un incremento del nitrógeno (N) disponible aumenta las tasas de nitrificación y desnitrificación que, a su vez, incrementan la producción de N₂O. Los aumentos del N disponible pueden producirse por agregados de N inducidos por el hombre. (IPCC, 2006, en el volumen 4, desechos; capítulo 11, Emisiones de N₂O de los suelos gestionados y emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de cal y urea, pág. 6)

En su forma más básica, las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados se estiman empleando la ecuación de la siguiente manera: (pág. 6)

$$N_2O_{directas} - N = N_2O_{N\ aportes} - N + N_2O - N_{os} + N_2O - N_{PRP}$$

$$N_2O_{N\ aportes} - N = F_{SN} * EF_1$$

$$N_2O - N_{os} = F_{os} * EF_2$$

Donde:

N₂O_{Directas} - N = emisiones directas anuales de N₂O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

N₂O - N_{aportes} = emisiones directas anuales de N₂O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

N₂O - N_{os} = emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O - N año⁻¹

N₂O - N_{PRP} = emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O - N año⁻¹.

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionado/ha

EF_1 = Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo, kg N₂O – N (kg N)⁻¹

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N₂O de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O–N há⁻¹ año⁻¹.

0.001= conversión de kilos a toneladas

A continuación, se presentan los factores de emisiones directas de N₂O para suelos gestionados:

Cuadro 6. Factores de emisión para suelos gestionados

Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados	
Factor de emisión	Valor por defecto
EF_1 , para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N ₂ O–N (kg N) ⁻¹]	0.01
EF_2 , Trop para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales (kg N ₂ O–N há ⁻¹)	16

Fuente: IPCC, 2006, pág. 11.12

3.2.12. Mecanismos de desarrollo limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un procedimiento contemplado en el protocolo de Kioto. El MDL consiste en promover la ejecución de proyectos en países en vías de desarrollo, para utilizar tecnologías o metodologías que reduzcan las emisiones de GEI, que se hubieran producido en el caso de haber utilizado

tecnologías convencionales, o no haber promovido la capacidad de capturar de los bosques. (Garcia, 2008, pág. 20)

3.2.13. Panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC)

El Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue fundado en el año 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) siendo la principal organización a nivel mundial para la evaluación del cambio climático. Con el fin de ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. (IPCC, 2021, párr, 1)

El IPCC elabora también metodologías y normativas para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero mediante el Grupo Especial para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Estos procedimientos y normativas facilitan a las partes en la CMNUCC y el protocolo de Kioto a realizar los inventarios nacionales de GEI, por fuentes, remociones y en sumideros de carbono (párr. 7)

3.2.14. Organización internacional de la normalización (ISO)

La Organización internacional de Normalización (International Organization for Standardization, conocida por el acrónimo ISO) Es una organización para la creación de diversos estándares internacionales conformada por varias organizaciones nacionales de normalización.

La ISO es una organización independiente y no gubernamental conformada por diversas organizaciones internacionales de normalización formada de sus 164 países miembros. La ISO es la organización líder a nivel mundial del desarrollo de estándares internacionales voluntarios, que facilita el proceso de comercialización a nivel mundial entre países al proporcionar procedimientos y estándares similares entre los países que optaron por sus estándares. Se han desarrollado y establecido aproximadamente veinte mil estándares cubriendo desde productos

manufacturados, sistemas de gestión, calidad, tecnología a seguridad alimenticia, agricultura y sanidad. (International organization for standardization, 2021, párr. 2)

3.2.15. Familia ISO 14060

La familia ISO 14060 es una normativa estandarizada a nivel mundial que ofrece claridad y coherencia en el cálculo, seguimiento, el reporte y validación de emisiones y captaciones de GEI para apoyar el desarrollo sostenible mediante un modelo de negocios economía baja en carbono y beneficiar a las empresas, organizaciones o grupos proponentes de proyectos en todo el mundo. (pág. 1)

a. ISO 14064 – 1

El documento ISO 14064 – 1 (2018, pág. 10), es guía que detalla los principios y requisitos para el diseño, planificación y proceso de la cuantificación de inventarios de GEI para las organizaciones, y la estandarización para la presentación de informes sobre estos inventarios. Incluye los requisitos para establecer los límites de la emisiones y remoción de GEI, calcular emisiones y remociones de una empresa, y las acciones específicas de la empresa con el objeto de mejorar el proceso de gestión de sus GEI.

• Principios

La norma ISO 14064 – 1 (2018, pág. 9), está conformada por siete principios fundamentales para el aseguramiento de la información siendo los siguientes:

Generalidades: Los principios son fundamentales para asegurar que la información referente a GEI sea verídica y adecuada

Pertinencia: Escoger todas las fuentes de emisiones o captaciones de GEI, datos y metodologías adecuadas

Integridad: Abarcan todas las emisiones y remociones de la empresa al inventario GEI.

Coherencia: Permitir las comparaciones con información concerniente con los GEI.

Exactitud: Reducir el sesgo y la incertidumbre.

Transparencia: Comunicar información suficiente y adecuada a los GEI

- **Límites de la organización**

Según la ISO 14064 – 1 (2018, pág. 10), la organización puede estar compuesta por una o más instalaciones. Las emisiones y remociones de GEI a nivel de instalaciones se pueden producir de una o más fuentes, por lo que la organización debe de definir los límites de la organización.

Las emisiones y remociones GEI de la organización se pueden consolidar por medio de uno de los siguientes enfoques:

Control: Considera todas las emisiones y/o remociones GEI en las instalaciones sobre las cuales tiene control operaciones o control financiero;

Participación en el capital: La organización rinde cuentas de su parte de las emisiones y/o remociones de GEI de las respectivas instalaciones.

3.2.16. Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol)

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (En sus siglas en inglés, GHG Protocol), es una alianza entre empresas, organizaciones con fines de lucro, organizaciones no gubernamentales (ONG), gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, es la herramienta internacional más utilizada para la medición y comunicación del inventario de emisiones GEI. Ha sido creado entre el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) con la misión de desarrollar estándares de contabilidad e informes para las empresas para abordar el cambio climático a nivel mundial. (GHG Protocol, 2010, pág. 2)

Según el GHG Protocol (2010, pág. 3), el estándar y las guías fueron diseñados a partir de los siguientes objetivos:

- Facilitar a las organizaciones el proceso de preparar un inventario de GEI representativo de sus emisiones reales, por medio de los enfoques y principios del protocolo.
- Estandarizar las metodologías para simplificar y reducir los costos de recopilar y desarrollar el inventario de GEI.
- Ofrecer información adecuada a la empresa para la toma de decisiones y estrategias para plantear una gestión eficiente para reducir y mitigar las emisiones de GEI
- Brindar las herramientas para facilitar a las empresas su participación en programas obligatorios y voluntarios de GEI.
- Aumentar la credibilidad de los sistemas de cuantificación e informes de GEI entre distintas empresas y programas.

IV. Materiales y métodos

4.1. Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron distintos materiales de oficina, logística de investigación, mobiliario y equipo personal de trabajo. También se calculó el costo por servicios profesionales prestados.

Cuadro 7. Presupuesto para el desarrollo de la investigación.

Rubro	Cantidad	Unidad de medida	Costos unitarios	Costo total
Laptop	200	h	Q 15.00	Q 3000.00
Teléfono inteligente	200	h	Q 10.00	Q 2000.00
Papel	1	resma	Q 62.50	Q 62.50
Lapiceros	10	unidad	Q 2.50	Q 25.00
Calculadora científica	1	unidad	Q 120.00	Q 120.00
Normativa ISO 14064 – 1: 2018	1	unidad	Q 1325.50	Q 1325.50
Epesista	30	día	Q 225.00	Q 6750.00
Total				Q 13,283.00

Fuente: Con base en cotización realizada en comercios de Santa Bárbara, Suchitepéquez y salarios de Finca Panamá.

4.2. Metodología

Para la estimación de la huella de carbono de Finca Panamá se utilizaron los lineamientos de la normativa ISO 14064 - 1 paralelamente con el Protocolo de GEI, para complementar las metodologías de cálculo y factores de emisión se utilizaron las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

4.2.1. Periodo de reporte de las emisiones de carbono

El periodo de emisiones que se reportó en la investigación, son los GEI liberados en el periodo de 2020 (enero a diciembre).

4.2.2. Límites del inventario GEI

Los límites del inventario GEI de la finca se definieron en dos categorías: Límites de la organización y límites del informe/operativos. (Green development, 2017, pág. 9)

a. Límites de la organización

El cálculo de la HC de finca Panamá se desarrolló y delimitó bajo el enfoque de control operaciones, donde se consideran todas las emisiones y remociones GEI en las instalaciones sobre las cuales tiene control de operaciones y financieros, son incluidas, tanto, emisiones primarias, secundarias y terciarias, y se clasificaron en base en al GHG Protocol. (pág. 9)

b. Límites del informe/operativos

Para definir del alcance operacional del inventario de emisiones, se separaron en categorías: Emisiones Directas o Alcance I, Emisiones Indirectas o Alcance II, y otras emisiones indirectas o Alcance III; tal y como lo indica el GHG Protocol y la ISO 14064 – 1. (pág. 9)

Una vez establecidos los límites operativos de la finca, se precisaron las fuentes de emisiones o captaciones GEI que comprenden el inventario. Los GEIs que fueron considerados en el inventario son los establecidos por el protocolo de Kioto: Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoruro de azufre (SF₆), hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs). (Ihobe, 2012, pág. 24)

En el siguiente cuadro se describe a manera de resumen las consideraciones que se tomaron en cuenta para establecer el alcance de las diferentes emisiones GEI generadas por la finca:

Cuadro 8. Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006

<p>Alcance I: Emisiones y remociones directas de GEIs</p>	<p>Emisiones de GEI provenientes de fuentes que pertenecen o son controlados por la organización</p>	<p>Considerar 100% de emisiones GEI</p>
<p>Alcance II: Emisiones indirectas de GEIs por energía</p>	<p>Emisiones de GEI que proviene de la generación de electricidad, calor de vapor de origen externo consumidos por la organización</p>	<p>Considerar el 100% de emisiones GEI</p>
<p>Alcance III: Otras emisiones indirectas de GEIs</p>	<p>Emisiones GEI diferentes de la emisión indirectas de GEI por energía, que es consecuencia de las actividades de la organización, pero que se origina en fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por otras organizaciones</p>	<p>Seleccionar las fuentes de emisiones de GEI que se deben incluir en el inventario</p>

Fuente: Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero en organizaciones, Ihobe, 2012, pág. 24.

4.2.3. Identificación de emisiones

a. Alcance I/ Emisiones y remociones directas de GEIs

Las emisiones directas producidas por la finca como requisito proceden de las actividades que estén bajo el control operativo de la finca.

Según Ihobe (2012, pág. 34), las emisiones directas incluyen las emisiones derivadas de:

- Combustión de combustibles fósiles
- Transporte dentro de los límites de la organización.
- Emisiones producidas por procesos industriales (beneficio de café)
- Emisiones fugitivas (por ejemplo, fertilizantes, aguas residuales, fosas sépticas)

b. Alcance II/ Emisiones Indirectas de GEIs por energía

Se tomó en cuenta las emisiones derivadas del consumo eléctrico consumidas dentro de los límites de la finca, porque se adquieren externamente y las emisiones de GEI se generarán dentro de la planta. (Ihobe, 2012, pág. 34) Para la obtención de estos datos, fue necesario contar con los registros mensuales de los consumos eléctricos de la finca.

c. Alcance III/ otras emisiones de GEIs

En las emisiones terciarias, se consideraron aquellas que fueron producidas fuera de los límites operacionales de la finca.

Las emisiones derivadas de este alcance son las siguientes:

- Transporte subcontratado
- Maquinaria pesada subcontratada
- Servicios subcontratados

4.2.4. Forma gráfica de los límites operaciones

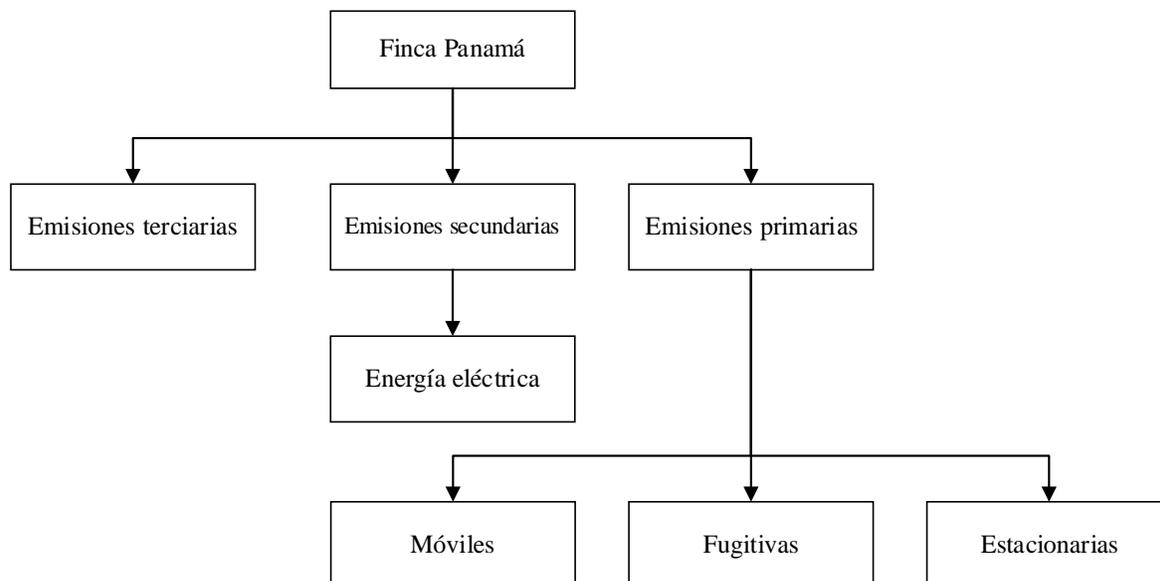


Figura 2. Límites operacionales de Finca Panamá,

Fuente: Green development (2016, pág. 10).

4.2.5. Gestión de la información

La recopilación de información fue fundamental para el desarrollo de la cuantificación de la huella de carbono; a partir de los datos que proporcionó la finca, se desarrolló el estudio.

Tipo de información analizada:

- Diésel de generadores
- Gasolina equipo
- Diésel vehículos
- Gasolina motos
- Diésel de tractores
- Fertilizantes
- Fosas sépticas
- Plantas de tratamiento
- Energía eléctrica
- Transporte subcontratado
- Producción

4.2.6. Cuantificación de emisiones

El cálculo de emisiones, se basó en los consumos históricos, para lo cual se contó con información detallada de consumo de contadores, recibos, registro de aplicaciones de fertilizantes, registros de consumo de combustibles y mantenimiento; todos proporcionados por la finca.

a. Metodología para la cuantificación de emisiones de carbono

La cuantificación de emisiones de GEI se planteó en dos pasos:

1. Fuentes de emisión en las que existe un proceso de transformación química (combustión, fija o móvil, emisiones de proceso o emisiones por degradación de materia orgánica) y emisiones indirectas por generación de la electricidad consumida. (Ihobe, 2012, pág. 38)

Ecuación lhobe, 2012, pág.39

$$\text{Emisiones de GEIs (t GEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Siendo:

- Dato de actividad: medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión.

En el caso de combustiones en fuentes fijas y móviles, se calculó el consumo de diésel o gasolina. Para emisiones de proceso, el dato de actividad sería un indicador del proceso del consumo de una materia prima (masa o volumen), y en el caso de la electricidad, el dato utilizado fue el consumo eléctrico de las instalaciones de la finca (expresado en kWh).

- Factor de emisión: Expresado en toneladas de CO₂e /unidad (dependiendo las unidades del dato de actividad) y que depende del tipo y características del proceso de transformación química (y tipo de combustible) utilizado en cada caso. (lhobe, 2012, pág. 38)
2. Fuentes de emisión donde no existe un proceso de transformación química (emisiones fugitivas), o en los casos en los que se disponga del dato de emisión en unidades distintas a toneladas de CO₂e (por ejemplo, en toneladas de CH₄). (lhobe, 2012, pág. 39)

Ecuación lhobe, 2012, pág.39

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_2 \text{ (t CO}_2 \text{ - e)} \\ = \text{Dato de emisión} \times \text{Potencial de calentamiento global} \end{aligned}$$

Siendo:

- Dato de emisión: Medida cuantitativa de la emisión generada. Se puede disponer de este dato, identificando el origen de las emisiones, ejemplo, por medio de registros históricos de aplicación de fertilizantes por cultivo, población, aguas residuales tratadas y resultados de laboratorio.
- Potencial de calentamiento global: Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de CO₂ en un período determinado. (Ihobe, 2012, pág. 39)

Finalmente, una vez que se disponga del cálculo unitario de las emisiones de cada fuente en unidades de toneladas de CO₂-e, se sumarán todas las emisiones de la misma categoría (emisiones directas, indirectas y otras emisiones indirectas). (Ihobe, 2012, pág. 39)

4.2.7. Metodología para el cálculo de remociones de emisiones GEI

Se utilizó una metodología simplificada muy similar a la utilizada para el cálculo de las fuentes de emisión donde existen procesos de transformación química, los datos se obtuvieron del inventario forestal y de cultivos de la finca. Esta metodología está basada en utilizar los factores de captación de emisiones de CO₂ (tCO₂/ha) para los diferentes tipos de cultivos, maderables y reservas naturales proporcionados por el estudio realizado por Green development, por el área que ocupa el cultivo en el periodo a evaluar.

Ecuación según Green development, 2006, pág. 20

$$\text{Remociones de CO}_2 = \text{Factor de captación} \times \text{área}$$

- Factor de captación: Expresado en toneladas de CO₂ por hectárea según el cultivo, reserva, y maderable
- Área de cultivo: Expresado en las hectáreas que ocupa el área productiva

4.2.8. Herramientas de cálculo

A partir de la metodología definida anteriormente, se programó una hoja de cálculo en el programa de ofimática Microsoft Excel, separando por categoría de emisión (emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas), y, además, diferenció las emisiones de CO₂ procedentes de biomasa.

Asimismo, se detalló en la herramienta, los factores de emisión, el potencial de calentamiento global y la fuente utilizada en cada caso, para que puedan ser revisados y comprobados.

V. Resultados y discusión

De acuerdo a la metodología presentada para el cálculo de emisiones y captaciones de GEI en Finca Panamá se delimitó el área del estudio bajo el concepto de control de operaciones:

5.1. Límites de la organización

La instalación contemplada para el estudio fue Finca Panamá: al sur de las faldas del volcán Atitlán, municipio de Santa Bárbara, departamento de Suchitepéquez, en donde el inventario de emisiones de la empresa se ha desarrollado y delimitado bajo el concepto de control operacional.

5.2. Delimitación del área de estudio bajo el concepto de control de operaciones

En la siguiente figura se describe el alcance operacional y los límites del informe del año 2020 de Finca Panamá.

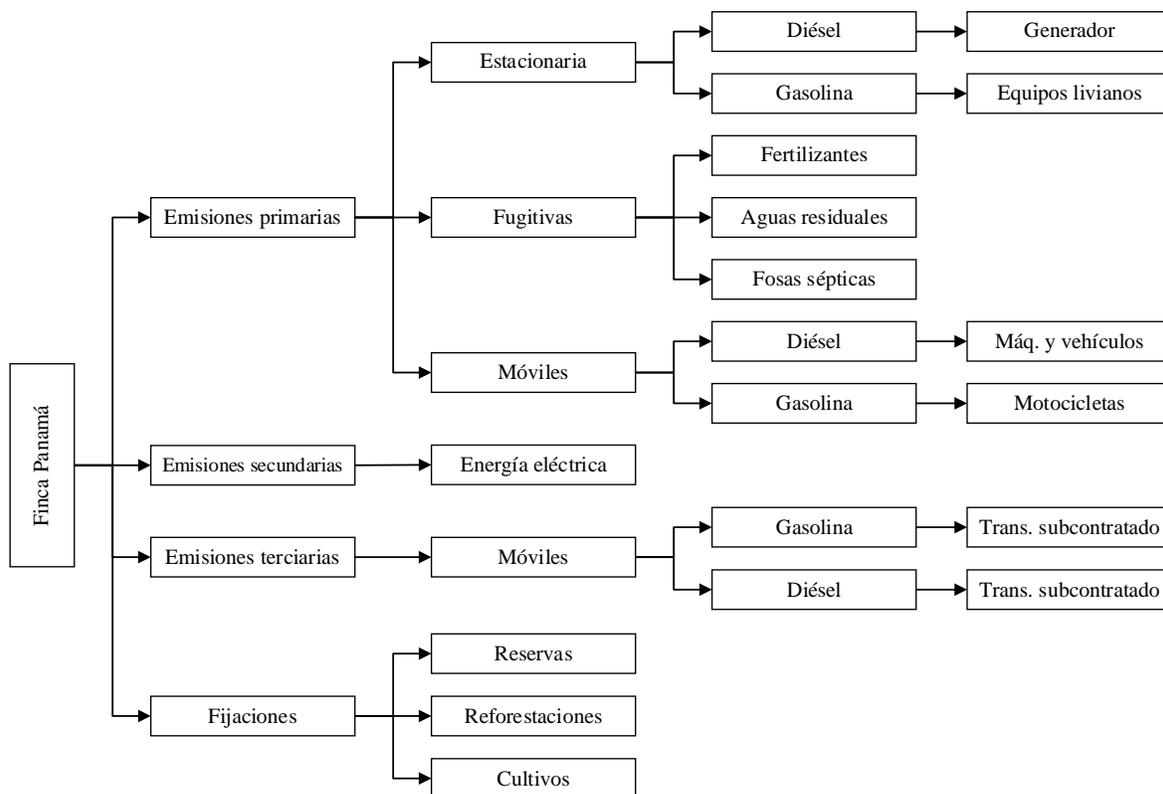


Figura 3. Alcance operacional - Finca Panamá 2020

5.3. Cálculo de la huella de carbono en el periodo de 2020

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por la cuantificación de la huella de carbono de las operaciones de Finca Panamá. El cálculo del inventario de GEI se desarrolló bajo la metodología ISO 14064- 1 – 2018 y paralelamente con el GHG Protocol.

5.3.1. Emisiones directas – Alcance I

Las emisiones directas se definen como aquellas que ocurren de fuentes que son de propiedad o están controladas por la empresa. En este caso, vehículos, plantas generadoras, equipos, fosas sépticas y fertilizantes.

Como se puede observar en la siguiente figura, el mayor foco de emisiones de gases GEI son las emisiones fugitivas representando el 98.46% del total de emisiones primarias.

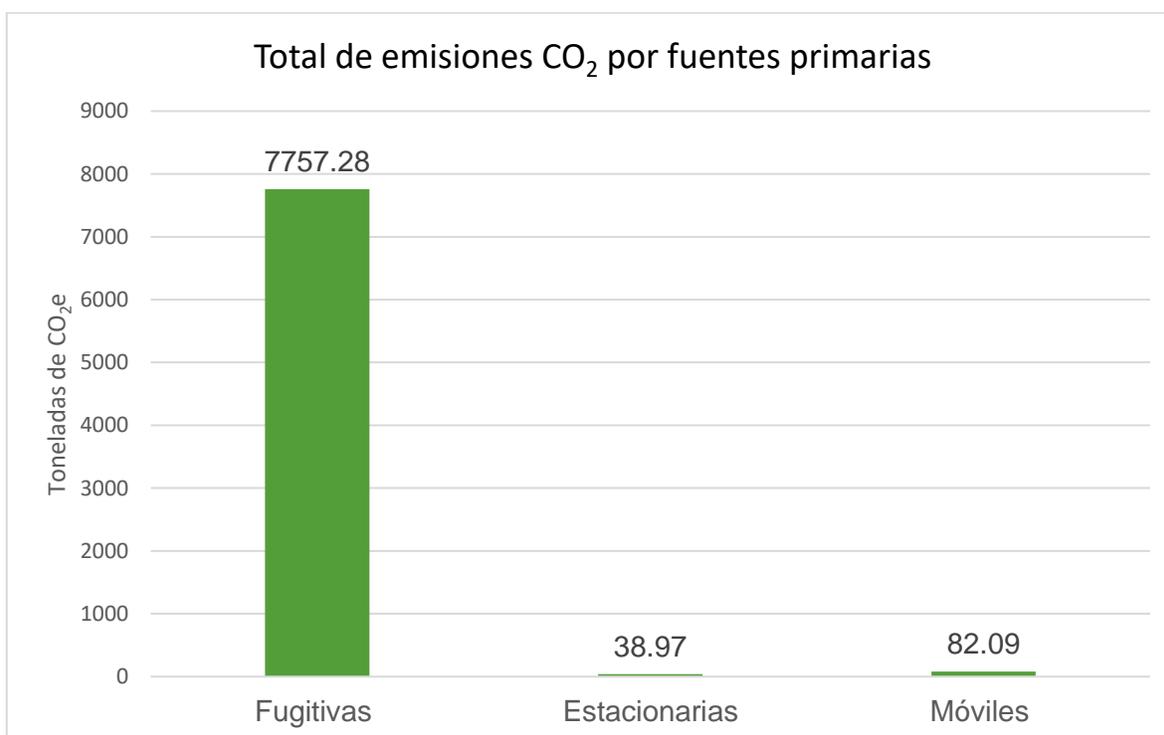


Figura 4. Emisiones directas - Alcance I (tCO₂e)

a. Combustión móvil

Los combustibles utilizados en Finca Panamá son diésel y gasolina, los cuales, por ser combustibles fósiles liberan dióxido de carbono al momento de su combustión; el factor de oxidación del combustible será 1.

El diésel y la gasolina son utilizados en vehículos, camiones, maquinaria propia y motos, dentro de las instalaciones de la finca. Los consumos reportados son de 8442.9 galones, generando 82.09 tCO₂, y representa el 0.97% de las emisiones totales.

Cuadro 9. Emisiones móviles

Descripción	Consumo anual	Unidades	Factor de emisión (CO ₂ kg/gal)	Emisiones de tCO ₂ e
Motocicletas	1585.5	gal	8.658	13.72
Vehículos – gasolina	307.1	gal	8.658	2.65
Vehículos - diésel	3085.6	gal	10.035	30.96
Maquinaria – diésel	3464.7	gal	10.035	34.76
Total combustión móvil (tCO₂e)				82.09

Como se puede observar en la figura 5, el foco emisor de mayor impacto es el uso de maquinaria pesada, la cual es necesaria para los trabajos dentro de cada área de Finca Panamá.

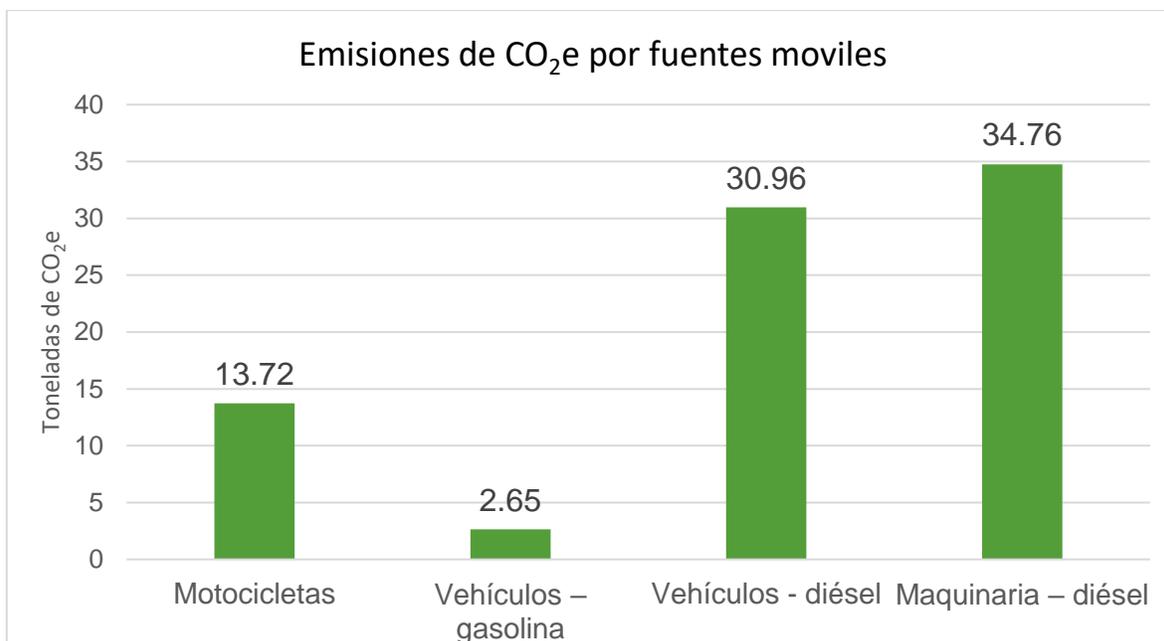


Figura 5. Focos emisiones móviles (tCO₂e)

b. Combustión estacionaria/fija

Los combustibles utilizados en Finca Panamá para sus actividades diarias son diésel y gasolina, éstos se utilizan en plantas generadoras y equipos, los cuales se encuentran en diferentes áreas.

Cuadro 10. Emisiones estacionarias

Descripción	Consumo anual	Unidades	Factor de emisión (CO ₂ kg/gal)	Emisiones de tCO ₂ e
Chapeadoras (<i>shindaiwas</i>)	3104.55	gal	8.658	26.88
Parihuelas	195.25	gal	8.658	1.69
Motosierras	325.25	gal	8.658	2.82
Motobombas	583	gal	8.658	5.05
Generadores diésel	253.75	gal	10.035	2.55
Total combustión estacionaria (tCO₂e)				38.98

Estos equipos para su funcionamiento utilizaron 3,878.8 galones de combustible 38.98 tCO₂, los cuales representan 0.46% de las emisiones totales.

La figura 6 muestra los focos más representativos, siendo el uso de chapeadoras *shindaiwas* las cuales son utilizadas para la limpia mecanizada en el área de plantaciones, seguido por las moto - bombas para el fertirriego de las plantaciones.

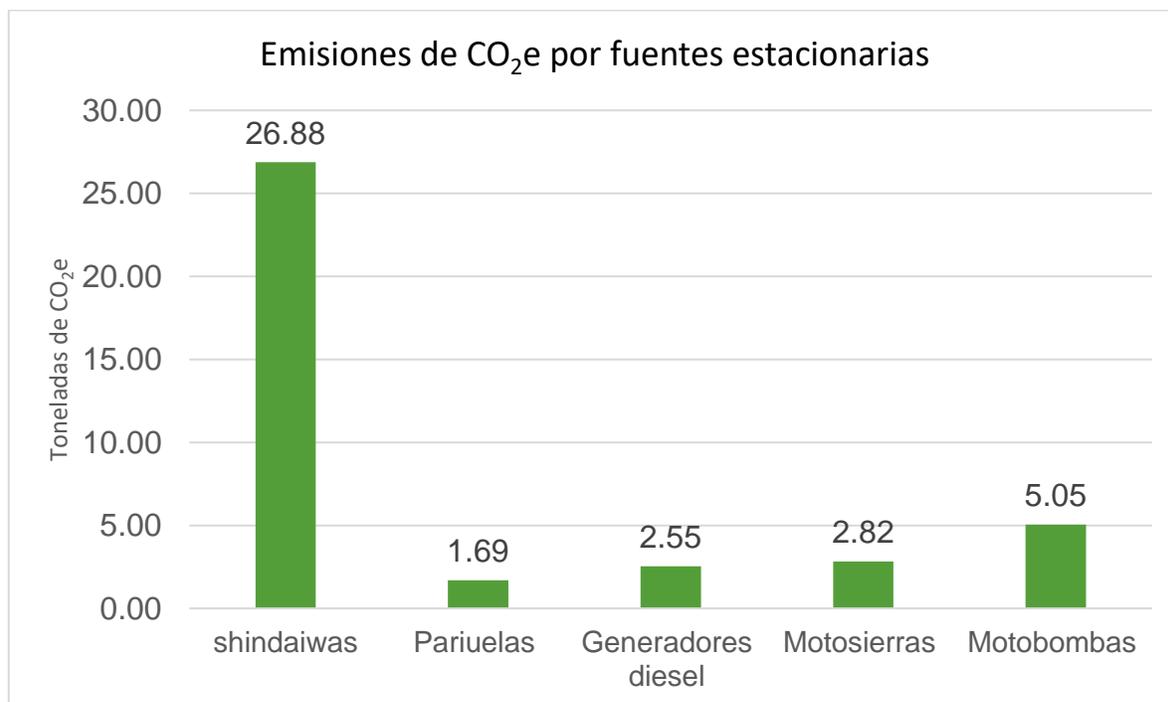


Figura 6. Focos de emisiones estacionarias (tCO₂e)

c. Emisiones fugitivas

En Finca Panamá, se registró la liberación de metano por la utilización de fosas sépticas dentro de las instalaciones; este dato se estimó a partir del total de personal que laboró en el año 2020, el cual fue de 191 colaboradores, los cuales generaron un total de 29.83 tCO₂, representando el 0.35% de las emisiones totales.

Las plantas de tratamiento, en el beneficio de café y beneficio de hule, sus emisiones ascienden a 14.41 tCO₂, representando el 0.17% de las emisiones totales.

El principal foco de emisión es la utilización de fertilizante para los almácigos, que a su vez es aplicado en las plantaciones de la finca, emitiendo para el año 2020, 7713.60 tCO₂, representando el 91.64% de las emisiones totales.

A continuación, se presenta con más detalle emisiones de tCO₂e por cultivo;

Cuadro 11. Emisiones directas de N₂O de cultivos

Cultivo	ha	tCO ₂ e ha	Fertilizantes (Tn)	Total N% en fertilizantes(tn)	N ₂ O (tn)	TCO ₂	Total CO ₂ e
Café	157.98	1052.60	86.61	16.14	0.25	67.20	1119.80
Jaca	22.42	149.38	0.91	0.29	0.00	1.21	150.59
Macadamia	186.12	1240.09	76.77	9.86	0.15	41.06	1281.15
Mangostán	60.32	401.90	27.12	4.41	0.07	18.37	420.27
Limón	46.37	308.96	13.71	2.78	0.04	11.59	320.55
Hule	528.35	3520.32	27.45	4.53	0.07	18.88	3539.20
Mazapán	4.12	27.45	0.17	0.03	0.00	0.12	27.57
Banano	1.1	7.33	0.66	0.13	0.00	0.54	7.87
Quina	49.79	331.74	0.00	0.00	0.00	0.00	331.74
Bambú	54.97	366.26	0.00	0.00	0.00	0.00	366.26
Maderable	21.17	141.05	0.00	0.00	0.00	0.00	141.05
Vainilla	0.58355	3.89	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89
Calabaza	0.53	3.53	0.14	0.03	0.00	0.11	3.65
Total	1133.82	7554.50	233.56	38.2	0.6	159.09	7713.60

Como se puede observar en la siguiente figura las plantaciones de hule representan el mayor foco emisión de GEI que asciende a 3539.20 toneladas de CO₂e, posteriormente le sigue el cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia*) con 1281.15 tCO₂e y el café (*Coffea arabica*) con un total de 1119.80 tCO₂e.

Los cultivos que presentan menor cantidad de emisiones de GEI están íntimamente relacionados a la extensión que ocupan dentro de finca siendo la calabaza (*Cucurbita máxima*), vainilla (*Vanilla planifolia*) y banano (*Musa paradisiaca*) los cultivos con menor extensión territorial.

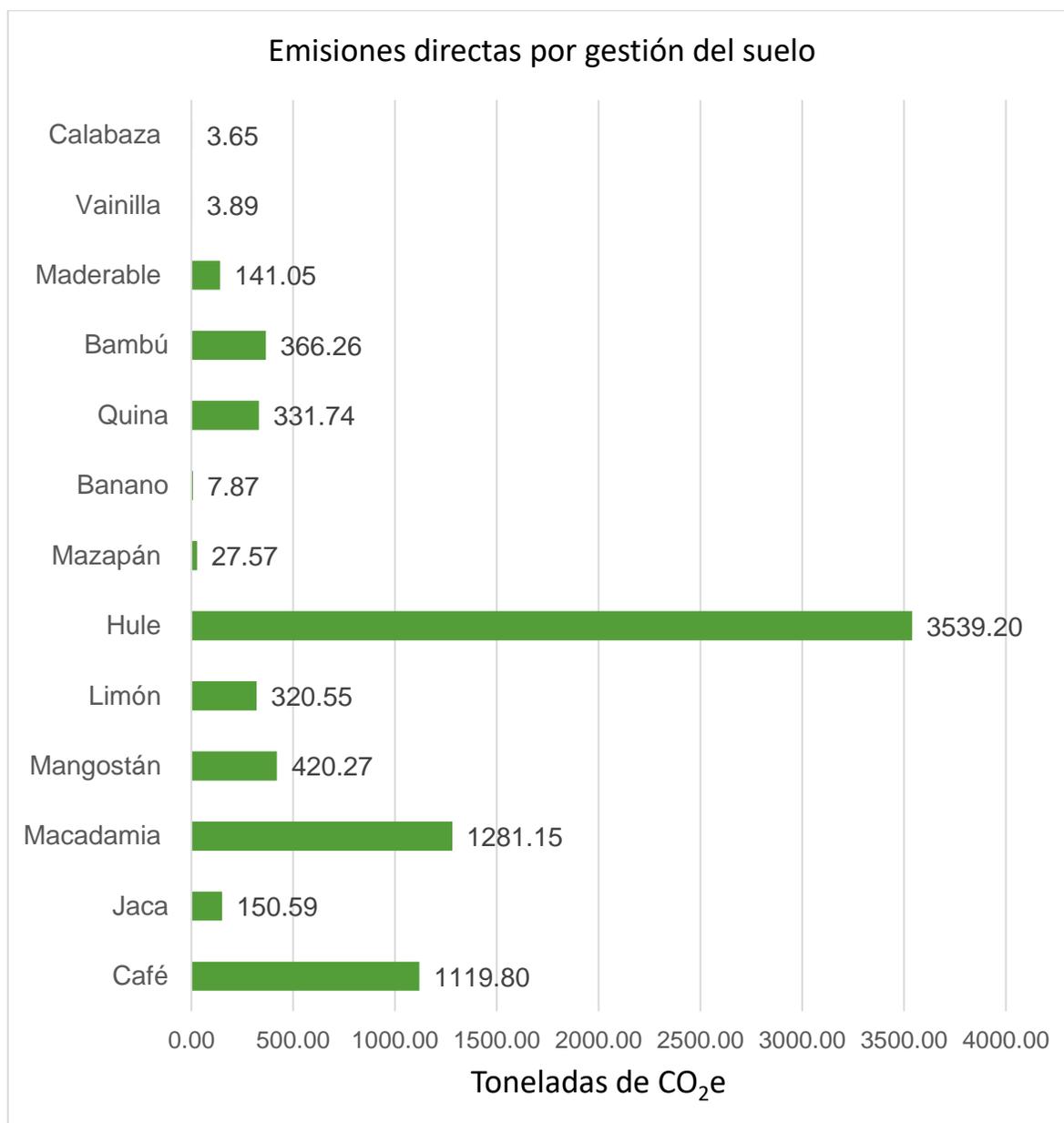
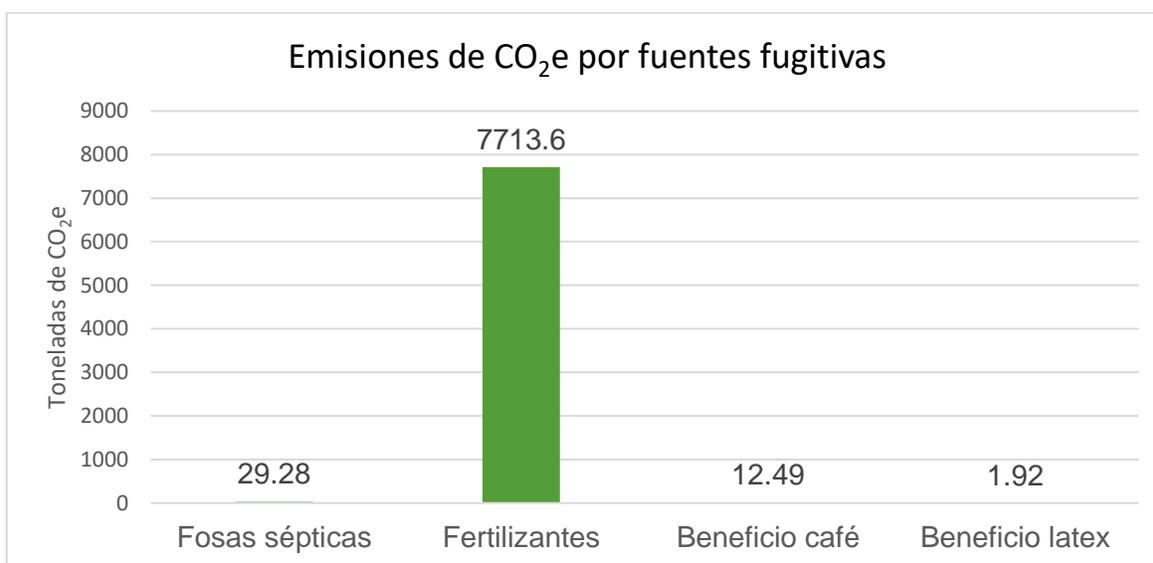


Figura 7. Focos de emisiones directas por la gestión de suelos (tCO₂e)

Cuadro 12. Emisiones Fugitivas

Descripción	Cantidad	U	Factor de emisión	Emisiones de t CH ₄	Emisiones t N ₂ O	Emisiones tCO ₂ e
Fosas sépticas	3485.75	kg DBO	0.3 kg de CH ₄ / kg de DBO	1.045		29.28
Fertilizantes (N)	38.20	t	No aplica		29.1	7713.60
PTAR beneficio café	2.23	t DQO	0.2 kg de NH ₄ e/kg de DQO	0.446		12.49
PTAR beneficio látex	0.3438	t DQO	0.2 kg de NH ₄ e/kg de DQO	0.068		1.92
Total emisiones fugitivas (tCO₂e)						7757.29

Como se puede observar en la figura 8, el foco de mayor emisión de gases GEI es la aplicación de fertilizantes y la gestión del uso del suelo representando el 99.43% de las emisiones fugitivas.

**Figura 8. Focos de emisiones fugitivas (tCO₂e)**

5.3.2. Emisiones indirectas – Alcance II

a. Energía

Se consumieron 89,540 kWh durante el año de 2020, las cuales emitieron 0 emisiones de CO₂, debido a que estas proceden de una fuente renovable, en este caso la hidroeléctrica que posee la finca.

Cuadro 13. Emisiones por energía eléctrica

Descripción	Consumo anual	Factor de emisión	Emisiones GEI (tCO ₂ e)
Energía eléctrica	89.54 MWh	0 tCO ₂ /MWh	0
Total de emisiones (tCO₂e)			0

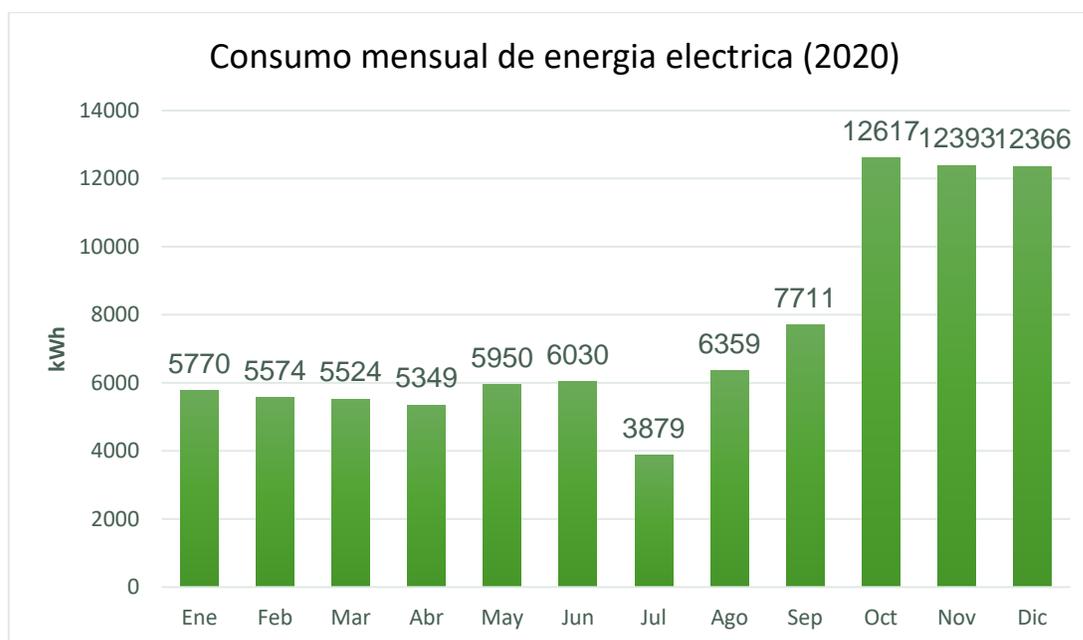


Figura 9. Consumo de energía eléctrica (kWh/mes)

5.3.3. Otras emisiones indirectas – Alcance III

a. Servicios subcontratados

Las emisiones terciarias son todas aquellas generadas a partir de un servicio subcontratado, es decir, fuentes que no son propiedad de la empresa, y no se tiene un control operacional sobre ellas.

En Finca Panamá se identificó el foco de transporte subcontratado, el cual se divide en diésel y gasolina. Siendo el transporte diésel el mayor foco de emisión.

Cuadro 14. Emisiones por servicios subcontratados

Descripción	Consumo anual	Unidades	Factor de emisión (CO ₂ kg/gal)	Emisiones de tCO ₂ e
Maquinaria pesada – diésel	2205.2	Gal	10.035	22.12
Transporte – gasolina	100	Gal	8.658	0.86
Total de combustión móvil (tCO₂e)				22.98

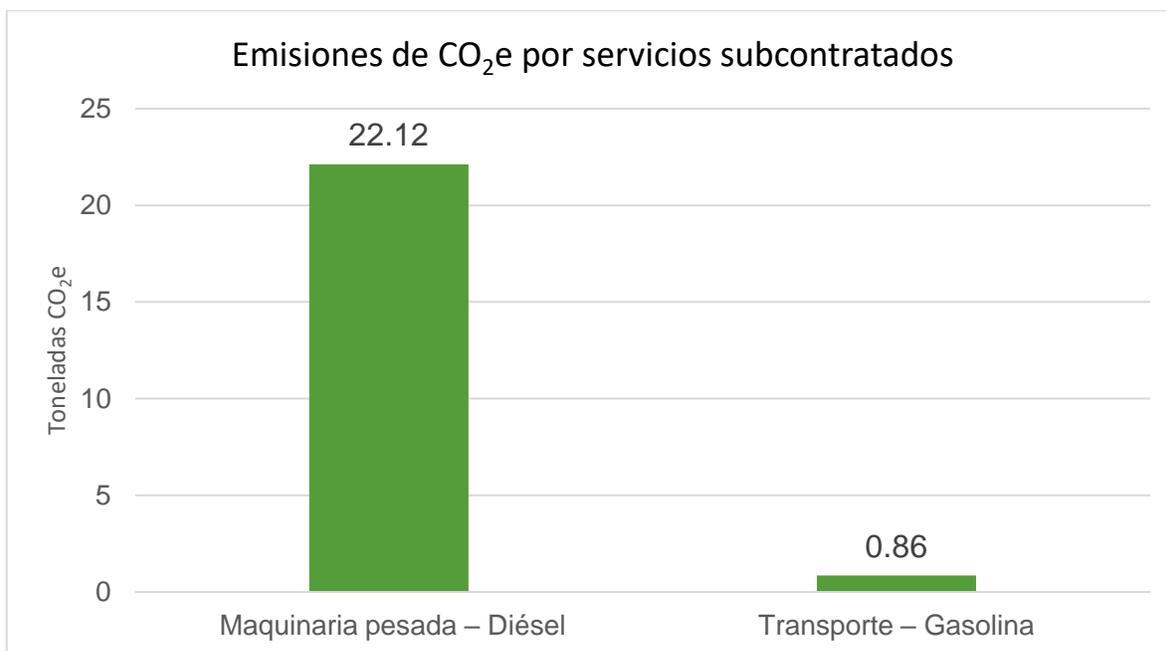


Figura 10. Emisiones otras emisiones indirectas (tCO₂e)

5.3.4. Resumen de emisiones del periodo 2020

La información recopilada de las diferentes fuentes de emisiones de GEI dentro de control operativo de la empresa se detallan en el siguiente cuadro;

Cuadro 15. Resumen de emisiones de alcance I, II y III

Emisiones primarias de GEI - Alcance I					
Tipo de GEI	Descripción		Consumo	U	TCO _{2e}
CO _{2e}	Combustión fija	Generadores – diésel	253.75	gal	2.55
CO _{2e}		Equipos livianos - gasolina	4,208.05	gal	36.44
CO _{2e}	Combustión móvil	Maquinaria pesada – diésel	3,464.7	gal	34.76
CO _{2e}		Vehículos – gasolina	1,892.6	gal	16.38
CO _{2e}		Vehículos – diésel	3,085.6	gal	30.96
N ₂ O	Emisiones fugitivas	Fertilizantes (nitrógeno)	38.20	tm	7713.60
N ₂ O					
CH ₄		Aguas residuales (beneficio de látex)	1,528	m ³	1.92
CH ₄		Aguas residuales (beneficio de café)	8,791	m ³	12.49
CH ₄		Fosas sépticas	191	hab	29.27
Total de emisiones alcance I (Tn CO_{2e})					7878.37
Emisiones secundarias de GEI – Alcance II					
Tipo de GEI	Descripción		Consumo	Unidad	TCO _{2e}
CO _{2e}	Energía Eléctrica (renovable)		89540	kWh	0
Total de emisiones alcance II (Tn CO_{2e})					0
Emisiones terciarias - Alcance III					
Tipo de GEI	Descripción		Consumo	U	TCO _{2e}
CO _{2e}	Subcontratado Diésel		2205.2	gal	22.12
CO _{2e}	Subcontratado Gasolina		100	gal	0.86
Total de emisiones Alcance III (Tn CO_{2e})					22.98
Total de emisiones de (Tn CO_{2e})					7901.35

Cuadro 16. Resumen de emisiones por biomasa

Emisiones por biomasa (neutras)				
Tipo de GEI	Descripción	Consumo	U	TCO_{2e}
CO _{2e}	Biomasa (beneficio de café)	134.45	tn	221.85
Total de emisiones (Tn CO_{2e})				221.85

Factores de emisiones

Para conseguir la cuantificación de las emisiones de GEI de la empresa se describen los factores de emisión, el potencial de calentamiento global y la fuente utilizada en cada caso, para que puedan ser revisados y comprobados.

Cuadro 17. Factores de emisión

CH ₄ (Metano) GWP 28 (poder de calentamiento global) Fuente IPCC, 2013
N ₂ O (Óxido nitroso) GWP 265 (poder de calentamiento global) Fuente IPCC, 2013
Diésel Estacionario/Móvil: 10.035 kgCO ₂ /galón. Fuente IPCC, 2006. Utilizando el Net Calorific Values (TJ/Gg) y Default Value (kgCO ₂ /TJ)
Gasolina Móvil/Estacionaria: 8.658 kgCO ₂ /galón. Fuente IPCC, 2006. Utilizando el Net Calorific Values (TJ/Gg) y Default Value (kgCO ₂ /TJ)
Gestión del suelo cultivable: 25.14 kg de N ₂ O/ha. Fuente IPCC, 2006
Aguas residuales: 0.2 kg de NH ₄ /kg de DQO, Fuente IPCC, 2006
Fosas sépticas: 0.3 kg de CH ₄ /Kg de DBO, Fuente IPCC, 2006
Energía eléctrica: 0.477 tCO ₂ /MWh. Fuente: Green Development, 2016. Con datos de la AMM (Administrador de Mercado Mayorista) de los años 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016.
Biomasa: 1.63 kg de CO ₂ / Kg de madera. Fuente: Montes, 2006

5.3.5. Captación de emisiones de CO₂

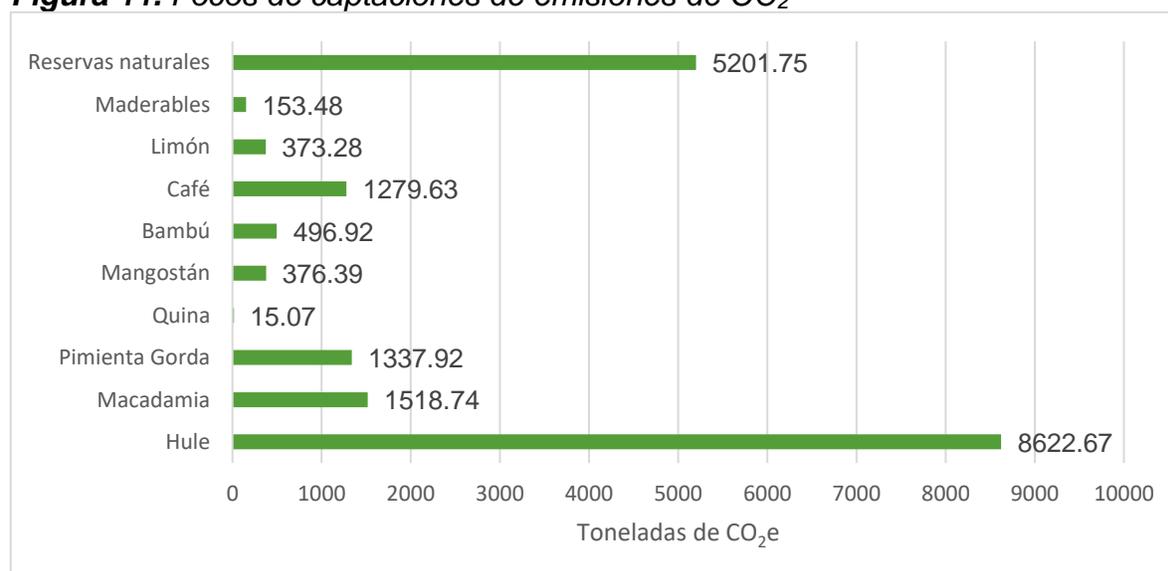
Dentro de las captaciones de CO₂ se incluyeron todos los cultivos, reservas naturales, y plantaciones forestales, y el área que ocupan a partir del inventario de cultivos realizado en el 2020.

Cuadro 18. Captaciones de CO₂ (tCO₂)

Descripción	Área	Factor de captación (tCO ₂ /ha)	Captación de CO ₂ (tCO ₂)
Hule	528.35	16.32	8622.67
Macadamia	186.12	8.16	1518.74
Pimienta Gorda	21.53	64	1337.92
Quina	47.1	0.32	15.07
Mangostán	60.32	6.24	376.39
Bambú	54.97	9.04	496.92
Café	157.98	8.10	1279.63
Limón	46.37	8.05	373.28
Maderables	21.17	7.25	153.48
Reservas naturales	151.17	34.41	5201.75
Total remociones GEI			19,375.85

Nota: Los factores de captación de CO₂ fueron obtenidos de la línea base realizada por Green development y son específicos para Finca Panamá.

Figura 11. Focos de captaciones de emisiones de CO₂



5.4. Balance de emisiones

A continuación, se describen los datos por cada foco de captación, los cuales ascienden a 19,375.85 tCO₂, al igual que las emisiones liberadas por las actividades de Finca Panamá con 7,901.35 tCO₂; al realizar la diferencia entre emisiones y remociones de tCO₂, indica que las captaciones de CO₂ son mayores a las emisiones, con un diferencial de 11,474.5 tCO₂. Por consiguiente, la finca aún se cataloga como carbono neutral.

Cuadro 19. Balance de emisiones GEI

Emisiones de tCO ₂		Remociones tCO _{2e}	
Descripción	tCO ₂	Captaciones	tCO ₂
Primarias	7878.37	Reserva natural	5201.75
Secundarias	0	Maderables	153.48
Terciarias	22.98	Cultivos	14020.62
Total	7901.35	Total	19375.85
Diferencia (tCO_{2e})			-11474.5

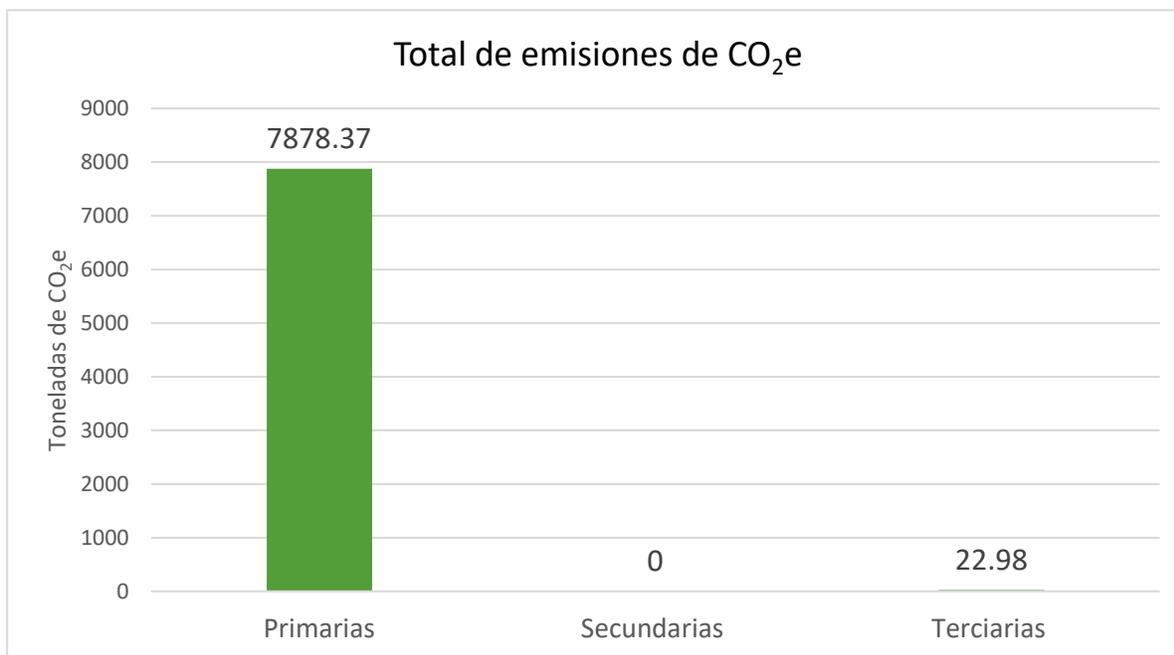


Figura 12. Emisiones GEI (tCO₂e)

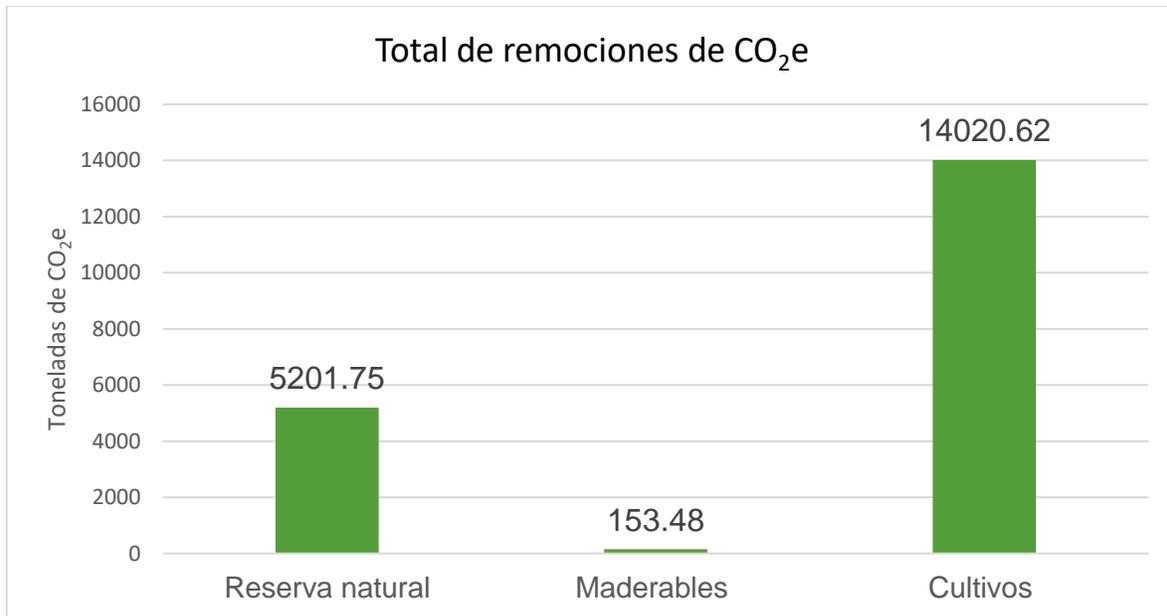


Figura 13. Remociones de GEI (tCO₂e)

La siguiente figura muestra las emisiones, fijación y la diferencia de Finca Panamá, las cuales están representadas en toneladas para realizar su comparativo. Esto con el propósito de representar de cada área de estudio analizado.

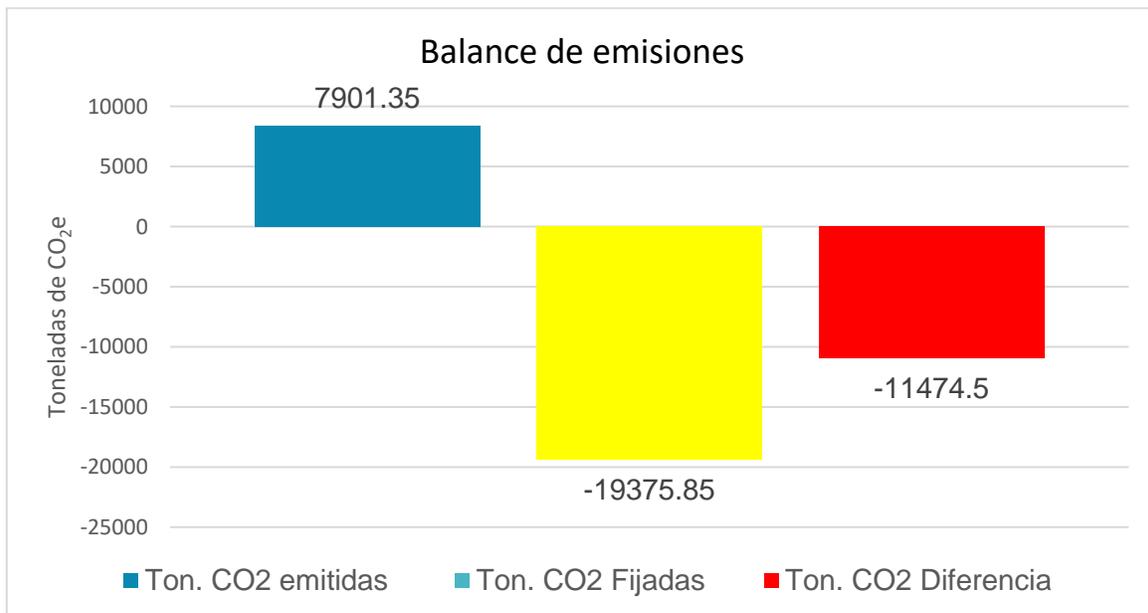


Figura 14. Comparativo de emisión y captación

5.5. Comparación del periodo 2016 y 2020

Uno de los objetivos de este estudio es evaluar el incremento o disminución de gases GEI para comparar las emisiones de CO₂ de la finca con años anteriores o bien estimar el desempeño ambiental en cuanto a la contaminación atmosférica por sus actividades productivas.

En la figura 15 se puede observar la comparación de las emisiones estacionarias; en el periodo de 2020 se generó un aumento de 11.64 tCO₂e y equivalente a un aumento de 47.57% con respecto a las emisiones del periodo 2016.

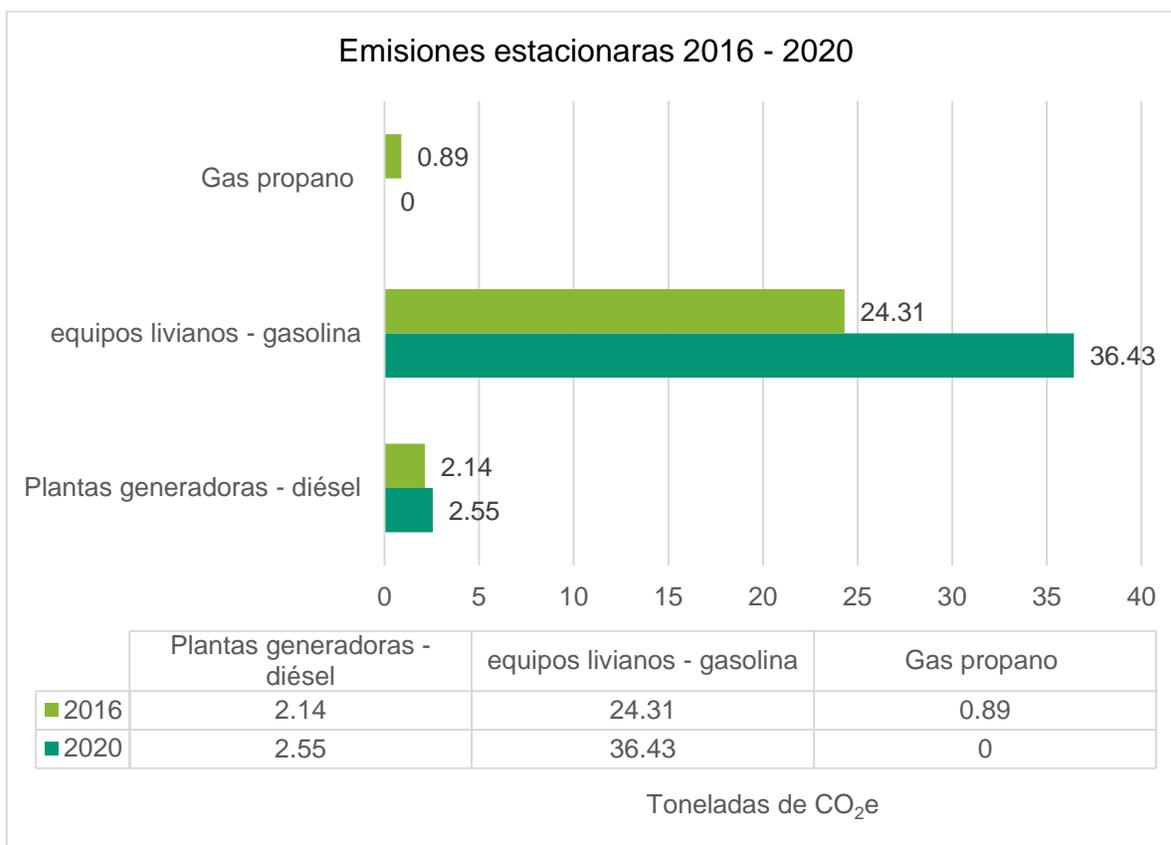


Figura 15. Comparación de emisiones estacionarias 2016 - 2020 (tCO₂e)

En el año 2020 no hubo consumo de gas propano, esto se debió a que no estaba habilitado el comedor de la finca por la situación de pandemia COVID 19. El aumento de emisiones del equipo liviano fue principalmente por las actividades de

limpia mecanizada dentro de la finca, esto se debió al incremento de las restricciones de Rainforest Alliance en el uso de químicos para el control de malezas y por lo tanto incrementó el uso de chapeadoras *shindaiwas*, mientras que el uso de motosierras, parihuelas y motobombas fue similar al periodo de 2016.

En la siguiente figura se muestra la comparación de las emisiones móviles. En el periodo de 2020 hubo una disminución en el consumo de combustibles fósiles, por consiguiente una reducción de 46.12 tCO₂e lo cual equivalen a un descenso del 35.97% con respecto a las emisiones del 2016.

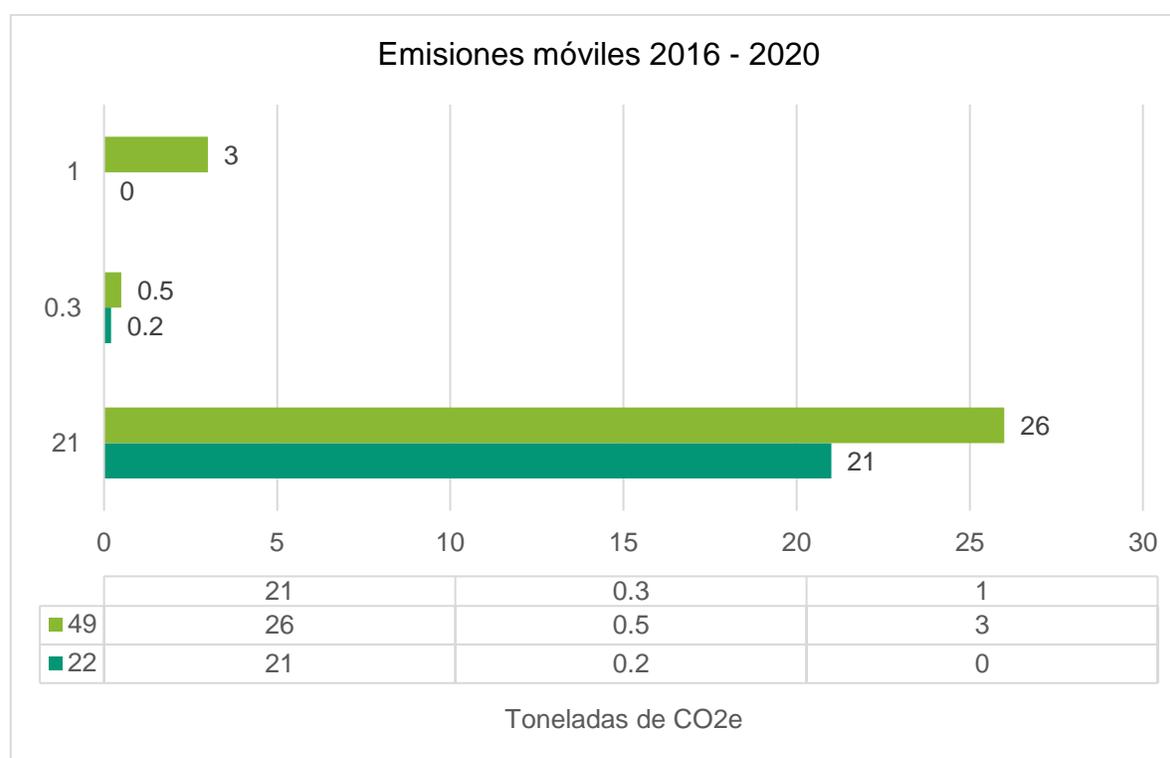


Figura 16. Comparación de emisiones móviles 2016 - 2020 (tCO₂e)

En el año 2016 se realizó la eliminación de lotes de hule (*Hevea brasiliensis*), y para ejecutar estas actividades se utiliza maquinaria pesada para retirar los árboles de hule, por lo tanto, hubo mayor consumo de combustible diesel con respecto al año 2020 que no se realizaron estas actividades.

Como se puede observar en el año 2020, hubo un aumento de las emisiones de vehículos de gasolina específicamente motocicletas, debido al crecimiento del personal permanente dentro de la finca.

Referente a las emisiones fugitivas, cuenta con las diferencias más significativas entre periodos específicamente para las plantas de tratamiento de aguas residuales y la aplicación de fertilizantes.

Con relación a las emisiones fugitivas de las plantas de tratamiento de aguas residuales del periodo de 2020, tuvo una carga mayor de aguas a tratar, pero los análisis físico - químicos de laboratorio demostraron que hubo una mayor eficiencia en la disminución de la demanda química de oxígeno que es el indicador para la producción de metano en aguas residuales industriales, generando una disminución de 57.02 tCO₂e, que representa una reducción 79.82 % con relación al 2016.

El aumento de emisiones fugitivas en las fosas sépticas está íntimamente relacionado con el crecimiento del personal; en el año 2016 laboraban un total de 121 personas y en el 2020 asciende a 191 personas. A más población dentro de la finca se producen mayores cantidades de heces fecales, siendo el material orgánico generador de metano.

En las emisiones por fertilizantes hubo una reducción significativa en la aplicación de nitrógeno en los cultivos como otros factores que influyeron en el descenso de emisiones N₂O, ejemplo, la eliminación del cultivo de aguacate, en consecuencia, generó una diferenciación de por lo menos 20 toneladas de fertilizante no aplicados al suelo, implementación y actualización de programas de fertilización. Generando una disminución de 3909.85 tCO₂e, que equivalente a una reducción de 33.64 % emisiones con respecto al 2016.

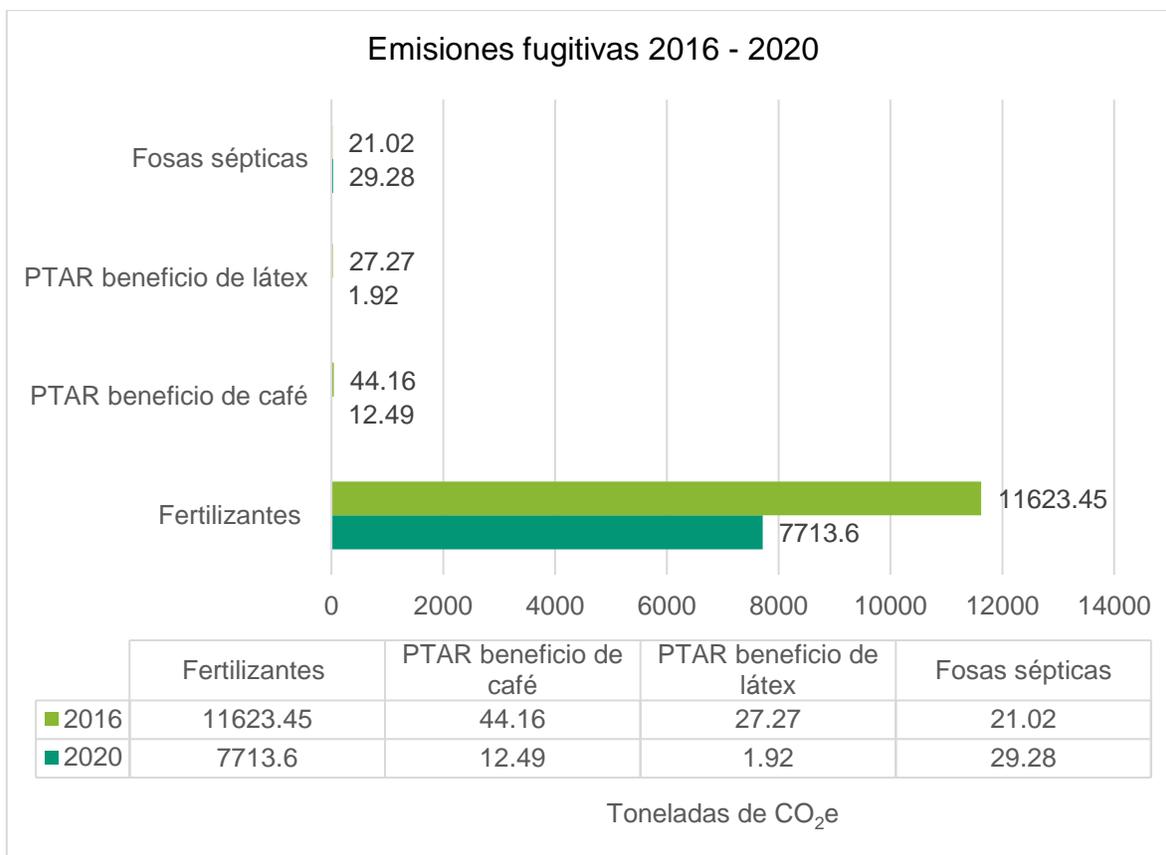


Figura 17. Comparación de emisiones fugitivas 2016 - 2020 (tCO₂e)

Con relación a las emisiones terciarias no generó un cambio significativo en la producción de GEI de los diferentes periodos; este patrón se mantuvo porque los servicios subcontratados por la finca, a los cuales la misma les brinda el combustible diesel como gasolina, son similares desde el periodo 2016.

La siguiente figura muestra la comparación de las emisiones terciarias; en el periodo de 2020 hubo una reducción de consumo de combustibles fósiles, por consiguiente hubo una disminución de 3.16 tCO₂e y representa un descenso del 12.76% con relación al año 2016.

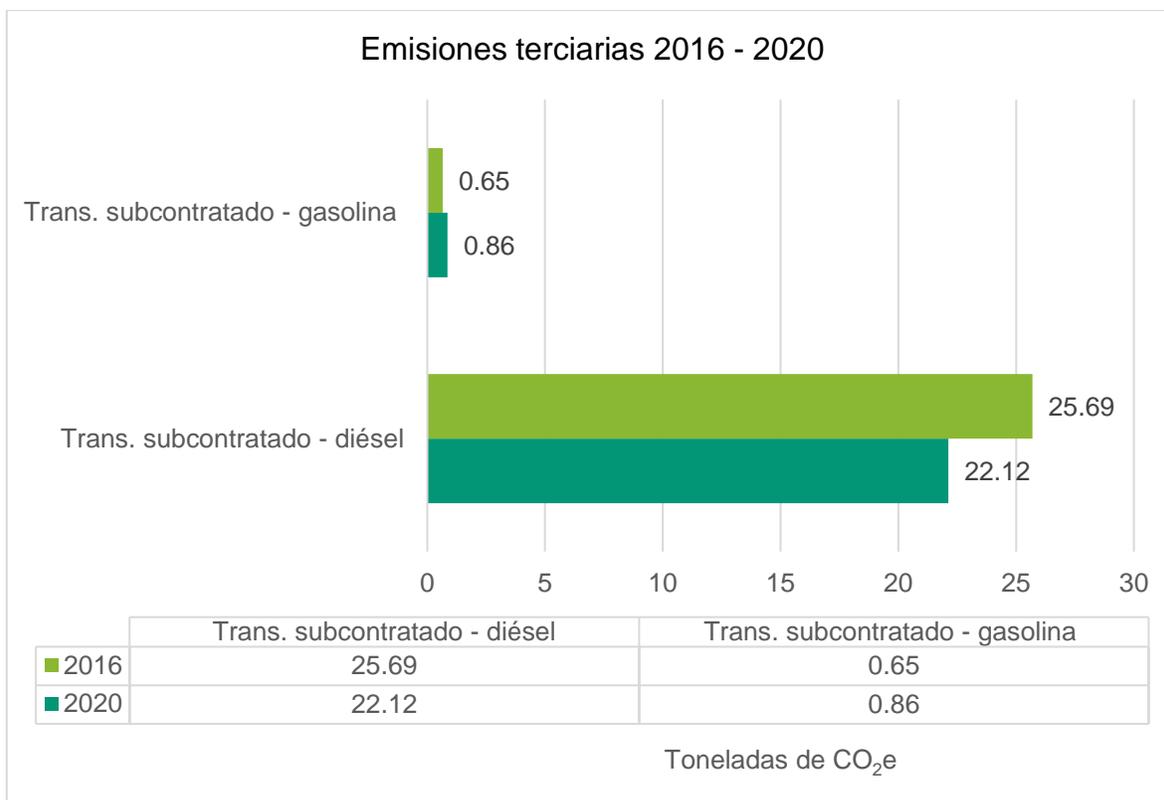


Figura 18. Comparación de emisiones terciarias 2016 - 2020 (tCO₂e)

Finca Panamá tuvo una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del 33.59%, representado en 3996.45 tCO₂e.

Algunos datos del estudio realizado en 2020 pueden diferir de los resultados de la línea base (2016) elaborada por Green development, porque en la línea base utilizaron los potenciales de calentamiento global del IPCC del año 2006 y en el estudio realizado para el periodo de 2020 se utilizó los potenciales de calentamiento global del IPCC del 2013; además, en el informe de Green Development no cuentan con factores de emisión de todos procesos, así como la metodología utilizada para el cálculo de las emisiones fugitivas.

De acuerdo a los resultados del estudio realizado es necesario definir con medidas de mitigación de gases GEI, las cuales se describen en el *anexo 3. Medidas de mitigación.*

VI. Conclusiones

1. Los resultados obtenidos de acuerdo a los registros históricos y las actividades de Finca Panamá señalan que en el periodo de 2020 hubo una producción de 7901.35 tCO₂e.
2. Las fuentes primarias de emisiones GEI, se conforman por emisiones estacionarias, móviles y fugitivas, que representan el 99.70% de las emisiones totales del inventario GEI. Las emisiones secundarias son una fuente renovable y genera 0 emisiones de gases GEI. Las emisiones terciarias representaron 0.30% de las emisiones totales del inventario.
3. El balance de emisiones GEI describe que las actividades productivas de Finca Panamá tienen una producción de 7,901.35 tCO₂e y las captaciones de carbono ascienden a 19,375.82 tCO₂, por lo que las captaciones de CO₂ son mayores a las emisiones, con un diferencial de 11,474.5 tCO₂. Por consiguiente, la finca se cataloga como carbono neutral.
4. En el periodo de 2016 la empresa tuvo una producción de 11,957.75 tCO₂e. y en año 2020 emitieron 7901.35 tCO₂e, hubo una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del 33.59%, representado en 3996.45 tCO₂e.
5. En el año 2020 hubo una reducción en las captaciones de tCO₂ con respecto al año 2016 siendo de 689.09 tCO₂ menor representando 3.43%, debido al cambio de uso de suelo de la finca.

VII. Recomendaciones

1. Para definir el área de estudio bajo el concepto de control de operaciones es importante conocer el límite de mando de la empresa, para esto es necesario identificar la participación de la empresa y su control financiero.
2. Mantener actualizados los factores de emisión de acuerdo a las modificaciones y actualizaciones de las directrices del IPCC, si no se cuenta con los factores de emisión específicos del país.
3. Es importante definir datos de la actividad que producen gases GEI, ya que con base en estos se realizan las metodologías para definir los factores de emisión o bien la metodología para obtenerlos.
4. De acuerdo al cálculo de la huella de carbono de la empresa es importante la toma de decisiones y estrategias para plantear una gestión eficiente para reducir y mitigar las emisiones de GEI de sus actividades productivas las cuales tengan puntos de mejora.
5. Para el reporte o informe de emisiones de gases GEI se puede estructurar bajo la metodología de la ISO 14061 – 1 o bien con la estructura del GHG Protocol, ya que es una metodología paralela a la ISO 14061 – 1.

VIII. Referencias

- Acción Nacional Apropiada de Mitigación. (2017). *Fortalecimiento y creación de capacidades en beneficios en huella de carbono de acuerdo a la norma INTE ISO - 14064 - 1*. Costa Rica.
- AGRATISA. (17 de septiembre de 2021). *Productos*. Obtenido de agratisa.com: <https://www.agratisa.com/products>
- Ballesteros, H. O. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Colombia: IDEAM.
- Frohmann, A. (2013). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- García, L. F. (2008). *Cambio Climático - Norma ISO 14067 - 1. Una posibilidad de desarrollo sostenible*.
- GHG Protocol. (2010). *Protocolo de gases de efecto invernadero*. México: SEMARNAT.
- Green development. (2017). *Cuantificación de huella de carbono año 2016, Finca Panamá*. Guatemala.
- Greenfacts. (17 de abril de 2021). *Potencial de calentamiento global*. Obtenido de Greenfacts.org: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>
- Ihobe. (2012). *Guía metodología para la aplicación de la norma UNE-ISO 14067 - 1: 2006 para el desarrollo de inventario de gases de efecto invernadero*. España: dualxj.

International organization for standardization. (2018). *Gases de efecto invernadero, ISO 14064 - 1: 2018. Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. Panamá: COPANIT.

International Organization for Standardization. (2018). *Gases de efecto invernadero ISO 14064 - 1*. Ginebra.

International organization for standardization. (13 de 04 de 2021). *About ISO*. Obtenido de waybackmachine: <https://web.archive.org/web/20071004201243/http://www.iso.org/iso/about.htm>

IPCC. (14 de abril de 2021). *Informes metodológicos*. Obtenido de ipcc.ch: <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>

IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Japón. IGES

IPCC. (14 de abril de 2021). *IPCC, Sobre nosotros*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#:~:text=El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos,repercusiones%20y%20estrategias%20de%20respuesta.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA -IGN-RIC. (2006). *Ortofoto. Versión 1.1.1 resumen: ortofotos de la República de Guatemala*. Disponible en: http://ide.segeplan.gob.gt/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ot_web/ot_overview_1.map&SERVICE=WMS&

Mena, L. R. (2015). *Evaluación de fertilizantes de liberación controlada y convencionales en el cultivo de macadamia (Macadamia integrifolia) en la etapa de almácigo, diagnóstico y servicios realizados en finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala, C.A*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala - USAC.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN. (2012). *Diagnóstico Ambiental - Proyecto de producción agroforestal en finca panamá*. Guatemala: SAI.

Naciones unidas. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York. Obtenido de unfccc.

Protocol GHG. (2018). *Protocolo de gases de efecto invernadero*. México.

Rivas, K. (2018). *Estimación de la huella de carbono producidas por las actividades del hato porcino de la ESPAM - MFL*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

Schneider, H. (2009). *La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago Chile: Naciones Unidas.

Unión europea. (07 de Julio de 2021). *Kioto: primer periodo de compromiso (2008-2012)*. Obtenido de Europa.eu: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto_1_es

Vo. Bo.


Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



IX. Anexos

Anexo 1. Calculo emisiones de GEI

1. Cálculo de emisiones de fosas sépticas

Factor de emisión para fosas sépticas

Para obtener el factor de emisión de CH₄ de las fosas sépticas se desarrolló la siguiente formula, de acuerdo a las directrices del IPCC.

$$EF = B * MCF$$

Donde:

EF= factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO

B = capacidad máxima de producción de CH₄, kg. de CH₄/kg. De DBO, valor por defecto de 0.6 kg. de CH₄/kg. de DBO para aguas residuales domésticas.

MCF= factor corrección para el metano, para los sistemas sépticos es de 0.5

El factor de emisión quedaría de la siguiente manera.

$$EF = 0.6 \text{ kg. de CH}_4/\text{kg. de DBO} * 0.5$$

$$EF = 0.3 \text{ kg de CH}_4/\text{kg de DBO}$$

Para fines más prácticos se puede multiplicar este factor de emisión por 28 que es el PCG de metano para obtener el CO₂e

$$EF = 8.4 \text{ kg de CO}_2\text{e}/\text{kg de DBO}$$

Elección de datos

Posteriormente se prosiguió a obtener el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales con la siguiente formula;

$$TOW = P * DBO * 0.001 * I * 365$$

Donde:

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de BOD/año

P = Población

DBO= per cápita específico del país en el año del inventario, g/persona/día, para Asia, oriente medio y américa latina es de 40 DBO₅ g/persona/día

0.001 = Conversión de gramos DBO a kilogramos de DBO

I = factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en las cloacas, si es recolectado el valor por defecto es 1.25

La producción total de materia orgánica de las fosas sépticas es la siguiente:

$$TOW = 191 * 40 * 0.001 * 1.25 * 365$$

$$TOW = 3485.75 \text{ kg de DBO}$$

Las emisiones de CO₂e de las fosas sépticas se obtiene multiplicando TOW por EF obtenidos anteriormente;

$$tCO_2e = 3485.75 * 8.4 * 0.001$$

$$tCO_2e = 29.28$$

Plantas de tratamiento, en el beneficio de café y beneficio de huela. Con una emisión de 14.41 tCO₂, estas emisiones representan el 0.17% de las emisiones totales.

2. Cálculo de emisión de plantas de tratamiento de aguas residuales

Factor de emisión para plantas de tratamiento

Para obtener el factor de emisión de CH₄ de las plantas de tratamiento se desarrolló la siguiente formula, de acuerdo a las directrices del IPCC;

$$EF = B * MCF$$

Donde:

EF= factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO

B = capacidad máxima de producción de CH₄, kg. de CH₄/kg. De DBO, valor por defecto de 0.25 kg. de CH₄/kg. de DQO para el tratamiento de aguas industriales.

MCF= factor corrección para el metano, Para el sistema de laguna anaeróbica profunda es de 0.8

El factor de emisión quedaría de la siguiente manera.

$$EF = 0.25 \text{ kg. de CH}_4/\text{kg. de DQO} * 0.8$$

$$EF = 0.2 \text{ kg de CH}_4/\text{kg de DQO}$$

Para fines más prácticos se puede multiplicar este factor de emisión por 28 que es el PCG de metano para obtener el CO₂e

$$EF = 5.6 \text{ kg de CO}_2\text{e}/\text{kg de DQO}$$

Elección de datos

Posteriormente se prosiguió a obtener el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales con la siguiente formula;

$$TOW = P * W * DQO * I$$

Donde:

TOW = total de la materia degradable de manera orgánica en las aguas residuales de la industria, kg. de COD/año

P = producto industrial total del sector industrial, qq/año o tn/año

W= aguas residuales generadas, m³ /qq producto, 2.63 m³ /qq por quintal de café procesado,

DQO = requerimiento químico de oxígeno (componente industrial orgánico degradable en las aguas residuales), de acuerdo al análisis de físico – químico realizado en enero de 2020 de la PTAR del beneficio húmedo de café es de 203 mg DQO/L = 0.203 kg. de DQO/m³. Para la PTAR del beneficio látex es de 180 mg DQO/L = 0.180 kg. de DQO/m³.

I = factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en las cloacas, si es recolectado el valor por defecto es 1,25

0.001= conversión de kilos a toneladas

La producción total de materia orgánica de las plantas de tratamiento es la siguiente:

$$TOW_{PTAR\ Cafe} = 3346.71\ t * 2.63\ m^3/t * 0.203\ \text{kg. de DQO}/m^3 * 1.25$$

$$TOW_{PTAR\ Cafe} = 2233.50\ \text{kg de DQO}$$

$$TOW_{PTAR\ hule} = 699.52\ t * 2.185\ m^3/t * 0.180\ \text{kg. de DQO}/m^3 * 1.25$$

$$TOW_{PTAR\ hule} = 343.8\ \text{kg de DQO}$$

Las emisiones de CO_{2e} de las PTAR se obtiene multiplicando TOW por EF obtenidos anteriormente;

$$tCO2e_{PTAR\ Cafe} = 2230.75 * 5.6 * 0.001$$

$$tCO2e = 12.49$$

$$tCO2e_{PTAR\ hule} = 343.8 * 5.6 * 0.001$$

$$tCO2e = 1.92$$

3. Calculo para emisiones por gestión del suelo

El fertilizante, el principal foco de emisiones es el uso de estos para los almácigos, y a su vez son aplicados en las plantaciones de la finca, el fertilizante utilizado para el año 2020 emitió 7713.60 tCO₂, representando el 91.64% de las emisiones totales.

Para obtener las emisiones directas de N₂O por la aplicación de fertilizantes se utilizaron las siguiente formulas proporcionadas por el IPCC:

$$N_2O_{directas} - N = N_2O_{N\ aportes} - N + N_2O - N_{os} + N_2O - N_{PRP}$$

$$N_2O_{N\ aportes} - N = F_{SN} * EF_1$$

$$N_2O - N_{os} = F_{os} * EF_2$$

Donde:

$N_2O_{Directas} - N$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O– N año⁻¹

$N_2O - N_{N\ aportes}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{OS}$ = emisiones directas anuales de N_2O-N de suelos orgánicos gestionados, $kg N_2O - N \text{ año}^{-1}$

$N_2O - N_{PRP}$ = emisiones directas anuales de N_2O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, $kg N_2O - N \text{ año}^{-1}$, este factor no aplica ya que en la finca no se utiliza orina y estiércol en los suelos.

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, $kg N \text{ año}^{-1}$

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionado/ha

$EF_1 = 0.01 \text{ kg } N_2O - N \text{ (kg N)}^{-1}$ Para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos gestionados, $kg N_2O-N \text{ há}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es $16 \text{ kg } N_2O-N \text{ ha}^{-1}$ para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales

0.001= conversión de kilos a toneladas

Las emisiones directas de $N_2O - N$ por la aplicación de fertilizantes quedaría de la siguiente manera:

$$N_2O_{N \text{ aportes}} - N = 38.20 \text{ tn} * 0.01$$

$$N_2O_{N \text{ aportes}} - N = 0.382 \text{ tn}$$

$$N_2O - N_{OS} = 1133.82 * 16 * 0.001$$

$$N_2O - N_{OS} = 18.14 \text{ tn}$$

$$N_2O_{directas} - N = 18.14 + 0.382$$

$$N_2O_{directas} - N = 18.522 \text{ tn}$$

La conversión de emisiones de N_2O-N a emisiones de N_2O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N * 44/28$$

$$N_2O = 18.522 * 44/28$$

$$N_2O = 29.106 \text{ tn}$$

El resultado obtenido anteriormente se multiplica por el PCG del óxido nitroso que es de 265 para obtener tCO₂e, dando como resultado:

$$tCO_2e = 29.106 \text{ tn} * 265$$

$$tCO_2e = 7713.60$$

Anexo 2. Medidas de mitigación

Dentro del inventario de emisiones de GEI contabilizadas en Finca Panamá, se identificaron los mayores focos de emisión los cuales pueden tener puntos de mejora siendo los siguientes: Fertilizantes y gestión del suelo, equipo liviano, maquinaria pesada, vehículos (motocicletas), y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para los cuales se recomienda las siguientes medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI:

1. Fertilizantes y gestión del suelo

Siendo la aplicación de fertilizantes y la gestión del suelo el mayor foco de emisión de gases GEI es necesario continuar con las buenas prácticas agrícolas que se han llevado a cabo.

- Realizar formulaciones y composiciones con menores cantidades de nitrógeno, ya que este es el indicador de emisiones de N₂O.
- Realizar análisis de nutrientes del suelo una vez al año para una mejor gestión en la aplicación de fertilizantes.
- Habilitar nuevamente el área de lombricultura para reducir el consumo de fertilizantes.

2. Equipo liviano

Este foco se deriva del consumo de combustibles, el cual se utiliza para el principalmente para el uso de las chapeadoras.

- Controles biológicos para malezas siendo el uso de patógenos o plagas específicas para las malezas.
- Cultivos de cobertura o plantas forrajeras como cobertura viva.
- Coberturas físicas pudiendo ser el bambú de rechazo que se produce en finca.
- Mantenimientos preventivos regulares

3. Maquinaria pesada

Este foco se deriva de la utilización de combustible, el cual es necesario para su funcionamiento.

- Realizar servicios de mantenimiento preventivos mensuales para mantener la eficiencia de la maquinaria.
- Efectuar monitoreos mensuales de eficiencia para tener una mejor noción de que maquinaria utilizar y poder estandarizar el trabajo, generando una reducción de las emisiones.

4. Vehículos

Estos son utilizados para los recorridos en campo, para las inspecciones de los cultivos y trabajos de la finca.

- Para los vehículos al igual que la maquinaria se recomiendan monitoreos mensuales de eficiencia y mantenimiento preventivos.

5. Plantas de tratamiento de aguas residuales

Las plantas de tratamiento son el foco con menor emisión, pero debido a su eficacia está ligada a la capacidad de los microorganismos para reducir la DQO, es necesario realizar análisis físico-químicos cada seis meses para evaluar la eficiencia de los microorganismos eficientes.

Anexo 3. Glosario

- **Balance de emisiones:** El balance emisiones de efecto invernadero representa la diferencia entre las de emisiones emitidas y las de emisiones capturadas.
- **Captaciones:** Es la absorción del dióxido de carbono que va hacia la atmósfera.
- **Combustibles fósiles:** Se categorizan en carbón, petróleo y sus derivados, gas natural y productos que por sus propiedades químicas se utilizan como combustibles.
- **Emisiones:** Es la liberación de gases de efecto invernadero que se producen por actividades antropogénicas como naturales.
- **Emisiones directas:** Son aquellas que se producen de fuentes que son de la propiedad de la empresa o están controladas por esta.
- **Emisiones estacionarias:** Son emisiones que se producen por el uso de equipo estático y equipo liviano.
- **Emisiones fugitivas:** Es la liberación de gases por procesos de refrigeración, tratamiento de aguas residuales, aplicación de fertilizantes, explotación del suelo, minería, entre otros.
- **Emisiones indirectas:** Son aquellas que se producen por el consumo eléctrico y se producen fuera de la empresa.
- **Emisiones móviles:** Son procedentes de la combustión móvil que se estiman más fácilmente por la actividad del transporte de la empresa.
- **Huella de carbono:** Indicador ambiental que refleja las emisiones de gases de efecto invernadero de una organización, proyecto o ciclo de vida de un producto.

Mazatenango, 28 de octubre 2021

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

De la manera más atenta, me dirijo a usted para presentarle el informe final de Investigación Inferencial titulado: **“Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A, Santa Bárbara, Suchitepéquez”**, realizado por el estudiante Juan Carlos Osorio Rosales Carné: 201744730 y Documento de Identificación Personal, 3301274031201, durante el período del 15 de febrero al 15 de agosto del 2021, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local -EPSIGAL-.

Por lo tanto, en mi calidad de supervisora de Ejercicio Profesional Supervisado, solicito que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación; pueda darse el trámite correspondiente para ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Sin otro particular:



Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Supervisora de Ejercicio Profesional Supervisado
Docente IGAL – CUNSUROC



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, 10 de febrero de 2022.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Respetable Maestra Pérez:

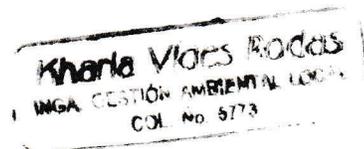
Muy respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones del trabajo titulado: **“Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A., Santa Barbará, Suchitepéquez”**, presentada por el estudiante: Juan Carlos Osorio Rosales, quién se identifica con número de carné: 201744730, y con Código Único de Identificación: 3301 27403 1201.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso que se me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones por parte del estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que se continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente,

Kharla Leticia Marysol Vides Rodas
Ingeniera en Gestión Ambiental Local
Revisora de Trabajo de Graduación IGALA
CUNSUROC



Mazatenango 05 de abril, 2022

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado **"Cálculo de la huella de carbono de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A., Santa Bárbara, Suchitepéquez"**, del estudiante **Juan Carlos Osorio Rosales** carné número **201744730**, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular



MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-26-2022

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el dieciocho de julio de dos mil veintidós-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE FINCA PANAMÁ, AGROPECUARIA ATITLÁN S.A. SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ”** del estudiante: **Juan Carlos Osorio Rosales**, Carné **201744730. CUI: 3301 27403 1201** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text "CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE", "DIRECCIÓN", and "Mazatenango, Suchitepéquez".

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris