

CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA EMPRESA
PRODUCTORA Y EXPORTADORA DE FLORES EN LA SABANA DE BOGOTÁ

JAVIER ANDRÉS GIRÓN SUÁREZ

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GESTIÓN AMBIENTAL

DIRECTORA

DIANA CAROLINA GARZÓN VELASCO

INGENIERA AMBIENTAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Director de Trabajo de grado

Nombre

Jurado 1

Nombre

Jurado 2

Bogotá D.C, agosto de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García – Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García – Peña

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejia Guzman

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. Jose Luis Macias Rodriguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas del claustro de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente; no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
1. ANTECEDENTES	13
2. JUSTIFICACIÓN E IMPACTO	15
3. DELIMITACIÓN	17
4. OBJETIVOS	18
4.1 Objetivo general	18
4.2 Objetivos específicos	18
5. DISEÑO METODOLÓGICO	19
6. MARCO REFERENCIAL	21
6.1 Objetivos generales del cálculo de la huella de carbono	21
6.2 Objetivos comerciales del cálculo de la huella de carbono	21
6.3 Aspectos generales sobre el cálculo de la huella de carbono y la floricultura	22
6.3.1 <i>Definición de los alcances para el cálculo de la huella de carbono</i>	22
6.3.2 <i>La producción floricultora</i>	25
6.3.3 <i>Fuentes de emisión de GEI tenidas en cuenta para cumplir con el indicador de HC en la certificación Floverde</i>	26
7. RESULTADOS	29
7.1 Resultado de la etapa de diagnóstico	29
7.1.1 <i>Identificación de las fuentes de emisión en cada uno de los alcances</i>	29
7.1.2 <i>Resumen general del proceso productivo evidenciado en Rosas Tesalia S.A y alcances identificados</i>	30
7.1.3 <i>Resultados de la recolección de datos del alcance 1</i>	31

7.1.4	<i>Resultados de la recolección de datos del alcance 2</i>	35
7.1.5	<i>Resultados de la recolección de datos del alcance 3</i>	36
7.2	Factores de emisión	42
7.3	Huella de carbono	45
7.4	Acciones de control sobre la huella de carbono	48
7.5	Acciones de reducción o compensación de la huella de carbono	51
7.6	Otras acciones sobre la huella de carbono	55
8.	CONCLUSIONES	56
	BIBLIOGRAFÍA	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Procesos, recursos e identificación de alcances para la producción de flores en Rosas Tesalia S.A</i>	31
Figura 2 <i>Toneladas de CO₂eq por fuente de emisión en Rosas Tesalia S.A</i>	47
Figura 3 <i>Equivalencia porcentual de los alcances con el total de emisiones de CO₂eq en la empresa Rosas Tesalia S.A</i>	48
Figura 4 <i>Formato de consumo mensual de refrigerantes en proceso y transporte en Rosas Tesalia S.A</i>	49
Figura 5 <i>Formato de consumo semanal de combustibles en transporte tercerizado en Rosas Tesalia S.A</i>	50
Figura 6 <i>Formato de consumo semanal de fertilizantes en Rosas Tesalia S.A</i>	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Cantidad de refrigerantes consumidos en proceso (Rip) en Rosas Tesalia S.A</i>	33
Tabla 2 <i>Cantidad de fertilizantes químicos inorgánicos consumidos anualmente en Rosas Tesalia S.A</i>	35
Tabla 3 <i>Cantidad de fertilizantes químicos orgánicos consumidos anualmente en Rosas Tesalia S.A</i>	35
Tabla 4 <i>Cantidad de energía consumida en proceso (Ecp) en Rosas Tesalia S.A</i>	36
Tabla 5 <i>Total de entregas anuales realizadas por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A</i>	38
Tabla 6 <i>Distancia anual recorrida por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A</i>	38
Tabla 7 <i>Consumo anual de combustible por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A</i>	39
Tabla 8 <i>Total de entregas anuales realizadas por cada camión a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A</i>	40
Tabla 9 <i>Distancia anual recorrida por cada camión en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A</i>	40
Tabla 10 <i>Consumo anual de combustible por cada camión en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A</i>	41
Tabla 11 <i>Cantidad de refrigerante consumido en transporte tercerizado (Rtt) en Rosas Tesalia S.A</i>	42
Tabla 12 <i>Factores de emisión de los refrigerantes relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A</i>	43
Tabla 13 <i>Factores de emisión de los combustibles y la energía eléctrica relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A</i>	44
Tabla 14 <i>Factores de emisión de los fertilizantes relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A</i>	45
Tabla 15 <i>Resultados obtenidos en toneladas de CO₂eq por fuente de emisión dentro de la empresa Rosas Tesalia S.A</i>	46

Tabla 16 <i>Análisis de alternativas para el cambio de fertilizantes nitrogenados en Rosas Tesalia S.A</i>	53
Tabla 17 <i>Comparación de los GWP y el valor de comercial de los refrigerantes en Rosas Tesalia S.A</i>	54
Tabla 18 <i>Análisis de alternativas para el cambio de refrigerantes en proceso en Rosas Tesalia S.A</i>	54
Tabla 19 <i>Comparación de las emisiones de GEI de los refrigerantes en proceso R – 22, R – 507 y R – 290 en Rosas Tesalia S.A</i>	55

RESUMEN

En el presente proyecto, cuyo objetivo principal fue calcular la huella de carbono producida por una empresa productora y exportadora de flores en la sabana de Bogotá, analizando así los alcances 1, 2 y 3, este último en lo respecta a distribución, se trabajó de la mano con la organización Rosas Tesalia S.A, ubicada en la sabana de Bogotá, específicamente en el municipio de Madrid, Cundinamarca. Haciendo uso de dos metodologías para el cálculo, primero, la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, y segundo, el Green House Gas Protocol (GHG Protocol), se logró cumplir el objetivo mencionado anteriormente. Este cálculo arrojó un valor de 7154,12 toneladas de CO₂eq. Al final del proyecto, se realizó una correcta identificación de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y a partir de ello, junto con el cálculo de la huella de carbono, fueron propuestas diferentes acciones de control, compensación o reducción sobre los mismos, con el fin de encaminar a la empresa hacia una producción más sostenible. Estas acciones de compensación o reducción fueron evaluadas por el método de scoring propuesto por (Gutiérrez & Montoya, 2016) en “La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá – Colombia”.

Palabras clave: huella de carbono, green house gas protocol, gases de efecto invernadero, producción sostenible, floricultura.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país conocido por su fortaleza en el sector agrícola, por lo tanto, se puede decir que en cuanto a emisión de gases de efecto invernadero o GEI, por sus siglas, este sector es de los que más aporta, si no es ya, el que más lo hace en la emisión de estos gases. El Tercer Reporte Bienal de Actualización (BUR3), confirma que el 59% de las emisiones de estos gases se debió a la agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) (UNFCCC, 2018).

Como se sabe, la floricultura hace parte del sector agrícola colombiano y son sus flores, una de las muchas razones por las que Colombia es reconocida en el mundo. Por ejemplo, Colombia es el principal proveedor de flores al mercado norteamericano, con un valor de exportaciones de al menos 1 billón de dólares (Rabobank, 2022). Además, el país tiene una gama más amplia de productos en comparación con Ecuador, el segundo máximo exportador de flores a los Estados Unidos. En Ecuador, aproximadamente el 80% de la producción son rosas, mientras que en Colombia, adicional a las rosas, también aparecen otras especies como crisantemos, claveles y lirios (Rabobank, 2022). Cabe resaltar que en el 2020, Colombia fue el segundo mayor exportador de flores en el mundo (Rabobank, 2022).

Siendo así, pueden entrar a resonar varias preguntas en las personas interesadas con la preservación del medio ambiente; por ejemplo, ¿qué tipo de fertilizantes usan para el cultivo?, ¿qué refrigerante usan en sus cuartos fríos?, ¿de qué manera ahorran energía?, ¿consumen gran cantidad de combustibles fósiles?, ¿cuánta energía eléctrica usan?, entre muchas otras preguntas que pueden surgir al analizar más a fondo la floricultura en Colombia.

Las preguntas mencionadas anteriormente están directamente relacionadas con un indicador que puede dar una idea sobre el impacto ambiental de un cultivo de flores, esta es la huella de carbono o HC. Este dato permite cuantificar la cantidad de GEI que se producen en una flora durante un año de producción.

La emisión de GEI y la HC, además, están directamente relacionada con los invernaderos. La producción hortícola dentro de los invernaderos es muy eficiente desde el punto de vista económico, sin embargo, los invernaderos amenazan al ambiente porque son los usuarios más intensivos de recursos (Wainwright, Jordan, & Day, 2014).

Estos sitios mencionados anteriormente se dividen en los tipo 'norte', típicamente invernaderos con calefacción y generalmente más tecnificados, y el tipo 'sur', estos son casas cubiertas de plástico con sistemas de calefacción simples o sin calefacción y un bajo nivel técnico (Bergstrand, 2010). Los invernaderos de tipo norte emiten significativamente más CO₂ que los cultivos de campo que los invernaderos del sur. Esto debido a la combustión de gas natural para calefacción y aumento artificial de las concentraciones de CO₂ dentro del invernadero (Wainwright, Jordan, & Day, 2014), si bien esto, por ejemplo, significa que Colombia produce muchas menos emisiones que el primer productor de flores en el mundo que es Países Bajos, no quiere decir que el país no tenga una responsabilidad sobre el control de estos gases.

Bajo la supervisión de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (asocolflores), en Colombia, las empresas productoras y exportadoras de flores ya hayan tomado diversas acciones para reducir su impacto ambiental, sin embargo, puede que algunas aún no lo hayan hecho; sea cual sea el caso, es importante que las empresas floricultoras mantengan un control sobre los indicadores que las hacen amigables con el medio ambiente, entre estos la HC.

Al final, existen dos preguntas que al ser resueltas llevan a las empresas productoras y exportadoras de flores a dar un paso más hacia la producción sostenible: ¿Por qué se debe calcular la huella de carbono? y ¿Cómo mitigar o compensar las emisiones de GEI que se están produciendo en la empresa?

En el presente documento se podrá observar cómo fue el desarrollo del proyecto de calcular la huella de carbono producida por una empresa productora y exportadora de flores en la sabana de Bogotá en sus diferentes etapas. Empezando por la recolección de información que permitió organizar los antecedentes, definir una justificación, delimitar el proyecto y escoger los objetivos del mismo; así como también aplicar un diseño metodológico y construir un marco referencial que permitiese entender correctamente toda la información que viene posteriormente, la cual consiste en todo el análisis de resultados, el cálculo de la huella de carbono y las acciones de control, reducción o compensación.

1. ANTECEDENTES

Colombia es el principal exportador de flores de corte a América y el segundo a nivel mundial (CCB, 2015); (Rabobank, 2022)), se ha logrado que dos de cada tres flores vendidas en Estados Unidos, el 60% de los claveles, el 20% de los pompones, el 8% de los crisantemos y el 4% de las rosas comerciadas a nivel mundial sean colombianas (CCB, 2015).

Algo que ha mostrado la floricultura colombiana en el exterior es su compromiso con la producción sostenible, esto último se ha desarrollado a partir de programa Florverde, creado en 1996 por Asocolflores, su propósito es promover el mejoramiento del desempeño social y ambiental de las sociedades involucradas en el programa, a partir de la asesoría empresarial y la promoción de la sana competencia entre ellas (CCB, 2015).

Uno de los indicadores que tiene en cuenta este programa es la huella de carbono, esta es una herramienta que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero. Florverde establece dos criterios de cumplimiento sobre la HC para calificar una producción como sostenible; primero, se deben identificar las fuentes y se cuantifican las emisiones directas e indirectas de GEI generadas en la unidad de producción, y segundo, de acuerdo con la generación de GEI, se debe contar con un programa para reducirlas en el proceso o compensarlas a través de iniciativas locales o regionales encaminadas a la captura de Dióxido de carbono (FSF, 2018).

El principal antecedente con el que se cuenta es el proyecto realizado por (Gutiérrez & Montoya, 2016), titulado, “La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá – Colombia”. Información relacionada con este trabajo se expone a continuación.

El cálculo de la HC puede ser realizado por medio del Green House Gas Protocol (GHG Protocol), una metodología internacional estandarizada que permite cuantificar las emisiones de GEI.

El GHG Protocol “fue el resultado de una alianza multipartita de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), ONG radicada en Estados Unidos, y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD), coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza” (Gutiérrez & Montoya, 2016).

La metodología GHG Protocol se divide en varios pasos, primero se debe identificar un año base, un límite organizacional, un límite operacional; se deben identificar las fuentes de emisión, diferenciando las emisiones directas, uso de electricidad y las emisiones indirectas; el siguiente paso es identificar los factores de emisión y por último aplicar la correspondiente herramienta de cálculo (Gutiérrez & Montoya, 2016).

Al final del estudio realizado, el resultado de la HC fue obtenido analizando 7 fuentes de emisión las cuales fueron la caldera, cuartos fríos, cultivos, maquinaria, energía eléctrica, vehículos contratados y papelería, de todas la anteriores, fueron los cuartos fríos quienes más aportaron a la HC con un 94.85% del total de las emisiones (Gutiérrez & Montoya, 2016).

Adicional a la HC, se puede calcular la fijación de CO₂ por la vegetación presente en las fincas del cultivo de flores, en este proceso se cuantifica la cantidad de CO₂ capturado por la vegetación arbórea con el fin de saber si es posible tener una huella de carbono neutra (Gutiérrez & Montoya, 2016). Los resultados de HC como de fijación de CO₂, dan paso a propuestas de producción sostenible, la principal sería sustituir el refrigerante usado en los cuartos fríos pues este es quien más aporta a la HC, las demás fuentes establecidas, al aportar poca cantidad de GEI, no recibieron propuestas de cambio (Gutiérrez & Montoya, 2016).

La medición de la HC, al ser un indicador necesario para certificaciones y para el mismo control ambiental en las empresas, su desarrollo es más un procedimiento rutinario que una actividad investigativa, por lo tanto, la cantidad de documentos de investigación sobre el cálculo de HC en empresas productoras y exportadoras de flores es mínima.

En el caso concreto de la empresa de apoyo para el proyecto, es decir, la empresa productora y exportadora de flores Rosas Tesalia SAS, no se tiene ningún antecedente sobre el cálculo o manejo de su huella de carbono y sus gases de efecto invernadero. Sin embargo, la empresa cuenta con la información necesaria para poder llevar a cabo de la mejor manera el proyecto propuesto.

2. JUSTIFICACIÓN E IMPACTO

El calentamiento global afecta a todo el mundo, y son los GEI, los responsables de este fenómeno; por lo tanto, es necesario que se reduzca o compense la emisión de estos.

El cambio climático es el responsable, por ejemplo, del incremento en sequías e inundaciones, eventos naturales que afectan la vida de las personas alrededor del mundo. Esto ha llevado a que todos los actores de la sociedad, desde el gobierno, pasando por la empresa privada y llegando a la sociedad civil, se comprometan a tomar acciones para revertir o mitigar este fenómeno.

Colombia presentó en el marco del COP 26, celebrado en Glasgow en noviembre de 2021, su Estrategia Climática de Largo Plazo E2050, en la cual estableció objetivos a mediano y largo plazo: reducción del 51% de emisiones respecto al escenario de referencia a 2030, y la carbono neutralidad del país a 2050 (UNFCCC, 2018). De esta manera, se justifica la obligación que tiene el Estado y los privados de mantener un control estricto de sus emisiones.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene disponible para todos el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de 2018, que se presenta en el Tercer Reporte Bienal de Actualización (BUR3). “El inventario es una herramienta fundamental para el fortalecimiento de sectores y territorios que permitirá avanzar en la gestión de la mitigación y adaptación del país de forma articulada y bajo un soporte científico de muy alta calidad” (UNFCCC, 2018).

El INGEI 2018 muestra que el total de emisiones en este año fue de 302974 Gg CO₂ eq, cantidad de la cual el 59% se debió a la agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) (UNFCCC, 2018).

El BUR3 también divide el AFOLU en categorías y sub categorías, así aparecen la categoría 3B-Tierra y la sub categoría 3B2 - Tierras de cultivo, en esta última es sobre la cual se pueden incluir mejor los cultivos de flores. Para cada categoría, el INGEI muestra las emisiones de diecisiete diferentes gases de efecto invernadero como el CH₄, HFC-152a, HFC-236fa, entre otros, y los compara con la absorción de CO₂ de dicha actividad, logrando al final mostrar cuáles fueron las emisiones metas.

Si bien en el INGEI 2018 las emisiones netas en la categoría de tierras de cultivo fueron de -1061,18 Gg CO₂ eq, es decir, que absorbe más de lo que emite, el objetivo de carbono neutralidad

establecido en el E2050, aún está lejano y por tanto se deben seguir tomando acciones de control de los GEI. Acá, la medición y control de la HC se vuelve una herramienta muy valiosa.

La HC también se vuelve un criterio de certificación de calidad para las empresas productoras y exportadoras de flores en Colombia; asocolflores certifica la producción sostenible de flores por medio de la certificación Florverde Sustainable Flowers.

El Esquema de Certificación Florverde Sustainable Flowers "asegura que sólo se certifiquen aquellos productos cuyos procesos cumplen los requerimientos de calidad, ambientales y sociales establecidos en los documentos normativos Florverde" (FSF, 2018). Este documento, además, fortalece la implementación de prácticas sostenibles y da garantías al consumidor de que está adquiriendo un producto con calidad y responsabilidad social y ambiental; para ello, se debe cumplir con una serie de requisitos y criterios sobre los cuales se evalúan y certifican los procesos de producción de flores (FSF, 2018).

Dentro del Esquema de Certificación Florverde Sustainable Flowers, el décimo criterio está relacionado con la energía, mantenimiento y huella de carbono; en cuanto a lo último, existen dos requisitos, primero, se deben identificar las fuentes y cuantificar las emisiones directas e indirectas de GEI que se generan en la unidad de producción, y segundo, se debe contar con un programa para reducir o compensar la generación de GEI (FSF, 2018).

Una empresa productora y exportadora de flores con una certificación Florverde, o que esté trabajando en cumplir con los diferentes indicadores o criterios para una producción sostenible según asocolflores, obtendría un plus frente a las demás que no estén desarrollando dichas actividades, podría atraer inversionistas y clientes que se encuentren en la misma sintonía sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, también, puede mejorar su reputación obteniendo reconocimiento por realizar acciones sobre la reducción de emisiones de GEI.

3. DELIMITACIÓN

Para las empresas productoras y exportadoras de flores en Colombia, contar con la Certificación Florverde Sustainable Flowers de Asocolflores, significa que su producción es sostenible, tener este reconocimiento les da un valor agregado en el mercado frente a aquellas empresas que no lo poseen. Para tener esta certificación uno de los criterios es la medición y el manejo de la huella de carbono, es decir, un control de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá en la sede de Posgrados de la Fundación Universidad de América, cuyo objetivo fue calcular la huella de carbono producida por una empresa productora y exportadora de flores en la sabana de Bogotá.

El proyecto se realizó usando la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde y el Green House Gas Protocol (GHG Protocol) como herramientas para la cuantificación de la huella de carbono, a partir de los resultados, se desarrollaron propuestas de gestión ambiental para el control, reducción o compensación de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa.

El proceso tuvo una duración aproximada de tres meses desde el inicio de la aprobación del ante proyecto presentado, el cual se titula: Cálculo y análisis de la huella de carbono de una empresa productora y exportadora de flores en la sabana de Bogotá como requisito para una producción sostenible.

Durante estos tres meses se llevó a cabo una metodología de investigación cuantitativa que contó con una fase inicial de una etapa de diagnóstico y recopilación de información de los alcances 1, 2 y 3; la siguiente etapa, consistió en recopilar información que podría faltar, como por ejemplo, los factores de emisión, organizar el inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero, diferenciando cada uno de los alcances tal y como lo establece la metodología para cálculo de huella de carbono del GHG Protocol; aplicado al proceso de la producción floricultora; y desarrollar la herramienta en Excel. En la fase final del trabajo, ya con la huella de carbono debidamente calculada, se identificaron las opciones de mejora respecto al proceso productivo floricultor para así disminuir o compensar las emisiones de GEI que se pueden estar generando a lo largo de la cadena productiva. Por último se realizó la construcción del documento.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Calcular la huella de carbono producida por una empresa productora y exportadora de flores en la sabana de Bogotá, analizando así los alcances 1, 2 y 3, este último en lo respecta a distribución.

4.2 Objetivos específicos

1. Realizar la correspondiente etapa de diagnóstico que permita la recopilación de los datos necesarios para el cálculo y análisis de la huella de carbono.
2. Aplicar la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde y de forma complementaria algunos aspectos relacionados con el Protocolo GHG para el cálculo de la HC.
3. Proponer acciones de compensación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto se realizó por medio de una investigación cuantitativa.

En la fase inicial del trabajo se planteó una etapa de diagnóstico y recopilación de información. Se esperaba que esta fase tuviera una duración de 18 días, iniciando el lunes 3 de abril del 2023. En esta etapa se recogió primero la información relacionada con el alcance 1, las actividades y su duración se mencionan a continuación: cuantificación del consumo de fertilizantes nitrogenados, 10 días; cuantificación del consumo de urea 1 día, esta se realizó al tiempo que la anterior actividad.

Las actividades que se mencionan a continuación se realizaron de manera simultánea; cuantificación del consumo de refrigerantes en proceso y en transporte propio, 5 días; cuantificación del consumo de diésel y gasolina en proceso y en transporte propio, 5 días; cuantificación del consumo de gas en proceso y en transporte propio, cuantificación del consumo de gas licuado de petróleo y consumo de carbón, 1 día. Esta recolección de datos empezó el 17 de abril de 2023.

Posteriormente se recogió la información del segundo alcance relacionada con el consumo de energía eléctrica, esto se hizo durante 3 días, empezando el 21 de abril del 2023.

Por último se realizó la recolección de información del tercer alcance, la información a recolectar fue la misma que el primer alcance, pero esta vez, enfocada al transporte tercerizado, adicionando información relacionada con el transporte aéreo y el consumo de papel, a excepción de esta última actividad que tuvo una duración de 2 días, todas las demás duraron 5 días. Todas iniciaron el 17 de abril de 2023.

La siguiente etapa, con una duración de 26 días empezando desde el 26 de abril de 2023, consistió en recopilar información que podría faltar, como por ejemplo, los factores de emisión, organizar el inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero, diferenciando cada uno de los alcances tal y como lo establece la metodología para cálculo de huella de carbono del GHG Protocol; aplicado al proceso de la producción floricultora; y desarrollar la herramienta en Excel, necesaria para calcular la huella de carbono, esta última actividad tuvo una duración de 24 días.

Cabe mencionar que se describió el proceso productivo floricultor para así poder identificar el consumo de recursos que pueden estar generando emisiones de GEI y de este modo, generar y

cuantificar un inventario de GEI preciso que permitiera calcular los impactos de la empresa sobre el medio ambiente, relacionados con la huella de carbono.

Este inventario le proporcionará a la empresa una herramienta para llevar un control estricto sobre sus operaciones, permitiéndole alcanzar el cumplimiento de requisitos ambientales sobre la huella de carbono, exigidos por Asocolflores para optar por una certificación Florverde, que certifica, valga la redundancia, su compromiso con una producción sostenible.

En la fase final del trabajo, con una duración de 32 días empezando desde el 30 de mayo de 2023, ya con la huella de carbono debidamente calculada, se identificaron las opciones de mejora respecto al proceso productivo floricultor para así disminuir o compensar las emisiones de GEI que se pueden estar generando a lo largo de la cadena productiva. Lo anterior con el propósito de cumplir con el requisito establecido por la certificación Florverde en el cual se exige que las empresas floricultoras deben contar con un plan de compensación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La actividad mencionada anteriormente duró 20 días, mientras que la construcción del documento final fue de 12 días.

Con la metodología descrita anteriormente se esperaba entregar el proyecto completo para el día 10 de julio de 2023.

6. MARCO REFERENCIAL

El Esquema de Certificación Florverde Sustainable Flowers expone los requisitos sobre la huella de carbono en relación a la producción sostenible, este explica los requisitos y criterios de cumplimiento respecto al indicador HC para que las empresas productoras y exportadoras de flores, cuestionen sus actividades a lo largo de la cadena de producción y tomen medidas para alcanzar el éxito en cuanto al manejo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Uno de estos criterios es la identificación de las fuentes y cuantificación de las emisiones directas e indirectas de GEI generadas en la unidad de producción. Para ello es necesario trabajar bajo los conceptos básicos dados por el Green House Gas Protocol (GHG Protocol), esta es una metodología internacional estandarizada que permite cuantificar las emisiones de GEI; además, es necesario tener en cuenta la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, esta guía contiene una gran variedad de conceptos necesarios de entender para el cálculo de la HC.

6.1 Objetivos generales del cálculo de la huella de carbono

Según la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, existen 3 objetivos principales que se persiguen en el cálculo de la HC, estos son:

1. Determinar las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de flores y ornamentales (FSF, 2021).
2. Identificar las fuentes directas e indirectas del proceso productivo de flores y ornamentales que aportan emisiones de gases de efecto invernadero (FSF, 2021).
3. Apoyar la toma de decisiones para mitigar o compensar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el proceso productivo de flores y ornamentales (FSF, 2021).

Estos objetivos son aplicables a cualquier empresa productora y exportadora de flores sin importar su tamaño o capacidad de producción. Al ser aplicados y cumplidos, las organizaciones se pueden permitir tomar decisiones sobre sus actividades de producción e incluso influir sobre el ciclo de vida de sus productos (FSF, 2021).

6.2 Objetivos comerciales del cálculo de la huella de carbono

El GHG Protocol en su capítulo 2, “Business Goals and Inventory Design”, nombra cinco objetivos comerciales relacionados con los inventarios de GEI. Estos son:

1. Gestión de riesgos de GEI e identificación de oportunidades de reducción (GHG, 2015). Dentro de este objetivo se presentan las siguientes acciones a realizar:
 - Identificar los riesgos asociados con las restricciones de GEI en el futuro (GHG, 2015).
 - Identificar oportunidades de reducción rentables (GHG, 2015).
 - Establecer objetivos de GEI, medir y reportar el progreso (GHG, 2015).
2. Informes públicos y participación en programas voluntarios de GEI (GHG, 2015), a partir de este objetivo se pueden obtener los siguientes resultados:
 - Informes voluntarios de las partes interesadas sobre las emisiones de GEI y el progreso hacia los objetivos de GEI (GHG, 2015).
 - Informes a los programas de informes gubernamentales y de ONG, incluidos los registros de GEI (GHG, 2015).
 - Etiquetado ecológico y certificación de GEI (GHG, 2015).
3. Participar en programas de informes obligatorios (GHG, 2015). Dentro de este objetivo se presentan las siguientes acciones:
 - Participar en programas gubernamentales de presentación de informes a nivel nacional, regional o local (GHG, 2015).
4. Participación en los mercados de GEI (GHG, 2015). Dentro de este objetivo se presentan las siguientes acciones:
 - Apoyar los programas internos de comercio de GEI (GHG, 2015).
 - Participar en programas externos de negociación de derechos de emisión (GHG, 2015).
 - Cálculo de impuestos al carbono/GEI (GHG, 2015).
5. Reconocimiento por acción voluntaria temprana (GHG, 2015). Dentro de este objetivo se presentan las siguientes acciones:
 - Proporcionar información para respaldar la "protección de referencia" y/o el crédito para la acción temprana (GHG, 2015).

6.3 Aspectos generales sobre el cálculo de la huella de carbono y la floricultura

6.3.1 Definición de los alcances para el cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono requiere definir tres alcances, según el Green House Gas Protocol (GHG Protocol), estos son:

- Alcance 1: Emisiones directas de GEI (GHG, 2015). Proviene de fuentes que son propiedad o están bajo control de la empresa que reporta (FSF, 2021).

Las emisiones directas de GEI son principalmente el resultado de los siguientes tipos de actividades realizadas por las empresas:

- Generación de electricidad, calor o vapor. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes estacionarias, por ejemplo, calderas, hornos, turbinas (GHG, 2015).
 - Procesamiento físico o químico.³ La mayoría de estas emisiones resultan de la fabricación o el procesamiento de productos químicos y materiales, por ejemplo, cemento, aluminio, ácido adípico, fabricación de amoníaco y procesamiento de desechos (GHG, 2015).
 - Transporte de materiales, productos, residuos y empleados. Estas emisiones son el resultado de la combustión de combustibles en fuentes de combustión móviles controladas o propiedad de la empresa (p. ej., camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles) (GHG, 2015).
 - Emisiones fugitivas. Estas emisiones son el resultado de liberaciones intencionales o no intencionales, p. ej., fugas de equipos de juntas, sellos, empaques y juntas; emisiones de metano de las minas de carbón y ventilación; emisiones de hidrofluorocarbono (HFC) durante el uso de equipos de refrigeración y aire acondicionado; y fugas de metano del transporte de gas (GHG, 2015).
- Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI de electricidad (GHG, 2015). “Las emisiones indirectas son consecuencia de las operaciones de la empresa que reporta, pero que ocurren a partir de fuentes que son propiedad o están bajo control de otras empresas” (FSF, 2021).

En el caso de las emisiones relacionadas con la electricidad, las empresas informan las emisiones de la generación de electricidad comprada que se consume en sus operaciones o equipos propios o controlados como alcance 2 (GHG, 2015).

Del mismo modo este segundo alcance es de vital análisis para muchas empresas, la electricidad comprada representa una de las mayores fuentes de emisiones de GEI y a su vez, es la oportunidad más importante para reducir estas emisiones (GHG, 2015). Estas oportunidades se generalmente en la posibilidad de que Las empresas pueden reducir su uso de electricidad, invirtiendo en tecnologías de eficiencia energética y conservación de energía (GHG, 2015).

- Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI. El alcance 3 es opcional, pero brinda la oportunidad de ser innovador en la gestión de GEI (GHG, 2015).

Dado que las empresas tienen discreción sobre las categorías que eligen informar, es posible que el alcance 3 no se preste bien a las comparaciones entre empresas (GHG, 2015). Sin embargo, el Green House Gas Protocol indica diferentes categorías de actividades que pueden entrar en el alcance 3, siempre y cuando las fuentes de emisión de esas actividades no sean propiedad o sean controladas por la empresa, debido a que en ese caso, las emisiones pertenecerían al alcance 1. Las tres categorías son:

- Extracción y producción de materiales y combustibles comprados (GHG, 2015).
- Actividades relacionadas con el transporte (GHG, 2015):
 - ✓ Transporte de materiales o bienes adquiridos (GHG, 2015).
 - ✓ Transporte de combustibles comprados (GHG, 2015).
 - ✓ Viajes de negocios de los empleados (GHG, 2015).
 - ✓ Empleados que van y vienen del trabajo (GHG, 2015).
 - ✓ Transporte de productos vendidos (GHG, 2015).
 - ✓ Transporte de residuos (GHG, 2015).
- Actividades relacionadas con la electricidad no incluida en el alcance 2:
 - ✓ Extracción, producción y transporte de combustibles consumidos en la generación de electricidad (ya sea comprados o generados por la propia empresa informante) (GHG, 2015).
 - ✓ Compra de electricidad que se vende a un usuario final (informado por la empresa de servicios públicos) (GHG, 2015).
 - ✓ Generación de electricidad que se consume en un sistema de transmisión y distribución, T&D (reportado por el usuario final) (GHG, 2015).
- Las emisiones de activos arrendados, franquicias y actividades subcontratadas de tales acuerdos contractuales solo se clasifican como alcance 3 si el enfoque de consolidación

seleccionado (equidad o control) no se aplica a ellos. La aclaración sobre la clasificación de los activos arrendados debe obtenerse del contador de la empresa (GHG, 2015).

- Uso de productos y servicios vendidos (GHG, 2015).
- Depósito de basura:
- ✓ Disposición de residuos generados en las operaciones (GHG, 2015).
- ✓ Disposición de residuos generados en la producción de materiales y combustibles adquiridos (GHG, 2015).
- ✓ Eliminación de productos vendidos al final de su vida útil (GHG, 2015).

Con los tres alcances definidos como lo indica el GHG Protocol, es decir, con las emisiones de GEI debidamente inventariadas y cuantificadas, es posible comenzar a desarrollar el cálculo de la huella de carbono.

6.3.2 La producción floricultora

“La floricultura es la actividad de cultivar plantas para obtener flores y follajes para su posterior comercialización, los usos de los productos finales son destinados a la ornamentación, industria o la medicina” (CCB, 2015).

Los productos que se generan en la floricultura corresponden a las flores de corte y de maceta y los follajes de corte y ornamentales (CCB, 2015).

El proceso productivo de flores y ornamentales debe entenderse como aquel que va desde la propagación de las plantas hasta la pos - cosecha, e incluye el transporte externo de los productos cosechados a los sitios de embarcación (aeropuerto de salida) hasta los sitios de desembarque (aeropuerto de llegada) (FSF, 2021).

Por su parte los follajes son las especies vegetales que se cultivan con el objeto de obtener un material acompañante de las flores de arreglo (CCB, 2015).

El proceso de producción en la floricultura se puede dividir en cuatro grandes etapas; la propagación - plantas madre, la propagación – enraizamiento, producción y poscosecha (CCB, 2015).

La primera de las etapas mencionadas anteriormente corresponde a la zona destinada para la siembra de las plantas de las cuales se obtienen los esquejes (CCB, 2015). La segunda, la zona en

donde se estimulan los esquejes para la generación de raíces, ubicándolos en un sustrato, que por lo general es escoria de carbón (CCB, 2015). En la tercera los esquejes enraizados se trasplantan al lugar definitivo, previamente se realiza la preparación y desinfección del suelo. Posterior al trasplante se llevan a cabo actividades como labores culturales, riego, fertilización, control de plagas y enfermedades, cosecha de la flor, labores de renovación del cultivo, entre otros (CCB, 2015); y la última etapa corresponde a las actividades de selección, clasificación, armado de ramos, tratamiento sanitario, empaque y el almacenamiento a los cuarto fríos para la conservación de las flores (CCB, 2015).

Adicionalmente, el Manual Flores y Follajes de CCB del 2015, menciona otras dos etapas de apoyo a las cuatro principales ya mencionadas anteriormente. La primera consiste en la construcción y mantenimiento de infraestructura, es decir que se realiza la construcción y mantenimiento de infraestructura para prevenir su desgaste, acá se ven actividades como la renovación de plástico de invernadero, el mantenimiento de reservorios, pozos profundos, el mantenimiento sistema de tratamiento de agua residual, el mantenimiento o cambio de redes de aspersion y fertirriego, la construcción de vías, las instalaciones eléctricas y la maquinaria y equipos. La segunda etapa complementaria consiste en actividades complementarias de administración, estas son las labores se pueden llamar de oficina, acá se encuentran el área de mercadeo, logística, ventas, administración entre otros (CCB, 2015).

Dentro todas las etapas mencionadas existen actividades en las cuales se producen gases de efecto invernadero debido al consumo de diferentes recursos como refrigerantes, fertilizantes, entre otros.

6.3.3 Fuentes de emisión de GEI tenidas en cuenta para cumplir con el indicador de HC en la certificación Florverde

Según la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, existen diferentes fuentes de emisiones de GEI relacionadas con la producción floricultora que se deben inventariar y cuantificar para poder hacer el cálculo de la huella de carbono según los requisitos de la certificación Florverde. Estas se mencionan a continuación:

- Los fertilizantes: este es un insumo utilizado en cantidades importantes. La aplicación de fertilizantes nitrogenados de origen químico u orgánico al cultivo genera óxido nitroso (N_2O), que es un gas de efecto invernadero. De igual manera, la aplicación de urea y enmiendas como

la cal también generan dióxido de carbono (CO₂) (FSF, 2021). La Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde define como fuentes de emisión en este aspecto el consumo de fertilizantes nitrogenados (emisiones directas) y el consumo de urea y cal (emisiones directas) (FSF, 2021).

- Los refrigerantes: la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde los define como: “fluidos utilizados para transmitir calor a los sistemas frigoríficos; estos fluidos tienen un alto potencial de calentamiento global y perduran mucho tiempo en el ambiente, por lo que contribuyen significativamente en el aumento en las emisiones de GEI.” (FSF, 2021).

El consumo de este recurso se presenta por emisiones fugitivas que resultan de liberaciones intencionales o no intencionales como fugas de los equipos de refrigeración de cuartos fríos de poscosecha o fugas de los equipos de refrigeración utilizados en los vehículos para el transporte de la flor (FSF, 2021). La Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde define como fuentes de emisión en este aspecto el consumo de refrigerantes en proceso y en transporte propio (emisiones directas) y el consumo de refrigerantes en transporte tercerizado (emisiones indirectas) (FSF, 2021).

- Combustibles: son aquellos derivados del petróleo, incluidos el petróleo, el gas natural y el carbón. En la floricultura se requieren tanto en el proceso productivo como en el transporte (FSF, 2021). La Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde menciona los siguientes combustibles:
 - Diésel y gasolina: se utilizan como fuente de energía para la maquinaria y equipos empleados en el proceso productivo (plantas eléctricas, bombas de agua, guadañas, máquinas de aspersión, entre otros), y en transporte interno y externo de la flor (vehículos) (FSF, 2021).
 - Gas natural: es utilizado en las fincas de flor principalmente en procesos de calefacción y como combustible para vehículos (FSF, 2021).
 - Gas licuado de petróleo (GLP): se utiliza principalmente en los procesos de floricultura para la calefacción (FSF, 2021).
 - Carbón: es usado como fuente de energía, principalmente para el funcionamiento de calderas, que generan vapor de agua para la desinfección de suelos y sustratos. Se debe tener claro el tipo de carbón que se está usando (FSF, 2021).

- Energía eléctrica: el consumo de energía es indispensable en el proceso productivo, pues se utiliza para bombeo y riego de agua, refrigeración e iluminación (FSF, 2021).
- El transporte aéreo se refiere al envío de la flor desde el país productor hacia cualquier país de consumo. Entre los factores para tener en cuenta por las emisiones generadas por esta fuente están la distancia recorrida y el peso de la carga enviada (FSF, 2021).

7. RESULTADOS

7.1 Resultado de la etapa de diagnóstico

En la etapa de diagnóstico, se hizo la identificación y recolección de la información necesaria para hacer el cálculo de la huella de carbono de la empresa Rosas Tesalia S.A. Para ello se tuvo en cuenta la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, la cual determina ciertas variables que se deben recolectar para hacer la cuantificación. Esta etapa también permitió ubicar los datos obtenidos ya sea en el alcance 1, 2 o 3, dependiendo de lo establecido tanto por Florverde como por el Protocolo GHG. La información recolectada esta toda delimitada para el año 2022.

7.1.1 *Identificación de las fuentes de emisión en cada uno de los alcances*

Fuentes de emisión del alcance 1. Como se mencionó en secciones anteriores del presente documento, el alcance 1 son las emisiones directas cuya fuente se encuentra dentro de los procesos de la empresa. En este alcance y partiendo de la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, existe la posibilidad de obtener información sobre el uso de combustibles en proceso productivo y en transporte propio, el consumo de carbón en proceso, el consumo de fertilizantes nitrogenados y el uso de refrigerantes en proceso y en transporte propio.

Comenzando por los combustibles, se observó que en el proceso productivo no se hace uso de ningún tipo de combustible, por lo tanto, esta información no tiene relevancia en el cálculo; lo mismo ocurre con el consumo de combustible para transporte propio puesto que la empresa Rosas Tesalia S.A terceriza el transporte de todos sus productos. Por último, no se evidenció el uso de carbón en el proceso productivo de la organización.

El consumo de fertilizantes nitrogenados es tal vez la mayor fuente de información; para su cuantificación es necesario conocer el consumo de fertilizantes orgánicos, inorgánicos y edáficos de fórmula completa; de los 3 mencionados, se obtuvo información de los dos primeros, del último no se obtuvo evidencia de su uso, sin embargo, y ante la posibilidad de un uso futuro, en el desarrollo de la herramienta de cálculo de huella de carbono se dejó la posibilidad de ingresar datos sobre este tipo de fertilizantes. Para preservar la información sobre los tipos de fertilizantes usados por la empresa, estos no fueron mencionados en el documento. Por último, se evidenció que no hay uso de cal de dolomita, cal caliza, ni urea.

Finalizando con los refrigerantes, estos son evidentes en el proceso productivo debido a la necesidad de preservar las flores a bajas temperaturas, para ello la empresa hace uso de 4 cuartos fríos cuyo tiempo de funcionamiento depende de las temporadas de producción en que se encuentre la organización, es decir, temporada alta o baja. La empresa realiza controles mensuales a estos cuartos en varios aspectos y lleva un registro de ellos, sin embargo, el dato de interés en este caso es la cantidad de líquido refrigerante recargado. En cuanto al uso de refrigerantes en transporte propio, como se mencionó anteriormente con los combustibles, la empresa terceriza todo el transporte.

Fuentes de emisión del alcance 2. Estas son emisiones indirectas, consecuencia de la generación de electricidad comprada que se consume en las operaciones o equipos propios de la empresa. El consumo eléctrico de la empresa se puede resumir en el consumo eléctrico de los cuartos fríos, las bombas de distribución de la solución fertilizante, la bomba de succión de agua y los agitadores para preparar la solución madre, la iluminación de los invernaderos y las actividades de oficina, principalmente el uso de equipos eléctricos como computadores e impresoras. Respecto a este alcance, fue posible recolectar la información necesaria por medio de los recibos de luz.

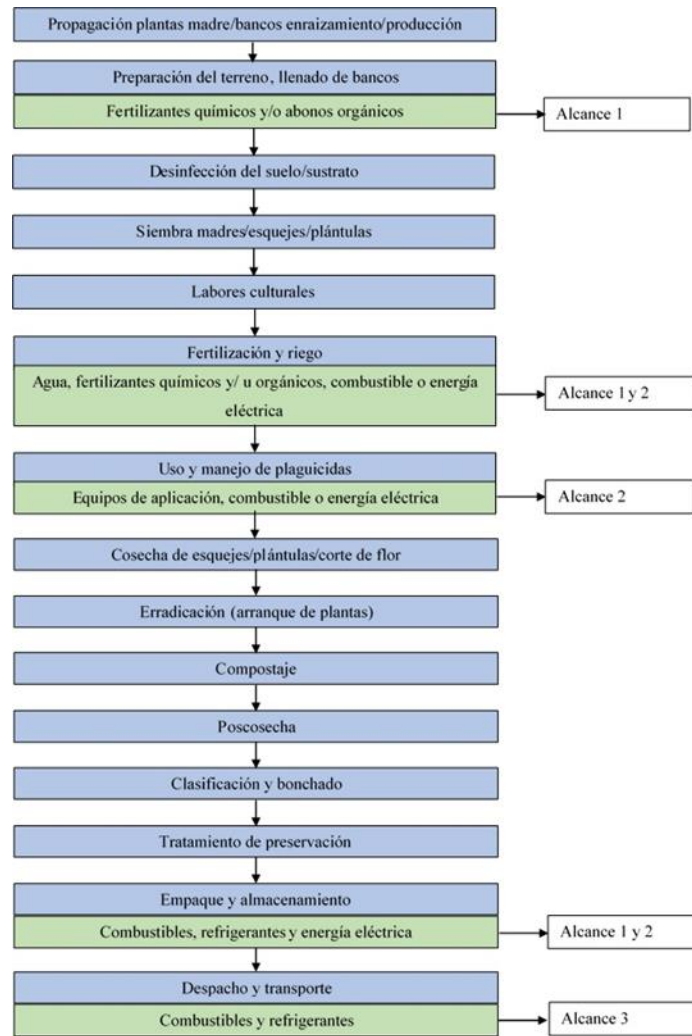
Fuentes de emisión del alcance 3. Así como se mencionó anteriormente en el documento, el alcance 3 corresponde a emisiones indirectas, y si bien es opcional, permite tener una mejor gestión de los GEI. Dentro de este alcance existe la posibilidad de obtener información sobre combustibles y refrigerantes usados en transporte tercerizado, y las emisiones relacionadas al transporte aéreo. Puesto que Rosas Tesalia SA hace la distribución de sus productos por medio de la contratación de terceros, es necesario realizar la recolección de información de estos aspectos para tener un cálculo más acertado de la huella de carbono. La organización no cuenta con información de transporte aéreo debido a que su proceso de distribución termina cuando entregan sus productos a un tercero en el aeropuerto.

7.1.2 Resumen general del proceso productivo evidenciado en Rosas Tesalia S.A y alcances identificados

Los procesos de la cadena de producción y los recursos usados que se pudieron identificar en cada uno de ellos, así como los alcances observados, se muestran en la figura 1.

Figura 1

Procesos, recursos e identificación de alcances para la producción de flores en Rosas Tesalia S.A



Nota. Adaptado de Cámara de Comercio de Bogotá, Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, and Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial. *Manual Flores y Follajes*. 2015. (pag 21). En azul se presentan los procesos y en verde los recursos usados.

7.1.3 Resultados de la recolección de datos del alcance 1

Respecto a estas emisiones directas, la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, establece que se debe calcular sumando

varias variables, estas son el consumo de refrigerantes en proceso (Rp), el consumo de refrigerantes en transporte propio (Rtp), el consumo de combustibles en proceso (Cp), el consumo de combustibles en transporte propio (Ctp), el consumo de carbón en proceso (Ccp) y el consumo de fertilizantes nitrogenados (Fn) (FSF, 2021).

De las variables mencionadas, algunas obtuvieron un valor de cero puesto que no aplican dentro de los procesos de la empresa, estos datos son el consumo de combustibles en proceso (Cp), el consumo de combustibles en transporte propio (Ctp) y el consumo de carbón en proceso (Ccp).

En cuanto al el consumo de combustibles en proceso (Cp), no se evidencio el uso de equipos o maquinarias que requirieran el uso de combustibles, por ejemplo, calderas o guadañas.

La variable sobre el consumo de combustibles en transporte propio (Ctp) recibió un valor de cero debido a que la empresa no cuenta con los medios de transporte propio, se evidenció que todos los despachos se hacen a través de la contratación de terceros.

Por último, se comprobó que no existe el uso de carbón (Ccp) dentro de los procesos productivos de la empresa.

Resultados sobre el consumo de combustibles. Como se mencionó anteriormente, debido a que no existe consumo de combustibles dentro de los procesos de producción o de transporte, su valor fue cero.

Resultados sobre el consumo de refrigerantes. El consumo de refrigerantes en proceso se debe principalmente al almacenamiento de las flores, este un procedimiento postcosecha. Las flores deben ser almacenadas entre 0 y 2 °C, excepto las flores sensibles al frío como anturios, ave del paraíso, ginger, orquídeas y heliconias que deben mantenerse a temperaturas por encima de 10 °C. La mayoría de las flores tardan entre 45 minutos a 1 hora en enfriarse hasta alcanzar la temperatura recomendada, mientras que otras pueden tardar solamente 8 minutos (CCB, 2015).

La empresa cuenta con 4 cuartos fríos que usa para el almacenamiento de las rosas que produce, en ellos usa dos tipos de refrigerante, el R-22 y el R-507. Del primero de estos se usa entre 20 y 30 lb en los cuartos número 1, 2 y 3, debido a la falta de información sobre cuál fue la cantidad exacta que se usó, se tomó un valor medio, es decir, 25 lb. Para el segundo tipo de refrigerante, se usa cantidad entre 7 y 12 lb en el cuarto número 4, su situación sobre carencia de información es

igual al primero, por lo tanto, también se tomó un valor medio para realizar el cálculo, es decir, 9,5 lb.

Respecto a los cuartos fríos, los cuartos número 1 y 4 se usan en temporada alta, lo cual se puede resumir en un uso de 2 meses al año. El cuarto 2 se usa alrededor de 10 meses en el año y el cuarto número 3 se usa durante todo el año.

Hay que resaltar que los cuartos se encuentran en buen estado puesto que según los reportes de mantenimiento, no se les hicieron recargas de refrigerante a lo largo del año, esto significa que no hubo pérdidas de refrigerante y por lo tanto, la cantidad consumida en el año se puede establecer como la cantidad que usa el equipo.

La información recolectada sobre la cantidad de refrigerante consumido en proceso se resume en la tabla 1.

Tabla 1

Cantidad de refrigerantes consumidos en proceso (Rip) en Rosas Tesalia S.A

Equipo	Tipo de refrigerante	Cantidad usada por cuarto (lb)	No de recargas al año (2022)	Cantidad recargada (lb)
Cuarto de refrigeración 1	R-22	25	0	0
Cuarto de refrigeración 2	R-22	25	0	0
Cuarto de refrigeración 3	R-22	25	0	0
Cuarto de refrigeración 4	R-507	9,5	0	0

Nota. La tabla reporta la cantidad de refrigerantes consumidos en proceso por Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Resultados sobre el consumo de fertilizantes. Como ya se mencionó en el presente documento, los fertilizantes son un insumo utilizado en cantidades importantes. La aplicación de fertilizantes

nitrogenados de origen químico u orgánico al cultivo genera óxido nitroso (N_2O), que es un gas de efecto invernadero (FSF, 2021).

La variable que define la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde para cuantificar el efecto de los fertilizantes es el consume de fertilizantes nitrogenados (F_n), esta a su vez depende del consumo de fertilizantes químicos inorgánicos (F_{qi}), el consumo de fertilizantes orgánicos (F_o), el consumo de fertilizantes edáficos de fórmula completa (F_{ce}), el consumo de urea (U), el consumo de cal caliza (C_{cal}) y el consumo de cal dolomita (C_{dol}).

De las variables mencionadas anteriormente, las cuatro últimas tuvieron un valor de cero puesto que no se evidenció el uso de estos dentro de los procesos productivos de la organización.

Respecto al uso de fertilizantes inorgánicos, para su cuantificación se tuvo en cuenta la existencia de la temporada alta, es decir, dos meses al año, y temporada baja, la cual equivale a diez meses; en la primera aumentan los requerimientos nutricionales del suelo y se realiza una fertilización al 120%, lo cual implica mayor uso de fertilizantes; por otro lado, en la segunda, se fertiliza al 100%. También es importante resaltar que la fertilización se hace cuatro veces a la semana a través de una solución madre que se diluye con agua.

El resumen del consumo anual de fertilizantes inorgánicos se muestra en la tabla 2.

Tabla 2*Cantidad de fertilizantes químicos inorgánicos consumidos anualmente en Rosas Tesalia S.A*

Consumo diario (kg)	Consumo diario 120% (kg)	Consumo diario 100% (kg)	Consumo mensual 120% (kg)	Consumo mensual 100% (kg)	Consumo anual (kg)
210,965	175,802	3375,414	2812,845	34879,284	

Nota. La tabla reporta la cantidad de fertilizantes químicos inorgánicos consumidos por Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Sobre el uso de fertilizantes orgánicos, para su cuantificación se tuvo en cuenta que se usan 8 fertilizantes los cuales se aplican de a pares semanalmente, es decir, que cada químico se aplica una vez al mes sin importar si la producción se encuentra en temporada alta o baja.

El resumen del consumo anual de fertilizantes químicos orgánicos se muestra en la tabla 3.

Tabla 3*Cantidad de fertilizantes químicos orgánicos consumidos anualmente en Rosas Tesalia S.A*

Consumo mensual (l)	Consumo (l)
81	972

Nota. La tabla reporta la cantidad de fertilizantes orgánicos consumidos por Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

7.1.4 Resultados de la recolección de datos del alcance 2

Resultados sobre el consumo de energía eléctrica. La recolección de datos en este alcance se hizo a partir de los recibos de luz emitidos por una empresa para la empresa Rosas Tesalia, así se obtuvo la cantidad de kW consumidos mensualmente y los meses que fueron facturados. En la tabla 3 se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 4

Cantidad de energía consumida en proceso (Ecp) en Rosas Tesalia S.A

Mes (Año 2022)	Total de consumo (kW)
Enero	6452
Febrero	8455
Marzo	8366
Abril	6353
Mayo	7253
Junio	8366
Julio	6092
Agosto	6058
Septiembre	6348
Octubre	8478
Noviembre	NA
Diciembre	7556
Total	79777
No Datos	11

Nota. NA significa que no se tiene información del consumo de ese mes. La tabla reporta la energía consumida por Rosas Tesalia S.A en cada uno de los meses del año 2022.

7.1.5 Resultados de la recolección de datos del alcance 3

Para el caso de la empresa Rosas Tesalia S.A. y teniendo en cuenta la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde, establece

varias variables dentro del alcance 3, estas son el consumo de refrigerantes en transporte tercerizado (Rtt), el consumo de combustibles en transporte tercerizado (Ctt) y el transporte aéreo (Ta) (FSF, 2021).

De las variables mencionadas, el transporte aéreo (Ta), tuvo un valor de cero.

Resultados sobre consumo de combustibles. La empresa Rosas Tesalia S.A contrata a terceros dos camiones Chevrolet NKR modelo 2007 que funcionan con diésel. Para saber la cantidad de combustible que consumen estos camiones en sus viajes relacionados con la empresa, se establecieron cuáles eran los viajes que realizaban, la distancia de esos destinos, la frecuencia con la que se realizaban y rendimiento de camión, es decir, los kilómetros por galón, este último dato fue dado por los dueños de los automotores y equivale a aproximadamente 20 km/gal.

La primera ruta que se estableció, y la más importante, por no decir que es prácticamente la única, es la vía hacia el aeropuerto El Dorado y tiene una distancia de 21 km. Por esta ruta, uno de los camiones funciona durante todo el año mientras el otro sólo lo hace en temporada alta, es decir, 2 meses al año. Se debe resaltar que en temporada alta, se realizan 6 despachos semanales, mientras que en el resto del año, se realizan 3.

El resumen de esta ruta se muestra en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5

Total, de entregas anuales realizadas por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Meses de funcionamiento		Entregas semanales aeropuerto temporada alta	Entregas al semanales en aeropuerto temporada baja	Total de entregas al año
Camión 1 (Chevrolet NKR)	1	12	6	3	168
Camión 2 (Chevrolet NKR)	2	2	6	0	48

Nota. La tabla reporta el número de entregas realizadas por cada camión de transporte tercerizado en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Tabla 6

Distancia anual recorrida por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Distancia al Aeropuerto El Dorado (km)	Distancia anual al Aeropuerto El Dorado (km)
Camión 1 (Chevrolet NKR)	21	3528
Camión 2 (Chevrolet NKR)	21	1008

Nota. La tabla reporta la distancia recorrida por cada camión de transporte tercerizado en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Tabla 7

Consumo anual de combustible por cada camión en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Tipo de combustible	de Rendimiento (km/gal)	Consumo anual de combustible (gal)
Camión 1 (Chevrolet NKR)	Diésel	20	176,4
Camión 2 (Chevrolet NKR)	Diésel	20	50,4

Nota. La tabla reporta la cantidad de combustible consumida por cada camión de transporte tercerizado en la ruta al aeropuerto El Dorado desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

La organización realiza despachos hacia otras empresas productoras y exportadoras de flores, aunque a comparación de la cantidad de productos que envían hacia el aeropuerto, esta cantidad es mínima. Los productos se envían a otras tres empresas, de estas tres, dos envían sus propios camiones, por lo tanto, se decidió no calcularlas en el alcance 3 por ser una actividad que realizan las empresas receptoras; la tercera empresa si recibe el producto a través de los mismos camiones que son contratados para llevar la mercancía al aeropuerto.

La segunda ruta es la existente entre Rosas Tesalia S.A y la empresa The Elite Flowers SAS, y cuenta con una distancia de 13 km.

Por esta ruta, uno de los camiones funciona 2 meses al año y realizan 5 despachos mensuales. El otro camión no entra acción.

El resumen de esta ruta se muestra en las tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8

Total, de entregas anuales realizadas por cada camión a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Meses de funcionamiento	de Entregas mensuales a The elite Flower S.A.S	Total de entregas al año
Camión 1 (Chevrolet NKR)	2	5	10
Camión 2 (Chevrolet NKR)	0	0	0

Nota. La tabla reporta las entregas anuales por cada camión de transporte tercerizado en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Tabla 9

Distancia anual recorrida por cada camión en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Distancia a The Elite Flowers SAS (km)	Distancia anual a The Elite Flowers SAS (km)
Camión 1 (Chevrolet NKR)	13	130
Camión 2 (Chevrolet NKR)	13	0

Nota. La tabla reporta la distancia recorrida por cada camión de transporte tercerizado en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Tabla 10

Consumo anual de combustible por cada camión en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A

Equipo	Tipo de combustible	Rendimiento (km/gal)	Consumo anual de combustible a The elite Flower S.A.S
Camión 1 (Chevrolet NKR)	Diésel	20	6,5
Camión 2 (Chevrolet NKR)	Diésel	20	0

Nota. La tabla reporta la cantidad de combustible consumida por cada camión de transporte tercerizado en la ruta a The Elite Flowers SAS desde Rosas Tesalia S.A en el año 2022.

Resultados sobre consumo de refrigerantes. El consumo de refrigerantes en transporte tercerizado se debe principalmente al almacenamiento de las flores durante su distribución para mantener la calidad del producto. Las flores deben ser transportadas entre 0 y 2 °C, excepto las flores sensibles al frío como anturios, ave del paraíso, ginger, orquídeas y heliconias que deben mantenerse a temperaturas por encima de 10 °C. La mayoría de las flores tardan entre 45 minutos a 1 hora en enfriarse hasta alcanzar la temperatura recomendada, mientras que otras pueden tardar solamente 8 minutos (CCB, 2015).

La empresa Rosas Tesalia S.A contrata a terceros dos camiones Chevrolet NKR modelo 2007, cuyos “termos” o cuartos fríos usan refrigerante R-410A. Los dueños de estos camiones dieron una información general y poco detallada sobre el consumo mensual de este refrigerante, sin embargo, afirmaron que se las cabinas de refrigeración se encuentran en buen estado y por lo tanto no hay pérdidas del refrigerante, aun así, dejaron claro que anualmente se debe hacer una recarga completa del refrigerante.

El resumen de la cantidad de refrigerante consumido en transporte tercerizado se presenta en la tabla 11.

Tabla 11

Cantidad de refrigerante consumido en transporte tercerizado (Rtt) en Rosas Tesalia S.A

Equipo	Tipo de refrigerante	Cantidad (lb)	No de recargas al año	Cantidad recargada (lb)
Camión 1	R-410 A	3	1	3
Camión 2	R-410 A	3	1	3

Nota. La tabla reporta la cantidad de refrigerante consumida por cada camión de transporte tercerizado en el año 2022.

Resultados sobre transporte aéreo. Se evidenció que el proceso de transporte y distribución de la empresa Rosas Tesalia S.A llega únicamente hasta que su mercancía es entregada en el aeropuerto a un tercero que se encarga de la distribución al exterior. La organización no cuenta con información sobre los destinos a los que es distribuido su producto, por lo tanto este valor corresponde a cero.

7.2 Factores de emisión

El GHG Protocol, establece que para el cálculo de las emisiones atmosféricas generadas por los procesos del consumo de recursos, es necesario contar con los factores de emisión nacionales. Los factores de emisión y poderes caloríficos a utilizar para realizar los cálculos, son propuestos por instituciones competentes, las cuales estandarizan dichos valores (Gutiérrez & Montoya, 2016).

Para calcular las emisiones emitidas por el consumo de refrigerantes tanto en el alcance 1 como 3, se tomaron los poderes caloríficos de la Environmental Protection Agency (EPA) y del capítulo 7 del Sexto Informe de Evaluación del IPCC. Los valores se pueden observar en la tabla 12.

Tabla 12

Factores de emisión de los refrigerantes relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A

Refrigerante	Composición	GWP - 100
HCFC-22 o R-22	HCFC-22 o R-22	1960
HFC-32	HFC-32	771
HFC-125	HFC-125	3740
HFC-143a	HFC-143a	5810
R-410A	50% HFC-32, 50% HFC-125	2255,5
R-507	50% HFC-125, 50% HFC-143a	4775

Nota. Las composiciones de los refrigerantes se obtuvieron de (EPA, 2020) y sus factores de emisión o potenciales de calentamiento global de (IPCC, 2021).

Por otro lado, el factor de emisión del combustible utilizado para el alcance 3 y el consumo de energía eléctrica del alcance 2, se obtuvo a través de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales para la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). El valor del factor de emisión de los recursos mencionados anteriormente se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

Factores de emisión de los combustibles y la energía eléctrica relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A

Recurso	Factor de emisión	Unidades
Diesel B2	10,149*	kgCO ₂ /gal
	0,001**	gCH ₄ /milla
	0,0015**	gN ₂ O/milla
Electricidad	0,126*	kgCO ₂ /kWh

Nota. *Los factores de emisión se obtuvieron de (UPME, 2021). **Los factores de emisión se obtuvieron de la base de datos de GHG Protocol (GHG, 2023).

Por último, los factores de emisión de los fertilizantes se obtuvieron a través de la base de datos de emisiones de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El valor del factor de emisión de los fertilizantes se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Factores de emisión de los fertilizantes relacionados al proceso productivo de Rosas Tesalia S.A

Fertilizante	Factor de emisión	Unidades
Químicos inorgánicos nitrogenados (foliares y edáficos)	0,01*	kg N ₂ O–N/kg N
Orgánicos (líquidos y sólidos)		

Nota. Los factores de emisión se obtuvieron de (FAO, 2022). * Es un valor por defecto que tiene un rango de incertidumbre entre 0,003 y 0,03.

7.3 Huella de carbono

De acuerdo el cálculo de emisiones realizado, la HC en la empresa productora y exportadora de flores Rosas Tesalia S.A es de 7154,12 toneladas de CO₂eq para el año 2022.

Las emisiones de CO₂eq obtenidas considerando todas las fuentes de emisión y el alcance al que pertenecen se presentan en la tabla 15.

Tabla 15

Resultados obtenidos en toneladas de CO₂eq por fuente de emisión dentro de la empresa Rosas Tesalia S.A

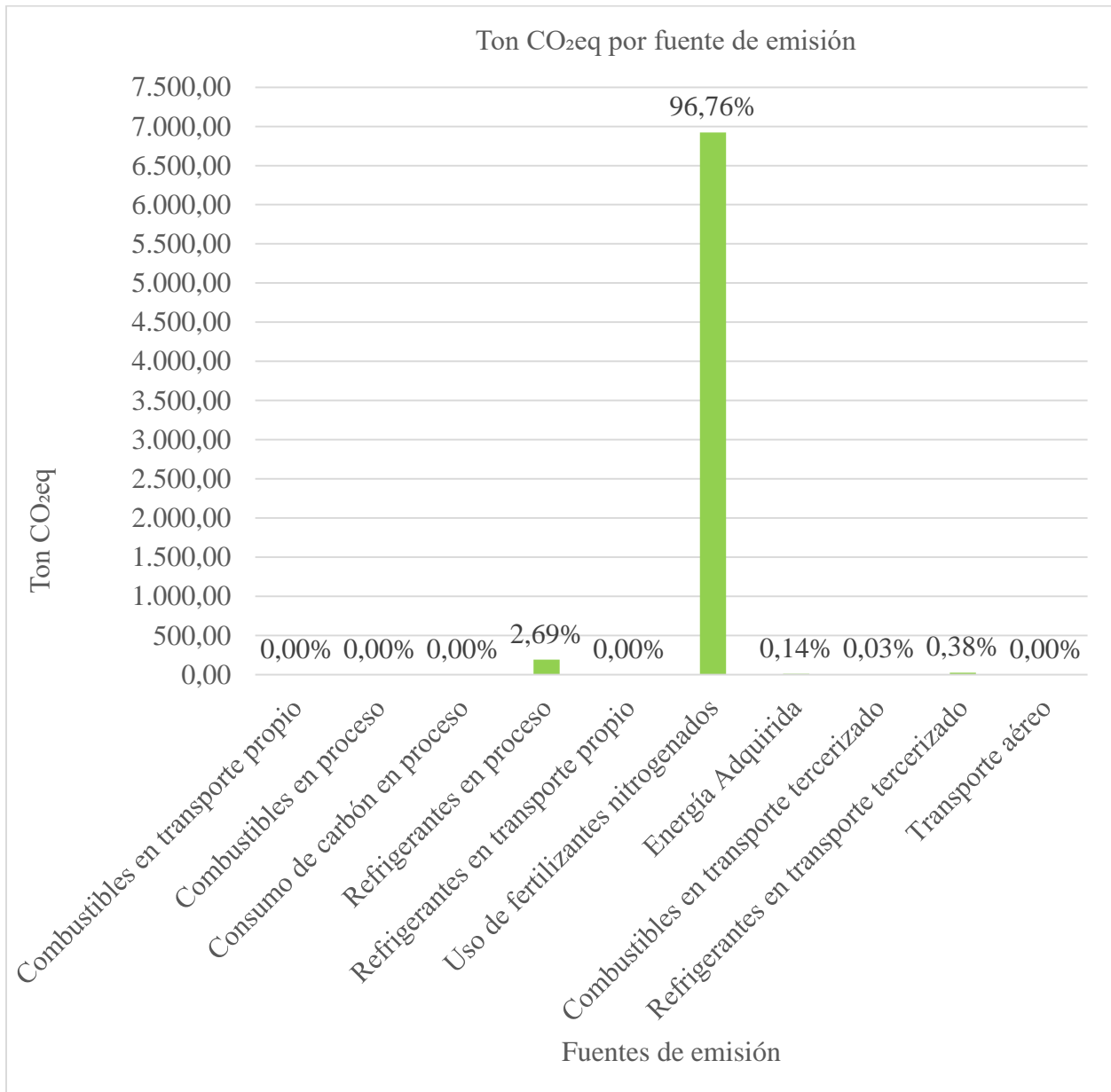
Fuente de emisión	Ton CO₂eq	Porcentaje	Alcance
Combustibles en transporte tercerizado	2,37	0,03	3
Combustibles en transporte propio	0	0	1
Combustibles en proceso	0	0	1
Consumo de carbón en proceso	0	0	1
Refrigerantes en proceso	192,36	2,69	1
Refrigerantes en transporte tercerizado	27,07	0,38	3
Refrigerantes en transporte propio	0	0	1
Energía eléctrica	10,05	0,14	2
Fertilizantes nitrogenados	6922,27	96,76	1
Transporte aéreo	0	0	3
Total	7154,12	100	

Nota. La tabla resume los resultados obtenidos durante el cálculo de la huella de carbono.

De acuerdo a la tabla 15, en el gráfico 1, se puede observar las fuentes de emisión con mayor cantidad de CO₂eq generado por la empresa Rosas Tesalia S.A; lidera el uso de fertilizantes, seguido del uso de refrigerantes en proceso y del uso de refrigerantes en transporte tercerizado con 6922,27 Ton CO₂eq, 192,36 Ton CO₂eq y 27,07 Ton CO₂eq, respectivamente.

Figura 2

Toneladas de CO₂eq por fuente de emisión en Rosas Tesalia S.A

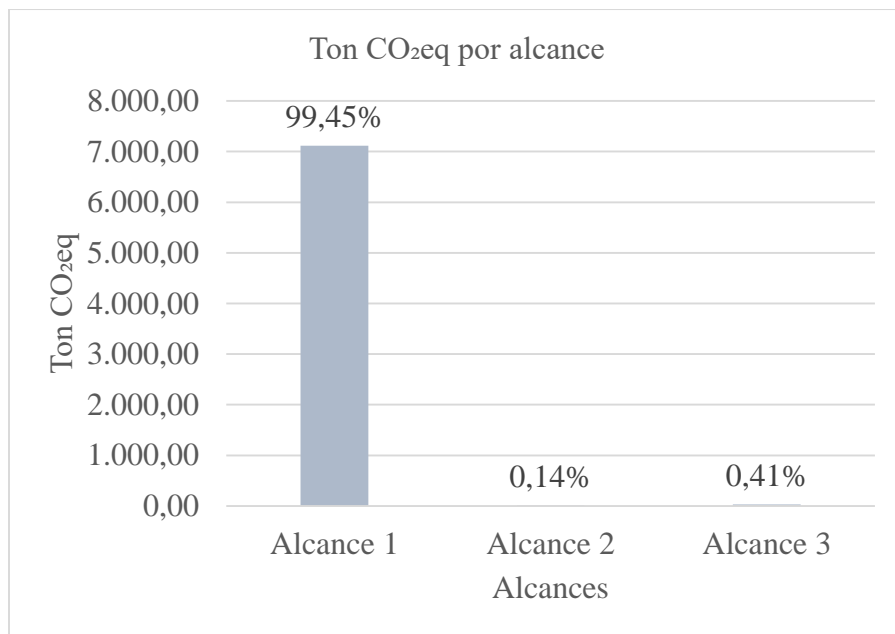


Nota. El gráfico permite observar las fuentes de mayor emisión de GEI.

De acuerdo con la categorización de las fuentes de emisión dada por la Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde y el GHG Protocol, las fuentes que mayor cantidad de emisiones generan están en el Alcance 1; por lo tanto, son a estas fuentes a la cuales se debe enfocar el trabajo de compensación o reducción de sus emisiones. En términos de porcentajes, el alcance 1, corresponde al 99,45%, el alcance 2 a un 0,14%, y alcance 3 al 0,41%. Lo anterior se muestra en el gráfico 2.

Figura 3

Equivalencia porcentual de los alcances con el total de emisiones de CO₂eq en la empresa Rosas Tesalia S.A



Nota. El gráfico permite observar el alcance en el que más se produce emisiones de GEI.

7.4 Acciones de control sobre la huella de carbono

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, es necesario que la empresa tenga una herramienta de control que le permita identificar y cuantificar las emisiones directas e indirectas generadas en los procesos productivos de la organización. Para lo anterior, se propuso que la empresa lleve un control mensual o semanal del consumo de recursos que pueden generar emisiones de gases.

De esta manera y teniendo en cuenta la idea anterior, se contará con tres nuevos formatos que le permitirán a la organización identificar y posteriormente cuantificar apropiadamente todas sus fuentes de emisión. Los formatos de consumo mensual de refrigerantes en proceso y transporte, de consumo semanal de combustible, y, de consumo semanal de fertilizantes, se presentan en las figuras 4, 5 y 6, respectivamente.

Figura 4

Formato de consumo mensual de refrigerantes en proceso y transporte en Rosas Tesalia S.A

FORMATO DE CONSUMO MENSUAL DE REFRIGERANTES EN PROCESO Y EN TRANSPORTE						
NOMBRE DE LA EMPRESA:			TELÉFONO:			
DIRECCIÓN:			MUNICIPIO:			
PERSONA QUE ELABORÓ:			CELULAR:			
CARGO:			FECHA:			
CORREO ELECTRÓNICO:			SEMANA DEL MES:			
CONSUMO DE REFRIGERANTES EN PROCESO						
EQUIPO	TIPO DE REFRIGERANTE	CANTIDAD DE REFRIGERANTE QUE EMPLEA PARA FUNCIONAMIENTO (lb)	CANTIDAD DE RECARGAS DE REFRIGERANTE EN EL MES	CANTIDAD DE REFRIGERANTE RECARGADA EN EL MES (lb)		
CONSUMO DE REFRIGERANTES EN TRANSPORTE						
VEHÍCULO	PLACA	TIPO DE REFRIGERANTE	CANTIDAD DE REFRIGERANTE QUE EMPLEA PARA FUNCIONAMIENTO (lb)	CANTIDAD DE RECARGAS DE REFRIGERANTE EN EL MES	CANTIDAD DE REFRIGERANTE RECARGADA EN EL MES (lb)	
Observaciones: En la sección equipo, especificar los cuartos fríos que estuvieron en funcionamiento durante el mes. Para llenar la sección de consumo de refrigerante en proceso es necesario comunicarse con los proveedores del transporte para el producto y preguntar si han tenido que hacer recargas de refrigerantes a los termos de sus camiones.						

Nota. Formato para registrar el consumo mensual de refrigerantes en el alcance 1 y 3

Figura 5

Formato de consumo semanal de combustibles en transporte tercerizado en Rosas Tesalia S.A

FORMATO DE CONSUMO SEMANAL DE COMBUSTIBLES						
NOMBRE DE LA EMPRESA:					TELÉFONO:	
DIRECCIÓN:					MUNICIPIO:	
PERSONA QUE ELABORÓ:					CELULAR:	
CARGO:					FECHA:	
CORREO ELECTRÓNICO:					SEMANA DEL MES:	
VEHÍCULO	PLACA	TIPO DE COMBUSTIBLE	NÚMERO DE ENTREGAS EN LA SEMANA	ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA ENTRE ORIGEN Y DESTINO (Km)
Observaciones: En la sección vehículo, procurar colocar la referencia completa y el modelo, por ejemplo: Chevrolet NKR modelo 2007. La sección origen se considerará siempre como Rosas Tesalia S.A						

Nota. Formato para registrar el consumo de combustibles en el alcance 1 y 3.

2016), “La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá – Colombia”, así se podrán escoger las mejores opciones que permitirán disminuir la HC del cultivo de flores de Rosas Tesalia S.A.

El método Ashby se plantea con los siguientes pasos:

6. Identificar la meta general del problema (Gutiérrez & Montoya, 2016).
7. Identificar las alternativas (Gutiérrez & Montoya, 2016).
8. Listar criterios a emplear en la toma de decisiones (Gutiérrez & Montoya, 2016).
9. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios (Gutiérrez & Montoya, 2016).
10. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios (Gutiérrez & Montoya, 2016).
11. Calcular el total para cada una de las alternativas - $Total = \sum(\text{valor ponderado} \times \text{criterio} / \text{valor de Satisfacción de la alternativa por criterio})$ (Gutiérrez & Montoya, 2016).
12. Ordenar las alternativas en función del total. La alternativa con el score más alto representa la alternativa a recomendar (Gutiérrez & Montoya, 2016).

Las valoraciones se realizan en una escala de 1 a 5, siendo 1 el menor valor y 5 el mayor.

El tercer objetivo de este proyecto plantea proponer acciones de compensación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa. Según los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono; este objetivo irá encaminado principalmente a las fuentes y alcances con mayor aporte a las emisiones de GEI, las cuales, según el cálculo hecho, fueron el uso de fertilizantes nitrogenados y de refrigerantes en proceso, ambos pertenecientes al alcance 1.

El mayor aporte de emisiones fue dado por el uso de fertilizantes nitrogenados, específicamente, fueron los fertilizantes inorgánicos nitrogenados, los que más influyeron. Para las posibles acciones de reducción, se tomó en cuenta el método Ashby ya realizado por (Gutiérrez & Montoya, 2016), este análisis fue útil para este proyecto, teniendo en cuenta que también se deseaba analizar posibles alternativas en los fertilizantes nitrogenados. Para este caso, (Gutiérrez & Montoya, 2016), compara los fertilizantes químicos inorgánicos nitrogenados con los fertilizantes orgánicos, según criterios como el factor de emisión, valor comercial, eficiencia en tiempo de acción, eficiencia sobre la productividad y el valor agregado de cada alternativa.

El análisis de alternativas para el uso de fertilizantes nitrogenados se presenta en la tabla 16.

Tabla 16

Análisis de alternativas para el cambio de fertilizantes nitrogenados en Rosas Tesalia S.A

Criterio/Alternativa	Valor	Fertilizante inorgánico	químico	Fertilizante orgánico
Factor de emisión	5	2		1
Valor comercial	1	2		1
Eficiencia (tiempo)	3	2		1
Eficiencia (productividad)	4	2		3
Valor agregado	2	2		3
Total		30		27

Nota. Adaptado de Gutiérrez, F., & Montoya, L. (2016). La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá - Colombia. Revista de Tecnología, 73-86.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 17, la mejor alternativa es continuar con el uso de fertilizante químico inorgánico nitrogenado, “ya que estos tienen un menor factor de emisión a los fertilizantes orgánicos, un menor costo comercial y al ser químicos aceleran todos los procesos aumentando el tiempo de producción” (Gutiérrez & Montoya, 2016).

El segundo mayor aporte de emisiones fue dado por el uso de refrigerantes en proceso, es decir, los que son usados en los cuartos fríos. Se proponen alternativas para sustituir los refrigerantes R – 22 y R – 507 a partir de los criterios propuestos por (Gutiérrez & Montoya, 2016), estos son el potencial de calentamiento global (GWP), el valor comercial y la eficiencia.

La comparación de los GWP y el valor comercial de los refrigerantes se muestra en la tabla 17

Tabla 17

Comparación de los GWP y el valor de comercial de los refrigerantes en Rosas Tesalia S.A

Criterio/Alternativa	R – 22	R – 134a	R – 507	R – 290
GWP - 100	1960	1530	4775	0,02
Valor comercial del cilindro de 30lb (\$ COP)	705000	787000	838000	151440

Nota. Los factores de emisión o potenciales de calentamiento global se obtuvieron de (IPCC, 2021). Los valores comerciales de todos los refrigerantes, excepto de R – 290, fueron obtenidos de (Refrimayor SAS, 2022), este último se obtuvo de (QCA SAS, 2022).

El análisis de alternativas para el cambio de refrigerantes se presenta en la tabla 18.

Tabla 18

Análisis de alternativas para el cambio de refrigerantes en proceso en Rosas Tesalia S.A

Criterio/Alternativa	Valor	R – 22	R – 134a	R – 507	R – 290
GWP	5	2	2	1	5
Valor comercial	2	2	1	1	5
Eficiencia	4	2	2	3	2
Total		22	20	19	78

Nota. Los valores para el R – 22 y R – 134a son adaptados de Gutiérrez, F., & Montoya, L. (2016). La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá - Colombia. Revista de Tecnología, 73-86.

La alternativa de usar R – 290 o propano, fue propuesta por el ingeniero a cargo de realizar el mantenimiento de los cuartos fríos de la empresa Rosas Tesalia S.A.

A partir de los resultados obtenidos, una buena opción para reducir las emisiones de GEI por parte de los cuartos fríos, es sustituir tanto el R – 22 como R – 507 por gas R – 290.

Para corroborar lo anteriormente mencionado, los valores de emisiones de GEI de los refrigerantes en proceso R – 22, R – 507 y R – 290, se muestran en la tabla 19.

Tabla 19

Comparación de las emisiones de GEI de los refrigerantes en proceso R – 22, R – 507 y R – 290 en Rosas Tesalia S.A

	R – 22 y R – 507	R – 290
Ton CO2 eq	192,36	0,0017

Nota. La tabla permite comparar las emisiones de GEI de cada uno de los refrigerantes propuestos como reemplazo al ya usado por Rosas Tesalia S.A.

7.6 Otras acciones sobre la huella de carbono

Para tener una idea más clara sobre la posibilidad de la neutralidad de la huella de carbono, sería recomendable que la empresa Rosas Tesalia S.A, realice un cálculo de fijación de CO2 por la vegetación presente en su finca de cultivo de flores; esto le permitirá saber cuál es la cantidad de GEI que son absorbidos por la vegetación arbórea que se encuentra en su propiedad y así conocer en qué cantidad se está compensando la huella de carbono de su proceso productivo.

8. CONCLUSIONES

El cálculo de la huella de carbono realizado para la empresa Rosas tesalia S.A, puso a plena vista, que la fuente de mayor impacto es el uso de fertilizantes nitrogenados, este aspecto está relacionado al uso de fertilizantes orgánicos, fertilizantes edáficos de fórmula completa y fertilizantes químicos inorgánicos, estos último, son los que más GEI aportan dentro del total de los fertilizantes nitrogenados. Además, se evidenció que la segunda mayor fuente de emisión son los refrigerantes usados en el proceso, es decir el refrigerante R – 22 y R – 507, aplicados en los cuartos fríos de la empresa; a pesar de ser la segunda fuente que más emisiones produce, su impacto sobre la huella de carbono de Rosas Tesalia S.A es muy inferior respecto al de los fertilizantes nitrogenados; teniendo en cuenta que estos últimos equivalen al 96,76% del total de la huella de carbono.

Habiendo identificado a los fertilizantes y refrigerantes de proceso como las mayores fuentes de emisión de GEI, cabe afirmar que ambas se encuentran dentro del Alcance 1, lo que significa que estas dos están bajo el control de la empresa, por lo tanto, es más factible la posibilidad de buscar acciones de control o mitigación de la HC en estas dos fuentes. La tercera fuente de emisión que más contribuye a la HC se encuentra en el Alcance 3 y se refiere al uso de refrigerantes en el transporte tercerizado, sin embargo, su impacto vuelve a ser mínimo respecto a otras fuentes como el uso de fertilizantes de nitrogenados o los refrigerantes de proceso, además, al no estar bajo en control de la empresa, las acciones control, compensación o reducción se dificultan.

Tras analizar las alternativas propuestas, y apoyándose en el documento de (Gutiérrez & Montoya, 2016), se observa que en cuanto al uso de fertilizantes químicos inorgánicos, es mejor mantener el uso de estos que buscarles un reemplazo, esto debido a que como se mencionó anteriormente, tienen menor costo comercial y acelera más los procesos productivos que los fertilizantes orgánicos.

Por otro lado, en cuanto a los refrigerantes usados en proceso, teniendo en cuenta los datos suministrados en la tabla 19, se hace evidente una disminución en las emisiones de GEI al reemplazar tanto el R – 22 como el R – 507 por propano, la cantidad de toneladas de CO₂ equivalente disminuye en un 99,99%.

Por último, cabe volver a recomendar que se realice un cálculo de fijación de CO₂ por la vegetación presente en su finca de cultivo de flores; esto le permitirá saber cuál es la cantidad de

GEI que son absorbidos por la vegetación arbórea que se encuentra en su propiedad; puesto que esta última es amplia, es posible una reducción teórica de las emisiones generadas por la organización.

BIBLIOGRAFÍA

- Bergstrand, K. J. (2010). *Approaches for mitigating the environmental impact of greenhouse horticulture*.
- CCB. (2015). *Cámara de Comercio de Bogotá, Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, and Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial. Manual Flores y Follajes*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14311>
- EPA. (2020). *Greenhouse Gas Inventory Guidance Direct Fugitive Emissions from Refrigeration, Air Conditioning, Fire Suppression, and Industrial Gases* . Obtenido de EPA: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-12/documents/fugitiveemissions.pdf>
- FAO. (2022). *Emisiones derivadas de los fertilizantes sintéticos*. Obtenido de FAOSTAT: (http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)
- FSF. (2018). *Florverde Sustainable Flower. Estándar flor verde PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE FLORES Y ORNAMENTALES*. Obtenido de <https://florverde.org/libreria/#recursos-descargables>
- FSF. (2021). *Florverde Sustainable Flower. Guía metodológica para la medición de indicadores en el Sistema de Impacto, Monitoreo y Evaluación Florverde* . Obtenido de <https://florverde.org/libreria/#recursos-descargables>
- GHG. (2015). *Green House Gas Protocol*. Obtenido de GREENHOUSE GAS PROTOCOL: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>
- GHG. (2023). *Emission Factors from Cross-Sector Tools*. Obtenido de GREENHOUSE GAS PROTOCOL: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools-and-guidance>
- Gutiérrez, F., & Montoya, L. (2016). La huella de carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá - Colombia. *Revista de Tecnología*, 73-86.
- IPCC. (2021). *The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity Supplementary Material*. (C. Smith, Z. Nicholls, K. Armour, W. Collins, P. Forster, M.

- Meinshausen, . . . M. Watanabe, Edits.) Obtenido de IPCC:
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-7/>
- QCA SAS. (2022). *QUÍMICA COMERCIAL ANDINA SAS*. Obtenido de
<https://qca.com.co/producto/refrigerante-r290-cilindro-x-5-kg/>
- Rabobank. (2022). *Rabobank*. Obtenido de Rabobank:
<https://research.rabobank.com/far/en/sectors/fresh-produce/a-mixed-bouquet-of-developments-in-floriculture-world-floriculture-map-2021.html>
- Refrimayor SAS. (2022). *GASES REFRIGERANTES*. Obtenido de Refrimayor SAS:
<https://refrimayor.com/producto/refrigerante-r-507-2/>
- UNFCCC. (2018). *United Nations Framework Convention on Climate Change. Colombia. Biennial update report (BUR). BUR3*. Obtenido de <https://unfccc.int/documents/424157>
- UPME. (2021). *CALCULADORA DE EMISIONES CO2 - FECOC*. Obtenido de UPME. SIAME (SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL MINERO ENERGÉTICO):
<https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/aplicativos.aspx>
- Wainwright, H., Jordan, C., & Day, H. (2014). Environmental impact of production horticulture. *En Horticulture: Plants for People and Places*.