

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

Cuantificación de la huella de carbono y estrategias de reducción en una empresa florícola en Ecuador mediante GHG Protocol.

Alumno: Cinthia Vanesa Puga Rodríguez

Tutor: Carolina Piña

Ecuador, 2025

TRABAJO FIN DE MASTER

Cuantificación de la huella de carbono y estrategias de reducción en una empresa florícola en Ecuador mediante GHG Protocol

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

Alumno: Cinthia Vanesa Puga Rodríguez

TUTOR: Carolina Piña

Ecuador, 2025

ÍNDICE

1	RESUMEN / ABSTRACT	9
2	INTRODUCCIÓN	11
2.1	Revisión de antecedentes	11
3	ANTECEDENTES.....	15
3.1	Problema de investigación y justificación.....	15
4	MARCO TEÓRICO.....	18
4.1	Cultivo de rosas	18
4.2	Cambio climático	18
4.3	Gases de efecto invernadero (GEI).....	19
4.4	Huella de carbono	19
4.5	Metodología GHF Protocol	20
4.6	Metodología ISO 14064-1 para inventarios de GEI	20
5	OBJETIVOS	21
5.1	Objetivo general	21
5.2	Objetivo específico	21
6	METODOLOGÍA	23
6.1	Descripción del área de estudio.....	23
6.1.1	Manejo del cultivo de rosas	23
6.2	Métodos.....	28
6.2.1	Definición de límites de la organización	28
6.2.2	Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	30
6.2.2.1	Alcance 1.....	32
6.2.2.2	Alcance 2.....	33
6.2.2.3	Alcance 3.....	33
6.2.3	Diseño de estrategias de reducción de emisiones.....	35
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
7.1	Definición de la organización	37
7.2	Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero	38
7.2.1	Alcance 1 - Emisiones directas.....	38
7.2.2	Alcance 2 – Emisiones indirectas	39
7.2.3	Alcance 3 – Emisiones indirectas en la cadena de valor	40
7.2.3.1	Consumo de agua.....	40
7.2.3.2	Uso de agroquímicos	40
7.2.3.3	Fertilizantes nitrogenados.....	46

7.2.3.4	Residuos orgánicos.....	47
7.2.3.5	Insumos de producción	48
7.2.3.6	Residuos	48
7.3	Diseño de estrategias de reducción de emisiones.....	49
7.3.1	Metodología estratégica (FODA).....	51
7.3.2	Estrategias de reducción o compensación de la huella de carbono.....	54
7.3.2.1	Manejo seguro y eficiente de agroquímicos.....	54
7.3.2.2	Programa de uso eficiente de energía	57
7.3.2.3	Educación y restauración ambiental.....	60
8	CONCLUSIONES	63
9	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	65
10	BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de plantaciones florícolas en Ecuador.	12
Figura 2. Exportaciones de flores	15
Figura 3. Finca Schreurs Ecuador Cia. Ltda	23
Figura 4. Flujograma de procesos de la rosa	24
Figura 5. Patrones sembrados.....	25
Figura 6. Área de riego	25
Figura 7. Control fitosanitario	26
Figura 8. Cultivo	26
Figura 9. Área de postcosecha	27
Figura 10. Cuarto frío	28
Figura 11. Área de propagación	28
Figura 12. Alcances de emisiones directas e indirectas	30
Figura 13. Distribución de la huella de carbono	38
Figura 14. Ton CO ₂ e por fuente de emisión en Schreurs	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de emisión.....	31
Tabla 2. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 1- Combustible.....	39
Tabla 3. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 2	39
Tabla 4. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Consumo de agua.....	40
Tabla 5. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Uso de agroquímicos	41
Tabla 6. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Fertilizantes nitrogenados.....	46
Tabla 7. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Residuos orgánicos.....	48
Tabla 8. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Insumos de producción	48
Tabla 9. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Residuos.....	49
Tabla 10. Análisis FODA.....	52
Tabla 11. Manejo seguro y eficiente de agroquímicos.....	55
Tabla 12. Programa de uso eficiente de energía	58
Tabla 13. Educación y restauración ambiental.....	61

1 RESUMEN / ABSTRACT

Resumen

El presente trabajo de grado titulado “Cuantificación de la huella de carbono y estrategias de reducción en una empresa florícola en Ecuador mediante GHG Protocol”, tuvo como finalidad evaluar el impacto ambiental derivado de las actividades productivas de la finca, ubicada en Cayambe, provincia de Pichincha, Ecuador, durante el periodo enero a diciembre de 2024. La investigación se fundamentó en los lineamientos del GHG Protocol y la norma ISO 14064-1, complementados con los factores de emisión del IPCC, para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) expresadas en toneladas de CO₂ equivalente.

El estudio permitió identificar las principales fuentes de emisión distribuidas en los tres alcances establecidos: el alcance 1 representó el 22 % de las emisiones totales, asociado al consumo de combustibles fósiles; el alcance 2 correspondió al 25 %, vinculado al uso de energía eléctrica; y el alcance 3, con una contribución del 53 %, fue el de mayor impacto, derivado del uso de fertilizantes nitrogenados, agroquímicos y la gestión de residuos orgánicos. En términos globales, la finca presentó una huella de carbono de 33,37 tCO₂e/ha-año, valor que se clasifica dentro de un desempeño bajo-medio respecto a los parámetros del sector florícola ecuatoriano.

Con base en los resultados obtenidos, se propusieron estrategias orientadas a la reducción y compensación de emisiones, tales como el manejo seguro y eficiente de agroquímicos, el programa de uso eficiente de energía y el programa de educación y restauración ambiental, con el propósito de fomentar una mejora continua en el desempeño ambiental y fortalecer el compromiso de la finca con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

Abstract

The present master's thesis, entitled “Quantifying the carbon footprint and reducing strategies in a floriculture company in Ecuador using the GHG Protocol” aimed to evaluate the environmental impact derived from the productive activities of the farm located in Cayambe, Pichincha Province, Ecuador, during the period from January to December 2024. The research was based on the guidelines of the GHG Protocol and the ISO 14064-1 standard, complemented with IPCC emission factors, to determine greenhouse gas (GHG) emissions expressed in tons of CO₂ equivalent.

The study identified the main emission sources distributed across the three scopes established by the GHG Protocol. Scope 1 accounted for 22% of total emissions, associated with the consumption of fossil fuels in agricultural machinery; Scope 2 represented 25%, corresponding to electricity consumption in productive and post-harvest processes; and Scope 3 was the largest contributor, with 53%, derived mainly from the use of nitrogen fertilizers, agrochemicals, and organic waste management. In total, the farm presented a carbon footprint of 33.37

tCO₂e/ha-year, which is classified as a low–medium performance level compared to the reference values of the Ecuadorian floriculture sector.

Based on the obtained results, reduction and compensation strategies were designed, including the safe and efficient management of agrochemicals, the energy efficiency program, and the environmental education and restoration program, all aimed at promoting continuous improvement in environmental performance and strengthening the company's commitment to sustainability and climate change mitigation.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Revisión de antecedentes

El cambio climático actualmente es un desafío y cada día es más evidente la variabilidad climática, dado a su impacto directo en el ecosistema, biodiversidad y las actividades socioeconómicas. La acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) son por dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), son los responsables de incrementar progresivamente la temperatura global y presentar alteraciones en los patrones climáticos (IPCC, 2021). El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) establece que el sector agricultor, la silvicultura y otros usos de suelo son responsables de un aproximado de 10 a 12 GtCO₂eq/año de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) netas (IPCC 2014).

La atmósfera terrestre desempeña un papel esencial en la regulación del clima global, al actuar como una capa protectora que absorbe parte de la radiación solar que incide sobre la superficie terrestre, permitiendo mantener una temperatura promedio cercana a los 15 °C. Sin esta función de retención térmica, la temperatura media del planeta descendería hasta aproximadamente – 18 °C, haciendo inviable la vida tal como se conoce. No obstante, las actividades humanas han incrementado la concentración de estos compuestos y añadido gases artificiales como los clorofluorocarbonos (CFC), intensificando el efecto invernadero y contribuyendo al calentamiento global (Cornejo, 2024).

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCC, 1992), este fenómeno se define como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima (Andreu y Teixidó, 2011). Su origen este estrechamente vinculado con el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), producto de las actividades antropogénicas que intensifican el efecto invernadero natural. Entre las principales causas se destacan la deforestación, el cambio de uso de suelo y la quema de combustibles fósiles, los cuales han contribuido al aumento sostenido de la temperatura global y la alteración de ecosistemas. Los impactos del cambio climático se manifiestan cada vez con mayor frecuencia e intensidad. Estas alteraciones podrían generar pérdidas equivalentes al 5 % al 20% del Producto Bruto Interno (PBI) mundial si la temperatura promedio global aumenta entre 5°C y 6°C hacia finales de siglo, afectando de manera más severa a los países de ingresos bajos, especialmente en sectores de productividad agrícola, la disponibilidad de agua y la generación eléctrica (Morales, 2018).

En Ecuador, el cultivo de rosas se remonta al siglo XIX, impulsado por la amplia biodiversidad geográfica y las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de diversas especies florales. Las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Carchi e Imbabura concentran alrededor del 99% del área de producción nacional de rosas (Figura 1), consolidado al país como uno de los principales exportadores mundiales de flores (Guallasamin y Simón, 2018). En 2024, las

exportaciones ecuatorianas de flores alcanzaron un récord de 26.466 toneladas, lo que representa un crecimiento del 17% con respecto al 2023, con un valor superior a USD 1.016 millones. Del total exportado, las rosas constituyeron aproximadamente el 75%, posicionando a Ecuador como el tercer exportador mundial de flores (Vark, 2025). Estas cifras elevan al sector florícola como uno de los más estratégicos dentro del segmento no petrolero, generando empleos y divisas para el país. Este dinamismo se refleja en temporadas específicas como “San Valentín”, durante la cual, en 2025, se exportaron 28.779 toneladas de flores, un incremento de 8.7% al año anterior. Además, de su relevancia comercial, el sector florícola constituye al bienestar económico nacional, con su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) que ha oscilado entre el 0,76% y 0,83% en los últimos años (Primicias, 2025).

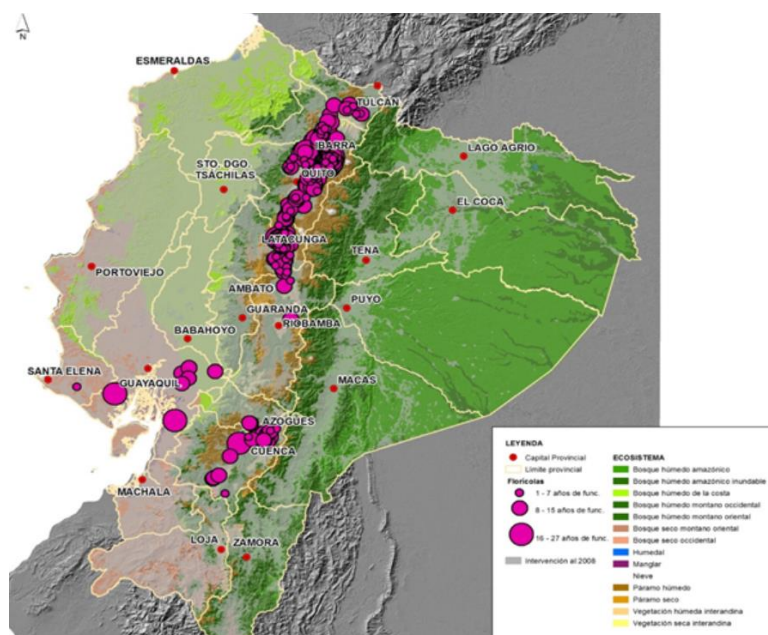


Figura 1. Mapa de plantaciones florícolas en Ecuador.

Fuente. Bonilla et al., 2016.

En la actualidad las florícolas generan un alto impacto ambiental a nivel de ecosistemas naturales, esto se debe al uso de productos químicos (pesticidas) que son tóxicos para el entorno natural. Estos productos químicos son utilizados en volúmenes grandes para el control de plagas y enfermedades de las plantas, siendo importante para conservar su calidad. Sin embargo, presentan efectos significativos sobre las funciones y composición del suelo, ocasionando así una disminución de su productividad (Villalobos y Villalobos, 2018).

El cálculo de la huella de carbono constituye a una herramienta de oportunidades para una organización, producto o servicio, en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La mayor parte se deriva a la reducción de consumos energéticos, materias primas que permiten identificar puntos de mejora a nivel ambiental y por tanto se obtiene ahorros económicos. Permite mejorar la reputación corporativa y posicionamiento de la empresa a nivel de reconocimiento externo por plantear y realizar acciones voluntarias a la

reducción de emisiones, lo que trae consigo nuevas oportunidades de negocio (De cambio climático, 2024).

La huella de carbono es una herramienta metodológica fundamental para la evaluación de impactos ambientales asociados a la producción agrícola, orientada a garantizar procesos más eficientes y sostenibles (Gutiérrez y Montoya, 2016). En el 2016 en Alemania se exterioriza la necesidad de reducir emisiones en el sector agrícola, bajo metas de reducción del 31 a 34 % hasta el año 2030, enmarcado en el Plan de Protección del Clima 2050. Enfatizando el papel estratégico de la agricultura en la transición de sistemas productivos responsables con el ambiente (Lampert y Menrad, 2022). En la Sabana de Bogotá, principalmente en el sector de flores ubicado en Colombia, se ha implementado acciones de control, compensación y reducción de fuentes de emisión, mediante la adopción de metodologías estandarizadas como el GHG Protocol y lineamientos sectoriales, entre ellos la Guía Florverde. Establece límites organizacionales y priorizar focos críticos de mitigación (Girón, 2023).

Jaramillo (2022), estima la huella de carbono de la empresa ECOROSSES S.A, aplicando la metodología GHG Protocol, la cual permite clasificar las emisiones en directas e indirectas, diferenciando aquellas generadas de manera propia por las operaciones internas y externas de la organización, vinculadas a la cadena de valor. El estudio evidenció que una parte significativa de las emisiones se relaciona con el uso de insumos agrícolas y productos derivados de factores externos, indispensables para el giro de negocio. Los resultados de la cuantificación se usaron como base para la planificación de estrategias de mitigación y control de impactos ambientales, orientadas a mejorar la sostenibilidad del proceso productivo. No obstante, a nivel nacional, se dispone de escasos estudios sistemáticos que documenten el desempeño ambiental del sector florícola, particularmente en lo relacionado con la medición de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su contribución con el cambio climático.

Estudios sobre la floricultura ecuatoriana han reportado que la huella de carbono de cultivos de rosas puede alcanzar alrededor de 3,75 kgCO₂e por kilogramo de rosa exportada, considerando los tres alcances de GHG Protocol y metodología PAS 2050 (Guallasamin y Simón, 2018). Asociaciones del sector florícola están promoviendo herramientas innovadoras para medir impactos ambientales más allá de la huella de carbono. Impulsan a las empresas a certificarse a FlorVerde Sustainable Flowers, que en el 2025 presento una nueva herramienta basada en la categoría de huella ambiental (FloriPEFCR), que integra 16 indicadores como uso de agua, gestión de residuos y aplicación de pesticidas, con el fin de mejorar la medición del desempeño ambiental de cada tallo de flor. Este tipo de iniciativas permiten que las fincas certificadas comuniquen mejoras verificables en sostenibilidad frente a compradores globales (ASOCOLFLORES, 2024).

3 ANTECEDENTES

3.1 Problema de investigación y justificación

La rosa es el principal mercado de exportación y de mayor demanda en Estados Unidos, Europa y Asia del norte, de acuerdo al reporte de Expoflores (2024), Ecuador se a categorizado como el tercer país exportador de flores a nivel mundial (Figura 2). Los mercados internacionales tienen estándares altos en cuanto a la tolerancia de plagas y enfermedades en la flor, demandan cuidado y monitoreo en el cultivo, razón principal para el uso de productos fitosanitarios. Es así, que la demanda del mercado internacional solicita que las organizaciones generen compromisos socio-ambientales de sostenibilidad y busquen que estas cuenten con certificaciones que avalen sus resultados y acciones.



Figura 2. Exportaciones de flores

Fuente: Expoflores, 2024

La floricultura no solo constituye al desarrollo económico y social en Ecuador, también sus actividades productivas generan impactos negativos sobre el ambiente. El uso intensivo de sustancias químicas fitosanitarias y fertilizantes nitrogenados contribuyen a la contaminación del suelo y agua, afectando a la biodiversidad local, generando riesgos potenciales para la seguridad alimentaria y calidad de agua. A esto se suma la gestión inadecuada de desechos peligrosos, como envases de agroquímicos, que pueden liberar contaminantes tóxicos al ambiente. El elevado consumo energético, se asocia al uso de combustibles fósiles como a la electricidad en los sistemas de riego, el cual, representan una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Guamán, et al., 2024). Este hecho se ve agravada por los mercados internacionales que exigen que las florícolas cumplan con prácticas sostenibles y transparentes, lo que convierte a la gestión ambiental en un factor estratégico de competitividad en el mercado (EXPOFLORES, 2025).

En Ecuador, existe una limitada disponibilidad de información sistematizada sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el sector agrícola, debido a la ausencia de inventarios sectoriales específicos, la escasa estandarización de metodologías y las deficiencias en los registros de consumo energético e insumos agrícolas. De acuerdo con el Informe Nacional de Gases de Efecto Invernadero, la agricultura aporta el 18 % de las emisiones totales nacionales, siendo el uso de fertilizantes nitrogenados, la quema de combustibles fósiles y la generación de residuos agrícolas las principales fuentes emisoras (MAATE, 2023). La carencia de estudios específicos en el sector florícola impide conocer con precisión su contribución a la huella climática, lo que refuerza la necesidad de desarrollar investigaciones técnicas que cuantifiquen las emisiones y promuevan estrategias de mitigación adaptadas a las condiciones productivas del país.

Diversos estudios recientes destacan la importancia de evaluar la huella de carbono en la producción florícola como una herramienta de gestión ambiental clave para la transición hacia sistemas productivos sostenibles. Según Jaramillo (2022), la aplicación de metodologías como el GHG Protocol y las normas ISO 14064-1 permite identificar las principales fuentes de emisión y priorizar acciones de mitigación, aportando a la transparencia y competitividad del sector frente a los mercados internacionales. A nivel nacional, investigaciones como las de Guallasamín y Simón (2018) y Girón (2023) evidencian que los fertilizantes nitrogenados y los agroquímicos representan las categorías de mayor aporte a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), seguidos del consumo energético y el uso de combustibles fósiles.

En Ecuador el sector florícola ha comenzado a adoptar estrategias de mejora y concientización en la innovación de tecnologías de energía limpia. Actualmente, 194 empresas impulsan prácticas responsables como el remplazo de envases plásticos, elaboración de compostaje, manejo eficiente del agua, reducción y reciclaje de residuos. Programas como Ecuador Carbono Cero, Flor Ecuador Certified, FlorVerde Sustainable Flowers fomentan el cumplimiento de estándares ambientales y sociales, fortaleciendo la trazabilidad de los procesos productivos (EXPOFLORES, 2025). Estas certificaciones responden a compromisos globales establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en el Objetivo 12, “Producción y consumo responsable” y Objetivo 13, “Acción por el clima”, promoviendo una producción con bajas emisiones y uso eficiente de recursos.

Finalmente, el estudio se fundamenta en el artículo 414 de la Constitución de la República del Ecuador, año 2008, del Capítulo segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, en su Sección séptima, donde establece medidas adecuadas para mitigar el cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Además, busca contribuir en el Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida 2024 – 2025, mediante el objetivo 5, fomentar de manera sustentable la producción mejorando los niveles de productividad. Enmarcando los derechos de la naturaleza y la importancia de las políticas económicas que buscan un equilibrio con la producción y la conservación del ambiente (SENPLADES 2024). A nivel internacional, pretende cumplir con la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas y Acuerdo Internacional de Kyoto (Naciones Unidas, 2015).

El presente estudio busca dar respuesta a esta problemática mediante la cuantificación de la huella de carbono y estrategias de reducción en una empresa florícola en Ecuador mediante GHG Protocol. Además, se pretende identificar oportunidades de mejora y estrategias de reducción, contribuyendo a la sostenibilidad de la empresa bajo el cumplimiento de la legislación nacional e internacional en materia de cambio climático.

4 MARCO TÉORICO

4.1 Cultivo de rosas

El cultivo de rosas da inicio a finales del siglo XIX en el Ecuador, es categorizado como una industria que va creciendo significativamente y es la principal fuente económica y social del país. Este cultivo se desarrolla principalmente en invernaderos, donde se controlan variables que garantizan la calidad y durabilidad de las flores (Expoflores, 2018). Esto se debe a la diversidad geográfica del Ecuador y a los diferentes pisos altitudinales que favorecen al cultivo de rosas. Las condiciones de luminosidad a la que están sometidos ayuda que las rosas crezcan con tallos largos, gruesos y verticales, botones compactos y colores vistosos.

4.2 Cambio climático

El cambio climático global se entiende como la modificación significativa y persiste en los patrones climáticos. Este fenómeno se manifiesta mediante las variaciones en la temperatura, precipitaciones y frecuencias e intensidad de tormentas (Tyler, 2007). Estas alteraciones no responden únicamente a la variabilidad natural, si no a causas directas e indirectas de las actividades antrópicas, las cuales, alteran sustancialmente la composición de la atmosfera. La degradación del ambiente se ha intensificado en las últimas décadas, evidenciándose a través de fenómenos como la sobreexplotación y escasez de recursos naturales (agua y petróleo). La contaminación de los océanos, la perdida acelerada de biodiversidad y deforestación a gran escala. Estos procesos están vinculados con el calentamiento global y cambio climático, que constituyen los principales indicadores del impacto humano sobre el planeta (Días, 2012). En este sentido, la FAO (2022) señala que, para el año 2020, las emisiones globales son atribuibles a las actividades humanas con el 52 Gt CO₂ eq/ anuales aproximadamente, el cual, refleja la magnitud y severidad a la que estamos expuestos.

Las consecuencias de este fenómeno son múltiples y afectan de manera transversal al ambiente, sociedad y economía. A nivel ambiental, se observa una alteración a los ecosistemas terrestres, expresada en la anticipación de ciclos estacionales, el desplazamiento de especies hacia latitudes y altitudes mayores, pérdida de hábitats. En el ámbito social, la exposición de crecientes de olas de calor y eventos meteorológicos extremos comprometen la seguridad alimentaria y la salud humana. Afectando el rendimiento agrícola y estabilidad de la producción, por el uso desmedido de fertilizantes y pesticidas. Esto genera altos costos de mitigación, volatilidad en los precios y mayores riesgos en la competitividad del sector productivo. Es indispensable promover acciones de mitigación y adaptación que contribuyan a la sostenibilidad global. Entre ellas, se destaca la reducción de la deforestación, programas de reforestación, impulso a la eficiencia energética, transición de fuentes renovables de energía y buenas practicas agrícola y ambientales (Días, 2012).

4.3 Gases de efecto invernadero (GEI)

Es el componente gaseoso de la atmósfera, de origen natural o derivado de actividades antropogénicas, capaz de absorber y liberar radiación a longitudes de onda específicas del espectro infrarrojo emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (ISO, 2018). Las diferentes actividades antrópicas, el uso excesivo y producción de energía a través de fósiles, han generado el aumento de gases de efecto invernadero, el cual, tiene la propiedad de absorber y remitir la radiación causando un incremento en la temperatura del planeta, este fenómeno se denomina “efecto invernadero” (De cambio climático, 2024). De acuerdo a (Trespacios, et al., 2018) en el marco de las Naciones Unidas, el protocolo de Kioto en 1998, establece límites para seis GEI:

- **Dióxido de carbono (CO₂):** El 70% de este gas corresponde al efecto invernadero, que se produce por combustión de petróleo, gas natural, carbón y otros agentes fósiles.
- **Metano (CH₄):** Es el responsable del 20% de los GEI, que se genera a partir de la quema de biomasa, descomposición de desechos orgánicos y ganadero.
- **Óxido nitroso (N₂O):** El 7% de los GEI, se debe a los procesos industriales y quema de biomasa.
- **Hidrofluorocarbonos (HFC):** El 1% de los GEI, es un gas utilizado en los sistemas de climatización, productos aislantes y gas para aerosoles. Estos no se producen de forma natural, son desarrollados por el hombre para fines industriales.
- **Perfluorocarbonos (PFC):** El 1% de los GEI, son sistemas de climatización y para extinguidores de fuego.
- **Hexafluoruro de azufre (SF₆):** El 1% de los GEI, mismos que se usan para el aislamiento de líneas de alta tensión, producción de aluminio y ciertos componentes electrónicos.

El CO₂ es el GEI que tiene mayor influencia en el calentamiento del planeta, por ello se mide en función de este gas. La tCO₂eq es la unidad universal de medida que indica el potencial del calentamiento atmosférico o potencial calentamiento global (PCG) de cada uno de estos gases de efecto invernadero GEI (De cambio climático, 2024).

4.4 Huella de carbono

La huella de carbono es la cuantificación de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. Es el principal instrumento de comunicación para tomar medidas de mitigación frente a los impactos negativos generados en los procesos de producción (De cambio climático, 2024). Se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO₂e), a fin de expresar las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero en una unidad común. La medida de CO₂e se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los gases de efecto invernadero GEI por el respectivo potencial de calentamiento global (PCG) durante 100 años (Frohmann y Olmos, 2013).

4.5 Metodología GHF Protocol

Desarrollado por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), se refiere a los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI (De cambio climático, 2024). Esta metodología permite un inventario de Gases de Efecto Invernadero, cuyos datos son la medida cuantitativa de un nivel de actividad que da lugar a emisiones propias de una organización durante un periodo de tiempo determinado, generando información para la planificación, gestión y reducción de gases (Kean, et al., 2018). Para ello, es fundamental la recolección de datos y será un proceso iterativo al cual debe apoyarse, en las siguientes consideraciones:

- Datos de fuentes fiables y seguras.
- Los datos deben ser específicos al límite de inventario y tecnológicamente específicos a la actividad que se mide.

La metodología se base en tres alcances que se detallan a continuación:

Alcance 1. Se incluye todas las emisiones directas por la organización, es decir, aquellas que provienen de fuentes internas del producto o actividad, como insumos de oficina, uso de hidrocarburos, entre otros.

Alcance 2. Se incluye las emisiones indirectas asociadas a la energía que consume la organización.

Alcance 3. Son emisiones indirectas que se generan fuera de la organización, es decir, son externas. Este alcance de cuantificación es opcional puesto que se analiza si es factible utilizar o no, de acuerdo al giro del negocio.

4.6 Metodología ISO 14064-1 para inventarios de GEI

La ISO 14064-1:2018 establece los principios y requisitos para el diseño, desarrollo, gestión y verificación del inventario de GEI a nivel organizacional. La norma específica define como cuantificar, reportar emisiones y remociones de GEI considerando los límites organizacionales, operacionales, criterios de calidad, trazabilidad documental, control de cambios y preparación para su verificación. La ISO 14064 es neutral a los programas de GEI y contempla los factores de emisión, metodologías de cálculo y tratamiento de incertidumbre, facilitando la comparabilidad temporal y mejora continua del desempeño climático de la organización (ISO, 2018).

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Cuantificar la huella de carbono en la florícola SCHREURS ECUADOR CIA. LTDA basándose en la metodología GHG Protocol y alineándose a la ISO 14064-1, con el fin de identificar oportunidades de reducción.

5.2 Objetivo específico

- Identificar las fuentes de emisiones de la empresa, basados en el alcance 1, 2 y 3 según la metodología GHG Protocol.
- Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en los procesos productivos, expresada en toneladas de CO2 equivalente.
- Diseñar estrategias de reducción de emisiones orientadas a la mejora continua en base a los resultados obtenidos.

6 METODOLOGÍA

6.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se centra en la empresa SCHREURS ECUADOR CIA. LTDA., localizada en el cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha. Ecuador es una de las zonas con mayor concentración florícola del país debido a las condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo de rosas (Expoflores, 2021). La empresa se especializa en el cultivo, propagación y comercialización de variedades de rosa, desarrollando sus actividades productivas en una superficie de 2,4 hectáreas bajo invernadero (Figura 3). Además, de la comercialización de material vegetal, la empresa genera ingresos mediante la venta de regalías por derechos de propagación y siembra de variedades registradas, propiedades del grupo Scheurs Holland B.V., reconocido a nivel internacional por el desarrollo genético de nuevas variedades de rosas (Schreurs, 2023).



Figura 3. Finca Schreurs Ecuador Cia. Ltda

6.1.1 Manejo del cultivo de rosas

1. **Producción:** El proceso productivo de la rosa comprende una serie de actividades secuenciales que van desde la preparación de suelo hasta la postcosecha y comercialización del producto. Así se asegura la calidad de la flor y la trazabilidad del ciclo productivo. A continuación, en la Figura 4, se presenta el flujograma de proceso productivo de la rosa:

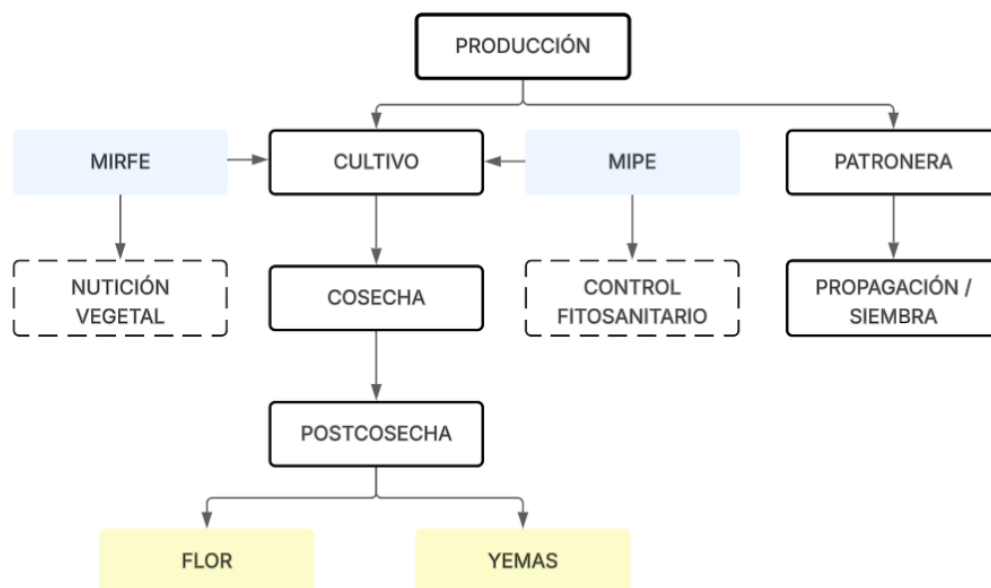


Figura 4. Flujograma de procesos de la rosa

2. Cultivo

a. Preparación del suelo

El manejo de suelo inicia con labores de subsolado, drenajes, arado y rastrado, complementadas con la enmienda de materia orgánica y el levantamiento de camas de siembra. Previamente se ajusta una limpieza de terreno, eliminando desechos hasta una profundidad de 30cm. Para la etapa de pre-siembra, se remueve el suelo mínimo 40cm, a fin de mejorar la aireación y la capacidad de retención de agua. Se procede a nivelar y medir las camas de acuerdo con las necesidades del cultivo. En esta etapa, se aplica herbicidas en dosis técnicas de 1 a 4 días antes de la siembra, tanto en las camas como en caminos evitando el contacto con cultivos sensibles.

b. Siembra

Antes de la siembra, el material vegetal (patrones y esquejes) se clasifican con base en criterios de tamaño, uniformidad, grosor, longitud, y estado fitosanitario. Aquellas plantas con deficiencia en raíces, síntomas de deshidratación, floración o baja calidad estructuras son descartadas.

La desinfección del suelo se la realiza entre 1 y 2 semanas antes de la siembra, utilizando soluciones aplicadas por goteo o bomba de fumigación, garantizando la sanidad inicial del cultivo. Posteriormente se establece el patrón, sobre el cual se injerta la variedad seleccionada. Bajo condiciones de manejo óptimo, la primera producción de rosas puede obtenerse aproximadamente a los cinco meses de siembra (Figura 5).



Figura 5. Patrones sembrados

3. Fertilización (MIRFE)

La nutrición del cultivo se basa en el análisis de suelo y foliares, cuyos resultados se comparan con las recomendaciones establecidas por el laboratorio especializado. A partir de esta información se elaboran los programas de fertilización, ajustados a las necesidades nutricionales de cada etapa fenológica. Los productos se preparan de manera independiente, disolviendo cada insumo en agua antes de integrarlos al tanque principal de fertirriego (Figura 6). Se controlan parámetros como pH y conductividad eléctrica para garantizar la eficacia en la absorción de nutrientes. Los operarios verifican periódicamente el estado del sistema de riego por goteo, asegurando un funcionamiento óptimo y adecuado.



Figura 6. Área de riego

4. Fumigación (MIPE)

El control fitosanitario se ejecuta mediante un programa semanal de fumigación, que detalla las fechas, bloques a tratar, productos, dosis y plagas o enfermedades. La preparación de la mezcla implica llenar un tanque entre 70 a 80% con agua, disolver los productos en recipientes de 20 litros y ajustar el pH entre 5.5 y 6.5, en caso de ser necesario de baja con ácido cítrico (Figura 7). La rotación de ingredientes activos es fundamental para evitar la resistencia de plagas y patógenos. Posteriormente, se lleva un monitoreo post-aplicación con el fin de evaluar la efectividad del tratamiento.



Figura 7. Control fitosanitario

5. Cosecha

Las rosas alcanzan el estado de corte de acuerdo a la variedad y las exigencias del mercado. Cada tallo se agrupa en mallas de 20 a 25 unidades, que son trasladadas mediante el tractor hacia la postcosecha en condiciones de hidratación inmediata (Figura 8). Con el fin de preservar la calidad del producto.



Figura 8. Cultivo

1. Postcosecha

Se procede a seleccionar las varas de propagación e hidratarlas en agua para mantener la viabilidad del material vegetal y reducir el estrés postcorte. Una vez estabilizadas, las varas son sometidas a una clasificación rigurosa según su longitud, grosor y número de yemas (2, 3 y 4), descartando cualquier material que no cumpla con los estándares de calidad. Posteriormente, las yemas seleccionadas son empaquetadas en grupos de 20 unidades, debidamente etiquetadas de acuerdo al pedido del cliente (Figura 9). Los empaques son trasladados al cuarto frío, donde se conservan en condiciones controladas de temperatura y humedad. De forma paralela, el pedido es registrado en el sistema de ventas, quedando listo para su despacho.



Figura 9. Área de postcosecha

Adicionalmente, las flores destinadas a exhibición o muestras en florero ingresan a la zona de recepción, donde son sometidas a un proceso inicial de hidratación de agua. Luego, se elaboran los ramos de presentación, los cuales se trasladan al cuarto frío y se mantiene en hidratación durante 24 horas con solución florisani, garantizando su durabilidad hasta el momento de entrega (Figura 10).



Figura 10. Cuarto frío

2. Patronera

Es un área destinada al manejo de plantas madres o parones, de las cuales se obtiene el material vegetal para la propagación (Figura 11). De esta manera se garantiza la disponibilidad constante de yemas y varas de alta calidad genética y fitosanitaria, que posteriormente es utilizado en la enjertación de las plantas en cultivo.



Figura 11. Área de propagación

6.2 Métodos

6.2.1 Definición de límites de la organización

- 1. Selección del año base de estudio.** Para la cuantificación de la huella de carbono, se define el año base de estudio, que cuente con información confiable y verificable, correspondiente a un periodo continuo de doce meses alineados al año calendario reportado (Morales, 2018). Esta selección garantiza consistencia temporal y permite la

comparación con periodo futuros, siguiendo criterios establecidos en la contabilidad de gases de efecto invernadero.

2. Establecimiento de los límites de la organización.

Límite organizacional: Determina que instalaciones, operaciones y sedes de la empresa serán incluidas en el inventario de emisiones. Según Morales (2018), existe tres enfoques principales.

- **Control Financiero:** La organización ejerce control financiero sobre la operación, tomando decisiones estratégicas y políticas financieras que buscan obtener beneficios económicos.
- **Control Operacional:** La organización tiene la capacidad de implementar y supervisar políticas dentro de las operaciones. Bajo este enfoque, se contabiliza el 100% de emisiones generadas por las actividades bajo control.
- **Enfoque de participación accionaria:** Se consideran las emisiones proporcionales a la participación económica de la organización en cada operación, reflejando los riesgos y beneficios asociados a si inversión.

Límite operacional: Define el alcance de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que serán contabilizados, siguiendo la clasificación propuesta por el GHG Protocol y la ISO 14064-1:2018 (Morales, 2018).

- **Alcance 1:** Emisiones directas, provenientes de fuentes que pertenecen o están bajo control organizacional como la combustión de calderas, vehículos y equipos electrógenos.
- **Alcance 2.** Emisiones indirectas, por energía adquirida. Corresponden al consumo de electricidad, vapor, calor o frío generado fuera de la organización, pero utilizado en sus operaciones. Este alcance es relevante para identificar oportunidades de eficiencia energética y reducción de costos.
- **Alcance 3.** Otras emisiones indirectas, que incluyen emisiones relacionadas con la cadena de suministro, como la extracción, producción y transporte de materiales adquiridos, además de residuos y logística, entre otras actividades indirectas. Este alcance refleja el impacto completo de las operaciones de la huella de carbono (WRI y WBCSD, 2015) (Figura 12).

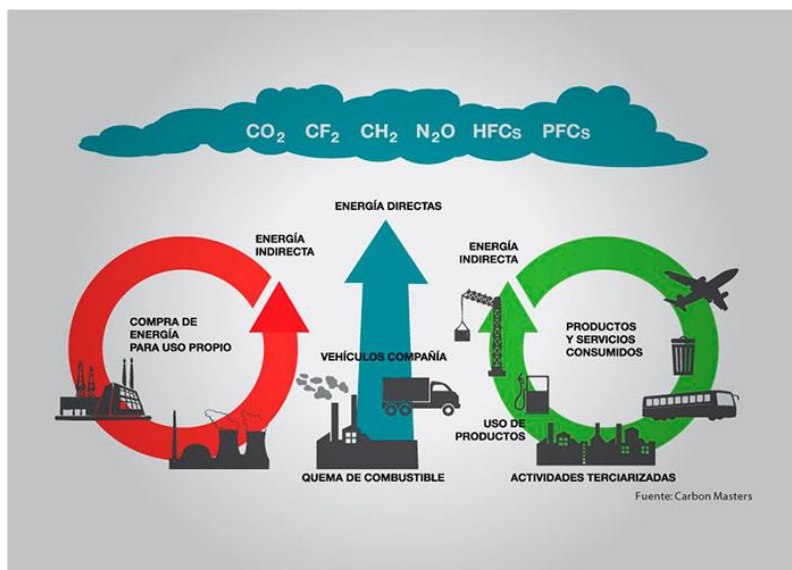


Figura 12. Alcances de emisiones directas e indirectas

Fuente: GHG Protocol

3. Recolección y validación de datos. La información para el cálculo de emisiones se obtiene de los registros de consumo de combustible, energía eléctrica, fertilizantes, agroquímicos, agua, transporte y gestión de residuos, entre otros insumos relevantes (Morales, 2018). La recolección de datos se realiza siguiendo procedimientos que aseguran su confiabilidad, trazabilidad y consistencia, permitiendo una cuantificación acorde a los lineamientos de ISO 14064-1:2018 (ISO, 2018).

6.2.2 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

La cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero se realiza en base a los lineamientos del GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2018, los cuales proporcionan los principios, requisitos y directrices para el desarrollo de inventarios. Estos estándares son internacionalmente reconocidos y compatibles. La herramienta de cálculo está desarrollada sobre la plataforma de Microsoft Excel. Es el instrumento que permite realizar la cuantificación de emisiones establecidas en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hexafluoruro de azufre (SF₆), hidrofluorocarbonos HFCS y perfluorocarbonos (PFCS), mediante el registro de la información recopilada (Morales, 2018). El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Dato Actividad} * \text{Factor Emisión}$$

Donde:

- **Emisión:** Cantidad de GEI expresada en (tCO₂eq)
- **Dato de actividad:** Parámetro que define el grado o nivel de la actividad generada de las emisiones de GEI.
- **Factor de emisión:** Supone la cantidad de GEI emitido por cada unidad del parámetro “dato de actividad”.

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). Las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escoger en función de los datos de la actividad que se determinen. Los factores de emisión referidos a las unidades, son los de datos de mayor frecuencia (De Cambio Climático, 2024).

Factor de emisión. Constituyen parámetros fundamentales para convertir los datos de actividades en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos factores varían en función a la actividad y por defecto son proporcionados por el IPCC, aplicables de manera general y global. Algunos son específicos al país, sobre la base de decisión que tiene en cuenta el tipo y el nivel de desagregación de los datos de la actividad disponible (IPCC, 2006). En el caso de Ecuador, algunos factores de emisión nacionales han sido desarrollados en el marco del Programa Ecuador Carbono Cero (MAATE, 2021), para fuentes energéticas como la electricidad, mientras que para insumos agrícola y residuos aun es habitual el uso de factores por defecto. A continuación, en la Tabla 1, se detalla los valores por defecto para la huella de carbono:

Tabla 1. Factor de emisión

Fuente: IPCC (2006) y IEA (2024).

Alcance	Categoría	Descripción	Por defecto
1	Combustible de fuentes fijas	Diesel (LT)	2,693 kg CO ₂ e / litro
		GLP (KG)	1,57 kg CO ₂ e/ litro
	Combustible de fuentes móviles	Diesel (LT)	2,693 kg CO ₂ e / litro
		Gasolina (LT)	2,243 kg CO ₂ e / litro
2	Consumo energético	-	0,280 kgCO ₂ eq/kWh
	Consumo de agua	-	0,5 kgCO ₂ eq/m ³
3	Uso de agroquímicos	Insecticida	5,1 kgCO ₂ eq/kg
		Fungicida	3,9 kgCO ₂ eq/kg
		Varios	4,5 kgCO ₂ eq/kg
	Fertilizantes nitrogenados	Edáficos	4,29 kgCO ₂ eq/kg
		Foliares	1,2 kgCO ₂ eq/kg
	Insumos de producción	Papel	1,4 kgCO ₂ eq/kg

	Cartón	1,05 kgCO ₂ eq/kg
	Capuchones	2,7 kgCO ₂ eq/kg
	Residuos orgánicos	-
Residuos	Domésticos (Desechos comunes)	0,5 kgCO ₂ eq/kg
	Industriales (Residuos no aprovechables)	3 kgCO ₂ eq/kg
	Reutilizables (Residuos aprovechables)	0,5 kgCO ₂ eq/kg

Una vez cuantificada las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) correspondiente a los tres alcances establecidos por la metodología del GHG Protocol, se procede a sumar los valores totales obtenidos por cada alcance para determinar la huella de carbono organizacional anual expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e/año) (De Cambio Climático, 2024). Posteriormente, con el objetivo de obtener un indicador que permita la comparación con otras fincas florícolas y el análisis de la eficiencia ambiental del sistema productivo, se calcula la huella de carbono por superficie productiva, dividiendo el total anual de emisiones entre el área de cultivo de la finca (en hectáreas). El resultado se expresa en toneladas de CO₂ equivalente por hectárea por año. Esta relación permitirá dimensionar el nivel de impacto ambiental por unidad de superficie y facilita la identificación de oportunidades de mejora en el uso de recursos y prácticas de mitigación (Expoflores, 2021).

6.2.2.1 Alcance 1

Emisiones internas propias de la organización, el cual está constituido por:

1. Consumo de combustible en instalaciones fijas

Representa el total de consumo de combustible utilizado en instalaciones fijas como el generador eléctrico (g) y calefactores (kg). El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de combustible} * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de combustible al año 2024 (Litros)
- **Consumo de combustible:** Cantidad del año 2024 y tipo de combustible
- **FE:** Factor de emisión de combustible (KgCO₂eq/l)

2. Consumo de combustible en maquinaria

Es el total de consumo de combustible de maquinaria móvil agrícola que es propiedad de la organización y tiene el control. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de combustible} * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de combustible al año (litros)
- **Consumo de combustible:** Cantidad del año 2024 y tipo de combustible
- **FE:** Factor de emisión de combustible (KgCO₂eq/l)

6.2.2.2 Alcance 2

1. Consumo eléctrico

La empresa EMELNORTE suministra energía eléctrica a la organización, por medio de facturas eléctricas, el cual, se procede hacer el cálculo y suma de la energía suministrada. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Consumo energético} * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de energía eléctrica al año (KWh/año)
- **Consumo energético:** Total del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de energía (KgCO₂eq/kWh)

6.2.2.3 Alcance 3

Emisiones indirectas que ocurren fuera de la organización y relacionadas con la cadena de suministro.

1. Consumo de agua

Refiere a las cantidades de agua necesaria para el riego de los cultivos, mezcla de fertilizantes y productos químicos. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de agua} * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de consumo de agua al año (lt/año)
- **Consumo de agua:** Total del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de agua (KgCO₂eq/lt)

2. Uso de agroquímicos

La organización requiere productos para el control fitosanitario de los cultivos y evitar plagas o enfermedades. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$Emisión = Cantidad\ de\ agroquímicos * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de consumo de agroquímicos (Kg/año)
- **Consumo de agroquímicos:** Total del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de consumo de agroquímicos (KgCO₂eq/kg)

Los datos recolectados fueron expresados en lt/año, para el cálculo de emisiones ese valor fue multiplicado por densidad del producto aproximándole a 1kg/l.

3. Fertilizantes nitrogenados

La organización necesita de una fertilización constante para mantener los cultivos saludables. Solo los que contienen nitrógeno son los que generan emisiones. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$Emisión = Cantidad\ de\ fertilizantes * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de consumo de fertilizantes (Kg/año)
- **Consumo de fertilizantes:** Total del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de consumo de fertilizantes (KgCO₂eq/kg)

Se identifica el porcentaje de nitrógeno (N) que aporta cada fertilizante y se multiplica por la cantidad anual aplicada kg/año.

4. Insumos de producción

Hace referencia a los materiales e insumos necesarios para la cadena de producción, siendo necesario para el empaque de la flor, se clasifica en papel, cartón y capuchones considerando la metodología que utiliza el programa FlorEcuador para el cálculo de la huella de carbono organizacional. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$Emisión = Consumo\ de\ productos * FE$$

Donde:

- **Emisión:** Total de consumo de productos (Kg/año)
- **Consumo de productos:** Total del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de consumo de productos (KgCO₂eq/kg)

5. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son generados en el área de postcosecha y restante en el área de cultivo por procesos de erradicación de plantas, desyemes de brotes, poda y limpieza de las camas. Adicional, se realiza un manejo de enmiendas orgánicas. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Cantidad RO} * \text{FE}$$

Donde:

- **Emisión:** Total al año (kg/año)
- **Cantidad:** Cantidad de residuo orgánico del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de residuos orgánico (KgCO₂eq)

La estimación del contenido de nitrógeno, se realizó en recomendación al IPCC y la FAO, en ausencia del análisis de laboratorio se adoptó un valor por defecto de 1% de nitrógeno para residuos vegetales compostados.

6. Residuos

Se categoriza como tratamiento de residuos generados en las operaciones, mismas que son gestionadas por un gestor autorizado, responsable de las emisiones finales a su disposición final. Se clasifica en residuos domésticos, industriales y reutilizados considerando la metodología que utiliza el programa FlorEcuador para el cálculo de la huella de carbono organizacional. El cálculo se efectúa mediante la siguiente ecuación (De Cambio Climático, 2024):

$$\text{Emisión} = \text{Cantidad Residuos} * \text{FE}$$

Donde:

- **Emisión:** Total al año (kg/año)
- **Cantidad:** Cantidad de residuo del año 2024
- **FE:** Factor de emisión de residuos (KgCO₂eq)

6.2.3 Diseño de estrategias de reducción de emisiones

Se establecen acciones orientadas a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) identificadas en el inventario. Para ello, se parte del análisis de los principales focos de emisión detectados en la finca. Con bases en los resultados se procede a diseñar estrategias de mitigación, tomando en cuenta los criterios de priorización como el potencial de reducción (Tco2e/año), la viabilidad técnica, el costo por tonelada evitada, los beneficios y tiempo de implementación. Cada medida es cuantificada y evaluada en términos de reducción de emisiones respecto a la línea base, utilizando factores de emisión y metodologías propuestas por IPCC (2019) y el GHG Protocol (IPPC, 2014).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Definición de la organización

Se establece los límites organizacionales y operacionales considerando el control operativo de la organización. El año base seleccionado es el 2024, por contar con la información confiable y trazable durante un periodo de 12 meses continuos. Asimismo, se considera las fuentes generadoras de emisiones directas e indirectas de GEI de los alcances 1,2 y 3, los cuales se encuentran establecidos en el GHG Protocol y la Norma ISO 14064-1:2006, asociados a los niveles de las actividades y procesos de la organización que están bajo su control y administración.

Alcance 1: Corresponde al 22% de emisiones directas derivadas principalmente del consumo de combustible fósiles en maquinaria agrícola. Aunque representa una fracción menor, es relevante para la operación, coincidiendo con lo reportado por Guallasamin y Simón (2018), quienes identificaron que el uso de diésel en florícolas ecuatorianas contribuyen el 10,95% de emisiones de CO₂eq.

Alcance 2: Representa el 25% y se relaciona con el consumo de electricidad en procesos productivos. Este valor es moderado debido a que la matriz energética se compone mayoritariamente de generación hidroeléctrica, lo cual reduce la intensidad de carbono de la electricidad (MEM, 2022). En ECOROSSES S.A., se reporta el 13,4% de emisión de GEI por el consumo energético (Guallasamin y Simón, 2018).

Alcance 3: Representa el 53% con mayor contribución a la huella de carbono, esta es principalmente por el uso de fertilizantes nitrogenados, agroquímicos y gestión de residuos orgánicos. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que señalan que los insumos agrícolas son los principales responsables de la huella de carbono en la floricultura (Martin, 2015).

En la figura 13, se muestra la distribución porcentual de la huella de carbono de la finca evaluada, diferenciada según los tres alcances establecidos por el GHG Protocol (IPPC, 2004).

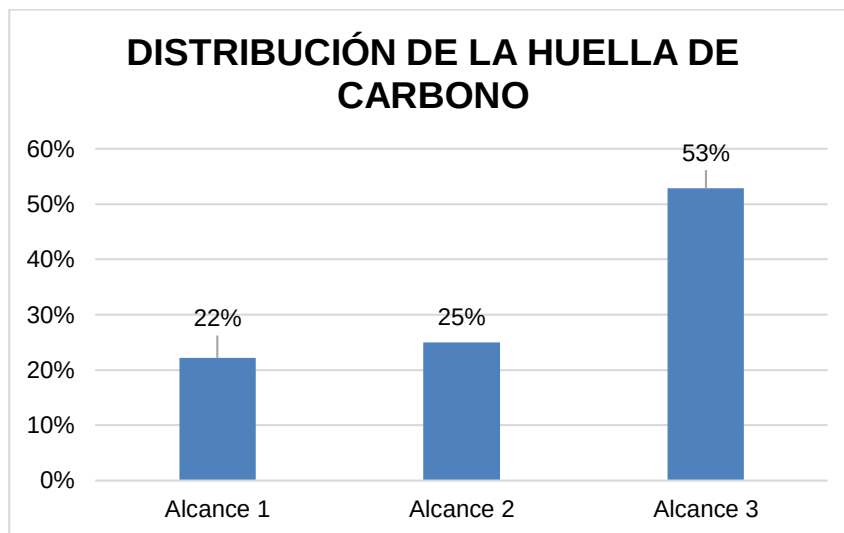


Figura 13. Distribución de la huella de carbono

7.2 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero

La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) permitió obtener el inventario organizacional expresado en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), siguiendo la metodología del GHG Protocol (WRI y WBCSD, 2015). La huella de carbono total de SCHREURS ECUADOR CIA. LTDA., para el año base 2024 asciende a 80,09 tCO₂e, distribuidas en los tres alcances definidos metodológicamente. En relación con la superficie productiva de 2,4 hectáreas, la huella de carbono equivale a 33,37 tCO₂e/ha-año, valor que representa un desempeño bajo - medio en comparación con los rasgos establecidos para el sector florícola ecuatoriano. De acuerdo con el estudio de Guallasamin y Simón (2018) la finca ECOROSSES S.A., genera un total de 116,41 tCO₂e/ha-año, donde la fuente de emisión principal corresponde al uso de productos agrícolas o fertilizantes, con el 57,3% del total de emisiones.

Similar con el estudio realizado en el año 2022, con la empresa productora y exportadora de flores ROSA TESALIA S.A reporta 7154,12 tCO₂e/año. La principal fuente de emisión proviene del uso de fertilizantes (6922,27 tCO₂e), seguido del uso de refrigerantes en proceso (192,36 tCO₂e) y del uso de refrigerantes por el transporte tercerizado (27,07 tCO₂e) (Girón, 2023). Estos resultados reafirman la tendencia observada en el sector florícola, donde las emisiones indirectas asociadas al manejo de insumos agrícola constituyen el componente de mayor impacto dentro del inventario organizacional de gases de efecto invernadero (GEI).

7.2.1 Alcance 1 - Emisiones directas

Se obtiene 17,73 tCO₂e (Tabla 2), resultado de la combustión de combustibles fósiles en fuentes fijas (diésel y GLP en equipos y calderas) y fuentes móviles (diésel y gasolina en maquinaria agrícola y transporte interno). Los resultados muestran que el diésel empleado en maquinaria agrícola y equipos constituyen la principal fuente de emisión directa, seguido del GLP. Sin embargo, la contribución de este alcance es relativamente baja frente al total

organizacional, lo que indica que las emisiones directas no representan la mayor presión climática de la finca en comparación con los otros alcances. Salazar y Alarcón (2025), determinaron en su estudio un valor de 49,23 tCO₂e de emisiones en el Alcance 1, equivalente al 15,72% del total, evidenciando que el consumo de combustible fósil es relevante y corresponde a la cuarta parte del total.

Tabla 2. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 1- Combustible

CATEGORÍA	FUENTES DE EMISIÓN	COMBUSTIBLE	TOTAL 2024	FE (kgCO ₂ e/LT)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
FUENTES FIJAS	Grupo Electrónico	DIESEL (LT)	2472	2,69	6657,10
	GAS GLP (Calefactores)	GLP (LT)	583,33	1,57	915,83
FUENTES MÓVILES	Maquinaria móvil	DIESEL (LT)	2506,67	2,693	6750,46
	Equipos móviles	GASOLINA (LT)	1519	2,243	3407,12
Total (kgCO₂e)					17730,51
Total (tCO₂e)					17,73

7.2.2 Alcance 2 – Emisiones indirectas

En el 2024 se generó un total de 20 tCO₂e (Tabla 3) de consumo de energía. Estos valores fueron obtenidos a partir de las planillas de facturación eléctrica correspondientes a las áreas administrativas y productivas de la finca, provistas por la empresa distribuidora “EMENORTE”. La energía eléctrica constituye un insumo fundamental para el funcionamiento de la operación, empleándose en iluminación, sistemas de ventilación y equipos de postcosecha. Según Salazar y Alarcón (2025), en las instalaciones florícolas este consumo representa hasta un 40% del gasto energético total de los establecimientos. En la empresa ECOROSSES S.A. se reporta 606,95 tCO₂eq/año derivados del consumo eléctrico, lo que representó una fracción considerable de su huella organizacional (Guallasamin y Simón, 2018).

Tabla 3. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 2

CONSUMO ENERGÉTICO	TOTAL 2024 (KWH)	FE (kgCO ₂ e/KWH)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)	EMISIONES TOTALES (tCO ₂ e)
ENERGÍA ELÉCTRICA	71415,3	0,28	19996,28	20

En el caso de Ecuador, la electricidad proviene en su mayoría de fuentes hidroeléctricas (MEM, 2022), lo que explica que la intensidad de carbono de este alcance sea relativamente baja frente a otros países cuya matriz energética depende de combustibles fósiles. No obstante, al provenir de la red pública, estas emisiones se clasifican como indirectas, conforme a la metodología del

GHG Protocol (WRI y WBCSD, 2015). En Colombia la fuente de energía eléctrica ocupa el 64%, debido al principal uso intensivo de sistemas de refrigeración, mantenimiento y climatización en los invernaderos (MADS y ASOCOLFLORES, 2024).

7.2.3 Alcance 3 – Emisiones indirectas en la cadena de valor

7.2.3.1 Consumo de agua

Se incluyen en este apartado aquellas emisiones indirectas que, si bien no son controladas directamente por la finca, se encuentran asociadas a sus operaciones productivas. Dentro de esta categoría se considera el consumo de agua, que en el año base evaluado generó un total de 468,9 kgCO₂e (Tabla 4). El recurso hídrico es captado y almacenado en el reservorio de la finca, se destina principalmente a las actividades de riego, preparación de mezclas para fumigación y proceso de postcosecha. Las emisiones asociadas provienen tanto de energía utilizada en el bombeo y distribución del agua. En el sector florícola, estudios previos identifican que el uso de agua representa una fracción menor dentro de la huella de carbono (Expoflores, 2021).

Tabla 4. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Consumo de agua

CONSUMO AGUA	TOTAL 2024 (m3)	FE (kgCO ₂ e/m3)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
AGUA DE RIEGO	205,66	0,5	102,8
AGUA DE FUMIGACIÓN	694,62	0,5	347,3
AGUA POSTCOSECHA	37,6	0,5	18,8
Total (kgCO₂e)			468,9

7.2.3.2 Uso de agroquímicos

En el inventario de emisiones indirectas, los agroquímicos fueron clasificados en función del consumo anual reportado por la finca. El cálculo de emisiones se realizó multiplicando las cantidades utilizadas por factores de emisiones recomendados por IPCC (2021). Los resultados muestran que los agroquímicos representan un aporte significativo dentro del Alcance 3, con un valor de 27029,98 kgCO₂e, equivalente al 34% del total de emisiones organizacionales (Tabla 5). Este hallazgo confirma la alta contribución de los insumos agrícolas a la huella de carbono en el sector florícola. El programa FlorEcuador señala que los fertilizantes y agroquímicos son una de las principales fuentes de GEI en la producción de rosas, debido a la liberación de óxido nitroso (N₂O) y la huella asociada a la fabricación de agroinsumos (Expoflores, 2025).

Tabla 5. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Uso de agroquímicos

CATEGORÍA	PRODUCTOS AGRICOLAS	UD.	TOTAL 2024	DENSIDAD KG/L	CANTIDAD TOTAL KG	FE (kgCO ₂ e/kg)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
ACARICIDA	AcarisTop	LT	0,03	1,0	0,03	4,5	0,12
ACARICIDA	Danisaraba	LT	0,08	1,0	0,08	4,5	0,35
ACARICIDA	Starmite 30 Sc	LT	1,97	1,0	1,97	4,5	8,86
ACARICIDA	Cyro	LT	8,10	1,0	8,10	4,5	36,43
ACARICIDA	Imperius	LT	0,02	1,0	0,02	4,5	0,11
ACARICIDA	Alzor	LT	1,35	1,0	1,35	4,5	6,08
ACARICIDA	Theron	LT	4,55	1,0	4,55	4,5	20,45
ACARICIDA	Asfix	LT	3,86	1,0	3,86	4,5	17,39
ACARICIDA	Blinth	LT	5,44	1,0	5,44	4,5	24,48
ACARICIDA	Darclean	LT	22,18	1,0	22,18	4,5	99,80
ACARICIDA	Clinflor	LT	14,99	1,0	14,99	4,5	67,46
ACARICIDA	Dakartop	LT	2,36	1,0	2,36	4,5	10,62
ACARICIDA	Abertiicc	LT	0,58	1,0	0,58	4,5	2,61
ACARICIDA	Vykenda	LT	2,00	1,0	2,00	4,5	9,00
ACARICIDA	Adjuvant 100	LT	3,76	1,0	3,76	4,5	16,90
ACARICIDA	Detergreen L	LT	9,64	1,0	9,64	4,5	43,37
ACARICIDA	Oberon	LT	1,46	1,0	1,46	4,5	6,56
COADYUVANTE	Florissant 600 Gel	LT	12,00	1,0	12,00	4,5	54,00
COADYUVANTE	Ácido Cítrico Anhidro	KG	47,40		47,40	4,5	213,29
COADYUVANTE	Iba 98%	KG	0,18		0,18	4,5	0,82
COADYUVANTE	Melaza	LT	1397,70	1,0	1397,70	4,5	6289,65
COADYUVANTE	Silwet	LT	42,49	1,0	42,49	4,5	191,21
COADYUVANTE	Antid - K	LT	58,15	1,0	58,15	4,5	261,68
COADYUVANTE	Kinetic	LT	7,88	1,0	7,88	4,5	35,44
COADYUVANTE	Bio-Tac	LT	0,95	1,0	0,95	4,5	4,26
COADYUVANTE	Dorbaq 208 M	LT	2,73	1,0	2,73	4,5	12,29
COADYUVANTE	Inex A	LT	32,21	1,0	32,21	4,5	144,95

Titulo TFM

COADYUVANTE	Naftalina	KG	5,10		5,10	4,5	22,95
COADYUVANTE	Ranger 480	LT	20,00	1,0	20,00	4,5	90,00
FOLIAR	Biozyme TF	LT	3,97	1,0	3,97	4,5	17,86
FOLIAR	Ergostim XL	LT	0,38	1,0	0,38	4,5	1,72
FOLIAR	Angel Anti Stress	LT	33,89	1,0	33,89	4,5	152,51
FOLIAR	Proyem	KG	0,25		0,25	4,5	1,13
FOLIAR	Duoplus	LT	6,00	1,0	6,00	4,5	27,00
FOLIAR	Naturvital Plus	LT	88,21	1,0	88,21	4,5	396,95
FOLIAR	Spira Grow	LT	35,81	1,0	35,81	4,5	161,13
FOLIAR	Agrotafol Combi 200gr	KG	0,60		0,60	4,5	2,70
FOLIAR	Trafos K	LT	8,81	1,0	8,81	4,5	39,65
FOLIAR	Crop+plus	LT	20,58	1,0	20,58	4,5	92,62
FUNGICIDA	Nimrod 25 Ce	LT	22,18	1,0	22,18	3,9	86,49
FUNGICIDA	Phyton	LT	0,04	1,0	0,04	3,9	0,16
FUNGICIDA	Impulse 800	LT	4,01	1,0	4,01	3,9	15,65
FUNGICIDA	Scala	LT	1,00	1,0	1,00	3,9	3,90
FUNGICIDA	Switch 62.5 Wg	LT	1,02	1,0	1,02	3,9	3,96
FUNGICIDA	Teldor Combi 416.7 Sc	LT	7,11	1,0	7,11	3,9	27,75
FUNGICIDA	Frilex 12,5ec	LT	0,03	1,0	0,03	3,9	0,10
FUNGICIDA	Folio Gold 440 Sc	LT	4,19	1,0	4,19	3,9	16,35
FUNGICIDA	Revus	LT	2,10	1,0	2,10	3,9	8,19
FUNGICIDA	Meltatox	LT	20,64	1,0	20,64	3,9	80,50
FUNGICIDA	Topas 100 Ec	LT	0,29	1,0	0,29	3,9	1,14
FUNGICIDA	Forum Dmm	LT	3,69	1,0	3,69	3,9	14,39
FUNGICIDA	Ridomil Gold 680	KG	0,76		0,76	3,9	2,96
FUNGICIDA	Vivando	LT	7,06	1,0	7,06	3,9	27,51
FUNGICIDA	Luna Tranquility	LT	3,81	1,0	3,81	3,9	14,84
FUNGICIDA	Amistar Top	LT	2,00	1,0	2,00	3,9	7,80
FUNGICIDA	Ethofin	LT	6,20	1,0	6,20	3,9	24,18

FUNGICIDA	Mancozin 430	LT	43,99	1,0	43,99	3,9	171,57
FUNGICIDA	Zampro Dm	LT	3,00	1,0	3,00	3,9	11,70
FUNGICIDA	Carbovax	LT	10,59	1,0	10,59	3,9	41,30
FUNGICIDA	Altima	LT	4,95	1,0	4,95	3,9	19,31
FUNGICIDA	Polar 50%	KG	0,86		0,86	3,9	3,37
FUNGICIDA	Sunjet	LT	3,99	1,0	3,99	3,9	15,55
FUNGICIDA	Ranman 40%	LT	1,43	1,0	1,43	3,9	5,57
FUNGICIDA	Vitavax Flo	LT	3,28	1,0	3,28	3,9	12,79
FUNGICIDA	Ippon-Rovral 50 PM	LT	4,41	1,0	4,41	3,9	17,20
FUNGICIDA	Authority	LT	0,17	1,0	0,17	3,9	0,65
FUNGICIDA	Sanystar	LT	0,18	1,0	0,18	3,9	0,70
FUNGICIDA	Bellkute	KG	1,45		1,45	3,9	5,67
FUNGICIDA	Mertec 500	LT	1,27	1,0	1,27	3,9	4,95
FUNGICIDA	Infinito	LT	4,71	1,0	4,71	3,9	18,37
FUNGICIDA	Botrylex	LT	8,52	1,0	8,52	3,9	33,23
FUNGICIDA	Starner	KG	3,04		3,04	3,9	11,86
FUNGICIDA	Tiflo	KG	37,67		37,67	3,9	146,91
FUNGICIDA	Lanchero	KG	16,12		16,12	3,9	62,85
FUNGICIDA	Aviso	KG	10,20		10,20	3,9	39,79
FUNGICIDA	Cabrio top	KG	5,97		5,97	3,9	23,28
FUNGICIDA	Proplant	LT	11,13	1,0	11,13	3,9	43,39
FUNGICIDA	Ganesh	KG	2,54		2,54	3,9	9,91
FUNGICIDA	Fitomax	LT	84,39	1,0	84,39	3,9	329,12
FUNGICIDA	Microthiol	KG	1,58		1,58	3,9	6,16
FUNGICIDA	Tryclan	KG	2,84		2,84	3,9	11,08
FUNGICIDA	Azufrin	KG	2,98		2,98	3,9	11,63
FUNGICIDA	Picatinaflora	LT	2,02	1,0	2,02	3,9	7,89
FUNGICIDA	Micoraflora	LT	1,50	1,0	1,50	3,9	5,87
FUNGICIDA	Fostyl	KG	38,61		38,61	3,9	150,58

Titulo TFM

FUNGICIDA	Kumulus	KG	0,09		0,09	3,9	0,35
FUNGICIDA	Polymaxin	KG	2,60		2,60	3,9	10,14
FUNGICIDA	Sialex	LT	5,07	1,0	5,07	3,9	19,76
FUNGICIDA	Tachigaren 30% Líquido	LT	0,03	1,0	0,03	3,9	0,12
FUNGICIDA	Oidiomil	LT	36,20	1,0	36,20	3,9	141,16
FUNGICIDA	Methomyl	KG	6,00		6,00	3,9	23,40
FUNGICIDA	Cubierta	KG	1,97		1,97	3,9	7,68
INSECTICIDA	Tracer 120 Sc	LT	0,25	1,0	0,25	5,1	1,25
INSECTICIDA	Actara 25 Wg	KG	1,14		1,14	5,1	5,79
INSECTICIDA	Match 050 Ec	LT	0,53	1,0	0,53	5,1	2,69
INSECTICIDA	Karate Zeon 50 EC	LT	2,00	1,0	2,00	5,1	10,20
INSECTICIDA	Epingle 10 EC	LT	2,64	1,0	2,64	5,1	13,46
INSECTICIDA	Pleo	LT	1,00	1,0	1,00	5,1	5,10
INSECTICIDA	CapsiAlil	LT	0,30	1,0	0,30	5,1	1,53
INSECTICIDA	Cazador	KG	2,14		2,14	5,1	10,89
INSECTICIDA	Solaris 6 Sc	LT	1,61	1,0	1,61	5,1	8,19
INSECTICIDA	Evisect	LT	0,09	1,0	0,09	5,1	0,45
INSECTICIDA	Padan 50 SP	KG	2,22		2,22	5,1	11,34
INSECTICIDA	Diazol	LT	0,13	1,0	0,13	5,1	0,64
INSECTICIDA	Zosma	KG	1,67		1,67	5,1	8,52
INSECTICIDA	Acuafin	LT	9,72	1,0	9,72	5,1	49,57
INSECTICIDA	Movento Smart	LT	1,25	1,0	1,25	5,1	6,36
INSECTICIDA	Rescate	KG	0,25		0,25	5,1	1,29
INSECTICIDA	Decis 25 CE	LT	1,00	1,0	1,00	5,1	5,10
INSECTICIDA	Orthene	KG	2,00		2,00	5,1	10,20
INSECTICIDA	Engeo	LT	0,04	1,0	0,04	5,1	0,20
INSECTICIDA	Tap 1500	LT	6,02	1,0	6,02	5,1	30,69
INSECTICIDA	[I]Shields up	LT	22,08	1,0	22,08	5,1	112,62
INSECTICIDA	Fidelity	LT	1,25	1,0	1,25	5,1	6,39

INSECTICIDA	Belt	KG	1,85		1,85	5,1	9,43
INSECTICIDA	Metrala	KG	0,20		0,20	5,1	0,99
INSECTICIDA	Proaxis	LT	0,04	1,0	0,04	5,1	0,20
INSECTICIDA	Gorilla	LT	2,74	1,0	2,74	5,1	13,98
INSECTICIDA	Nakar-FINISHER	LT	1,24	1,0	1,24	5,1	6,30
INSECTICIDA	Kodazo	LT	0,53	1,0	0,53	5,1	2,71
INSECTICIDA	Mainspring Flora	KG	3,00		3,00	5,1	15,30
INSECTICIDA	Verisan	LT	3,26	1,0	3,26	5,1	16,63
INSECTICIDA	Sutti	KG	0,97		0,97	5,1	4,95
INSECTICIDA	Matababosa	KG	1,00		1,00	5,1	5,10
INSECTICIDA	Sivanto Prime	LT	5,50	1,0	5,50	5,1	28,06
EDAFICOS	Borax	KG	0,03		0,03	4,5	0,12
EDAFICOS	Fosfato Monopotasico Mkp	KG	7,41		7,41	4,5	33,34
EDAFICOS	Quelato De Hierro Dtpa (12%)	KG	75,43		75,43	4,5	339,44
EDAFICOS	Sulfato De Cobre 25,5 H2O	KG	31,69		31,69	4,5	142,59
EDAFICOS	Sulfato De Magnesio	KG	250,00		250,00	4,5	1125,00
EDAFICOS	Sulfato De Potasio 51% K2O	KG	205,74		205,74	4,5	925,85
EDAFICOS	Ácido Fosfórico	LT	35,00	1,7	59,50	4,5	267,75
EDAFICOS	Quelato Mn (Tradecorp Mn) 12.8%	KG	133,39		133,39	4,5	600,24
EDAFICOS	Maxferro	KG	12,17		12,17	4,5	54,75
EDAFICOS	Sulfato De Zinc	KG	52,06		52,06	4,5	234,26
EDAFICOS	Quelato De Cobre (Tradecorp Cu)	KG	15,94		15,94	4,5	71,72
EDAFICOS	Quelato De Zinc 15%	KG	49,73		49,73	4,5	223,80
EDAFICOS	BCT Granulate	KG	11,64		11,64	4,5	52,38
EDAFICOS	Quelato de Fe Magma (Hierro HBED)	KG	7,98		7,98	4,5	35,91
EDAFICOS	Quelato de hierro EDTA 13 %	KG	92,09		92,09	4,5	414,41
EDAFICOS	Quelato de Hierro Fe EDDHA 6%	KG	114,84		114,84	4,5	516,78
EDAFICOS	Quelato de Cu-EDTA 14.8%	KG	4,55		4,55	4,5	20,46
EDAFICOS	Molibdato NH4 56.5%	KG	5,72		5,72	4,5	25,75

EDAFICOS	Sulfato De Magnesio 16.4% MgO	KG	2027,56		2027,56	4,5	9124,00
EDAFICOS	Sulfato De Manganeso SO4 32%	KG	106,17		106,17	4,5	477,76
EDAFICOS	Ácido Bórico 17.5%	KG	11,11		11,11	4,5	49,98
EDAFICOS	Briosul	LT	15,70	1,05	16,49	4,5	74,18
EDAFICOS	Nutriphos	LT	89,10	1,05	93,55	4,5	420,98
EDAFICOS	Naturfos	LT	13,18	1,05	13,84	4,5	62,28
EDAFICOS	Microriz	LT	3,20	1,05	3,36	4,5	15,12
EDAFICOS	Comol 3%	LT	5,07	1,05	5,32	4,5	23,93
EDAFICOS	Kobber 5%	LT	16,17	1,05	16,98	4,5	76,40
EDAFICOS	Vitaphos K	KG	99,00		99,00	4,5	445,50
EDAFICOS	Promesol	LT	2,40	1,05	2,52	4,5	11,34
EDAFICOS	Calcium HUMA Ca	LT	31,36	1,05	32,93	4,5	148,19
EDAFICOS	Encapsalt	LT	4,62	1,05	4,86	4,5	21,85
EDAFICOS	Iron	LT	12,00	1,05	12,60	4,5	56,70
EDAFICOS	Manganece	LT	12,00	1,05	12,60	4,5	56,70
Total (kgCO2e)							27029,98

7.2.3.3 Fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes nitrogenados son reconocidos como uno de los mayores contribuyentes a la huella de carbono, ya que su aplicación al suelo o como nutriente foliar genera emisiones de óxido nitroso (N₂O), un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global superior al CO₂ (IPCC, 2019). En la finca, se cuantificaron las emisiones de fertilizantes edáficos y foliares, aplicando factores basados en el contenido de nitrógeno. El resultado fue de un total de 7339,59 kgCO₂e (Tabla 6), lo que convierte en el segundo componente de mayor aporte de GEI dentro del Alcance 3. Este valor refleja la importancia crítica de gestionar la utilización de fertilizantes con base en su contenido de nitrógeno en lugar de simplemente el peso del insumo. Guallasamin y Simón (2018) determinaron que los productos agrícolas representan 37,7% de la huella total del cultivo de rosas en la finca ECOROSSES.

Tabla 6. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Fertilizantes nitrogenados

CATEGORÍA	FERTILIZANTES NITROGENADOS	UD	TOTAL 2024	% DE NITROGENO	N APLICADO KG	FE (kgCO ₂ e/kg)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
EDAFICOS	Nitrato De Amonio	KG	123,60	34%	42,02	4,29	180,28

EDAFICOS	Nitrato De Calcio	KG	5033,85	15%	755,08	4,29	3239,28
EDAFICOS	Nitrato De Magnesio	KG	48,80	11%	5,37	4,29	23,03
EDAFICOS	Nitrato de Potasio 46% K ₂ O	KG	2389,36	13%	310,62	4,29	1332,55
EDAFICOS	Urea Verde	KG	191,04	46%	87,88	4,29	376,99
EDAFICOS	Sulfato De Amonio	KG	758,15	21%	159,21	4,29	683,02
EDAFICOS	Fosfato monoamónico	KG	219,46	12%	26,33	4,29	112,98
EDAFICOS	Novatek premiun	KG	39,93	15%	5,99	4,29	25,69
EDAFICOS	Urea Fosfato	KG	6,01	17%	1,02	4,29	4,38
FOLIAR	Ácido Nítrico 68%	LT	2063,78	15%	309,57	4,29	1328,04
FOLIAR	Super Nitro TMC-N30	LT	27,37	30%	8,21	1,2	9,85
FOLIAR	Raizal 400	KG	71,01	9%	6,39	1,2	7,67
FOLIAR	Max Foliar	LT	3,51	20%	0,70	1,2	0,84
FOLIAR	Basfoliar Algae SL	LT	17,61	6%	1,06	1,2	1,27
FOLIAR	Farmaverdol	LT	30,70	16%	4,91	1,2	5,89
FOLIAR	Nitrofoska 30-10-10	KG	1,47	30%	0,44	1,2	0,53
FOLIAR	Agrostemin	KG	30,91	1%	0,31	1,2	0,37
FOLIAR	Promet Zn (Zinc)	LT	12,67	3,80%	0,48	1,2	0,58
FOLIAR	Enziprom	LT	20,01	6%	1,20	1,2	1,44
FOLIAR	X-Tend	LT	24,71	6%	1,48	1,2	1,78
FOLIAR	Vitanica RZ	LT	49,15	5%	2,46	1,2	2,95
FOLIAR	Kelpak	LT	36,96	0,40%	0,15	1,2	0,18
Total (kgCO₂e)							7339,59

7.2.3.4 Residuos orgánicos

La disposición de residuos orgánicos, tales como las podas y restos vegetales, constituyen una fuente de emisión indirecta asociada a su degradación biológica, que libera principalmente metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (Yandún, 2018). En la finca, este rubro generó un total de 1115,7 kgCO₂e lo que representa una contribución relativamente baja en comparación con la de los fertilizantes nitrogenados (Tabla 7). Este valor reducido se explica por la adecuada gestión de los residuos, que permite minimizar emisiones a través de prácticas de compostaje y disposición controlada. En términos sectoriales, las florícolas suelen utilizar gran parte de su sistema productivo el uso de fertilizantes químicos con un 90%, mientras que apenas un 10%

corresponde a insumos orgánicos u otros aportes complementarios (MADS y ASOCOLFLORES, 2024). El aprovechamiento de residuos presenta un potencial, dado que su correcta reincorporación al suelo puede mejorar la fertilidad de suelo a largo plazo y contribuir al incremento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Tabla 7. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Residuos orgánicos

RESIDUO ORGÁNICO	CANTIDAD (KG)	% DE NITROGENO	N APLICADO KG	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/Kg)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
RESIDUO ORGÁNICO	26007,5	1%	260,08	4,29	1115,7

7.2.3.5 Insumos de producción

Los insumos de producción utilizados para el empaque de la flor como el papel, cajas y capuchones, generan emisiones indirectas dentro del Alcance 3 debido a los procesos de fabricación, transporte y disposición final de estos materiales. En la finca, estos insumos representaron 2906,44 kgCO₂e (Tabla 8), una cifra moderada que refleja su menor peso relativo frente a los fertilizantes y agroquímicos. Este aporte reducido se explica porque en general los materiales de empaque representan solo una pequeña fracción de huella de carbono de la cadena productiva de flores. Tal como lo señala en estudios recientes, los materiales de empaque aportan emisiones adicionales por su producción y disposición, por lo tanto, se identifican como fuentes menores de impacto total (Rajesh, Amrut y Mote, 2025).

Tabla 8. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Insumos de producción

INSUMOS DE PRODUCCIÓN	TOTAL 2024 (KG)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kg)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
PAPEL	711,02	1,4	995,43
CARTÓN	1746,34	1,05	1833,66
CAPUCHONES	28,65	2,7	77,36
Total (kgCO₂e)			2906,44

La asociación Expoflores en Ecuador a través de la certificación FlorEcuador promueve que los insumos de empaque sean considerados dentro del inventario de huella de carbono, aunque su participación es pequeña, siempre y cuando se integre criterios de empaques sostenibles en los sistemas de certificación.

7.2.3.6 Residuos

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2022) en Ecuador, los residuos aprovechables son generados por las fincas florícolas. Se genera capuchones, papel, plástico, cartón, madera, envases de agroquímicos y plástico de invernadero mismos que son entregados a gestores externos autorizados para su reutilización, aprovechamiento y los no

aprovechables se destinan a una adecuada disposición final según el tipo y nivel de riesgo. Este manejo diferenciado busca reducir las emisiones indirectas derivadas de la descomposición en vertederos, las cuales liberan metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), gases de alto potencial de calentamiento global.

En la finca los residuos se clasifican en tres categorías: domésticos, industriales y reutilizados, obteniendo un total de 3 505,75 kg CO₂e (Tabla 9), correspondiente al conjunto de emisiones indirectas (Alcance 3) derivadas a la generación, transporte y disposición de residuos sólidos. Este resultado evidencia una contribución moderada dentro del inventario general, atribuible a la aplicación de prácticas adecuadas de separación, reciclaje y aprovechamiento de materiales. En el sector residencial, comercial e industrial de la ciudad de Quito genera entre el 11 a 13% de emisiones asociadas a la gestión de residuos, lo que refuerza la importancia de mantener sistemas de valorización y reciclaje eficientes para disminuir el impacto climático urbano y rural (Vela, 2017).

Tabla 9. Inventario de Emisiones GEI del Alcance 3- Residuos

RESIDUOS	TOTAL 2024 (KG)	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kg)	EMISIONES TOTALES (kgCO ₂ e)
RESIDUOS DOMÉSTICOS	332	0,5	166
RESIDUOS INDUSTRIALES	638,5	3	1915,5
RESIDUOS REUTILIZADOS	2848,5	0,5	1424,25
Total (kgCO₂e)			3505,75

7.3 Diseño de estrategias de reducción de emisiones

De acuerdo con la Figura 14, se evidencia que las principales fuentes de emisión en la empresa corresponden al uso de agroquímicos (34%), consumo energético (25%), combustión de fuentes móviles (13%), combustión de fuentes fijas (9%) y fertilizantes nitrogenados (9%). Estos resultados permiten identificar los procesos críticos que más contribuyen al total de emisiones, orientando así la priorización de estrategias de mitigación. Las emisiones derivadas del uso de insumos agrícola son de las principales categorías dentro del Alcance 3, vinculadas a la producción y uso de bienes adquiridos (WRI y WBCSD, 2011).

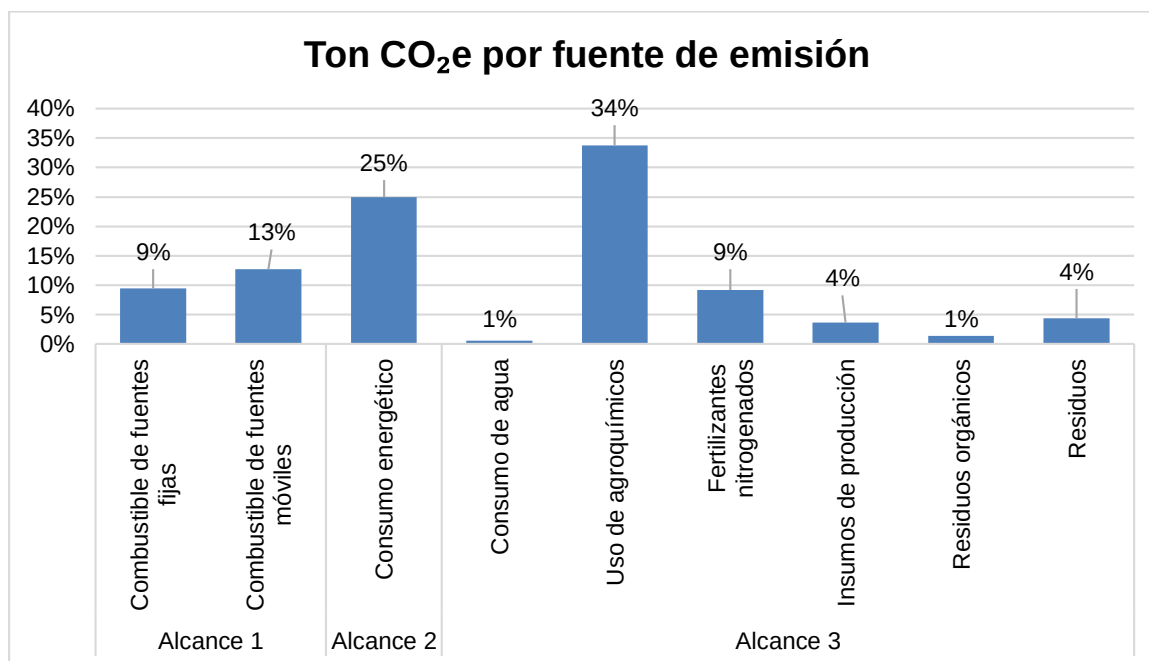


Figura 14. Ton CO₂e por fuente de emisión en Schreurs

Por otro lado, el consumo energético principalmente la electricidad representan un total de 25%, lo que refleja la dependencia del sistema productivo de fuentes no renovables. Asimismo, la combustión de fuentes fijas como el generador que aporta un 9%, lo que coincide con el estudio previo realizado a las empresas florícolas del país (Guallasamin y Simón, 2018), donde la quema de combustibles fósiles figura entre las principales del alcance 1. EN consecuencia, las estrategias de compensación y reducción se centran en cuatros categorías de mayor contribución, buscando mejorar la eficiencia energética, optimizar el uso de insumos agrícolas y fomentar la adopción de prácticas sostenibles que reduzcan la intensidad de carbono por unidad de producción conforme las directrices del GHG Protocol y la norma ISO 140064-1:2018.

Adicionalmente, la finca cuenta con la certificación FlorEcuador de enfoque socioambiental dirigido a las empresas del sector florícola ecuatoriano, que abarca fincas de producción, exportación y comercialización de flores. Su objetivo principal es promover buenas prácticas sociales, laborales y ambientales, bajo el cumplimiento de estándares establecidos por la norma (FlorEcuador, 2025). En este sentido, la finca está se mantiene en proceso permanente de control y seguimiento de dichos compromisos, a través de auditorías anuales, revisión de requisitos y la implementación de acciones de mejora, garantizando así el fortalecimiento de su desempeño ambiental y responsabilidad corporativa.

De esta manera el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas, fortalecen el compromiso socioambiental previamente adquirido por SCHREURS ECUADOR CIA. LTDA., y su búsqueda continua de oportunidades para disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

7.3.1 Metodología estratégica (FODA)

El diagnóstico FODA permitió determinar las Fortalezas, Debilidades, Amenazas y Oportunidades del área de estudio con base en los resultados que se obtuvieron con el cálculo de la huella de carbono organizacional (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis FODA

ÁREA	DEBILIDAD	AMENAZA	FORTALEZA	OPORTUNIDAD
Certificaciones	Falta de indicadores internos consolidados de huella de carbono/ Metodologías de seguimiento unificado	Riesgo de suspensión o pérdida de la certificación/ Incumplimiento de evidencias de reducción o trazabilidad de insumos/ Exigencia en auditorías externas y costos de recertificación	Certificación FlorEcuador, exige control ambiental y mejora continua	Participación en el Programa Ecuador Carbono Cero, con reconocimiento nacional/
Gerencia/ Económico	Limitaciones económicas para inversiones en tecnologías limpias/ Ausencia de presupuestos para proyectos ambientales	Pérdida de competitividad exigido por mercado internacional	Compromiso de gerencia con la sostenibilidad y el cumplimiento normativo/ Gestión administrativa formal y cumplimiento tributario	Incentivos económicos y beneficios reputacionales para empresas sostenibles / Imagen positiva frente a clientes internacionales/ Disponibilidad de créditos verdes o fondos
Producción	Dependencia de químicos convencionales/ Falta de evaluación de emisiones específicas por insumo/ Ausencia de un programa de sustitución de agroquímicos	Incremento de costos por insumos importados/ Regulación estricta de residuos de plaguicidas/ Presencia de plagas y enfermedades por la variabilidad climática/	Experiencia técnica en manejo integrado de plagas (MIP)/ Personal técnico comprometido/ Existencia de protocolos de trazabilidad y control de insumos	Creciente disponibilidad de productos biológicos certificados o con certificación orgánica/ Mayor aceptación de flores con bajo impacto ambiental en mercados internacionales

		Escasez de proveedores locales de productos sostenibles		
Mantenimiento	Equipos de baja eficiencia energética/ No existe un control de factor de potencia/ Dependencia de diésel como fuente de energía para el generador/	Incremento de costos de energía eléctrica y combustibles/ Cortes de energía prolongados que afectan a los procesos productivos/ Obsolescencia tecnológica y altos costos de mantenimiento de equipos	Infraestructura eléctrica estable/ Capacidad de registros de consumos mensuales y mantenimiento preventivo	Incorporación de paneles solares o sistemas híbridos/ Innovación en grupos electrógenos híbridos o de bajo costo
RRHH/ Capacitación	Alta rotación del personal operativo y técnico/ Falta de capacitación continua en gestión de carbono y sostenibilidad/ Escasa cultura ambiental a nivel operativo	Dificultad para mantener la continuidad de las prácticas sostenibles/ Falta de compromiso en aplicación de nuevas prácticas de mitigación	Personal técnico con experiencia/ Políticas internas de seguridad y salud que promueven el orden	Implementación de formación ambiental interna/ Capacitaciones gratuitas ofrecidas por organismos externos

El análisis FODA evidencia que la finca cuenta con bases sólidas en certificación ambiental y compromiso gerencial, elementos clave para consolidar su estrategia de mitigación GEI. Las principales amenazas externas están relacionadas con la volatilidad económica, los cambios normativos y las condiciones climáticas que pueden incrementar las emisiones o el uso de insumos. Sin embargo, las oportunidades se derivan en la participación en el Programa Ecuador Carbono Cero, la expansión de tecnologías limpias u acceso a financiamiento verde, que permite establecer un plan de acción viable, medible y alineado a la norma ISO 14064-1:2018.

7.3.2 Estrategias de reducción o compensación de la huella de carbono

7.3.2.1 Manejo seguro y eficiente de agroquímicos

La estrategia de manejo seguro y eficiente de agroquímicos tiene como propósito garantizar el uso racional, controlado y sostenible de los insumos agrícolas empleados en las operaciones productivas de la finca, reduciendo los riesgos ambientales, ocupacionales y las emisiones indirectas asociadas al ciclo de vida de los productos químicos. Esta línea de acción contempla la selección responsable de insumos de menor toxicidad, la implementación de prácticas seguras de almacenamiento, transporte y aplicación, y el fortalecimiento del control técnico en la dosificación y calibración de equipos.

Objetivo general

Garantizar el manejo seguro y eficiente de productos agroquímicos empleados en la finca, minimizando los riesgos a la salud humana y al ambiente mediante buenas prácticas técnicas de almacenamiento, aplicación, disposición y control.

Objetivos específicos

- Priorizar productos con bajo impacto ambiental y categorización IV, III y II, buscando alternativas al uso de agroquímicos.
- Fortalecer el control técnico de la dosificación y aplicación de los productos, garantizando su eficacia.

Meta

Reducir un 5% la intensidad de emisiones (kg CO₂e/1000 rosas) asociadas al uso de agroquímicos, mejorar la eficiencia de aplicación y alcanzar un 100 % de cumplimiento en la gestión de envases y residuos peligrosos. Asimismo, se busca garantizar que el 100 % de los productos utilizados cuenten con ficha técnica y registro Agrocalidad, y que al menos el 90 % del personal operativo reciba capacitación anual en manejo seguro de agroquímicos, fortaleciendo el compromiso de la finca con la sostenibilidad y la mejora continua en la gestión ambiental (Tabla 11).

Tabla 11. Manejo seguro y eficiente de agroquímicos

Proyectos	Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsable	Plazo/ frecuencia
Selección responsable y trazabilidad de productos fitosanitarios	Priorizar productos de menor toxicidad (categorías IV, III y II), bajo impacto ambiental y alternativas de formulación más eficientes o biológicas.	• Elaborar una lista de productos priorizados según la toxicidad y eficacia. • Solicitar fichas técnicas, hojas de seguridad (MSDS) y declaración ambiental de productos a los proveedores. • Exigir a los proveedores evidencia de registros de agrocalidad y programas de devolución posconsumo. • Buscar alternativas de productos biológicos o con certificación orgánica. • Prohibir el uso de ingredientes activos restringidos o prohibidos por el MAATE y EPA. • Implementar un registro digital de trazabilidad de cada agroquímico desde su compra hasta su aplicación. • Verificar que el almacenamiento y transporte cumpla con los lineamientos del marco legal. • Indicar productos o prácticas de mayor contribución al indicador.	Reducir los riesgos de exposición, contaminación y pérdida de producto. El cual, garantice la trazabilidad completa desde la adquirió hasta la aplicación.	Jefe de producción/ Compra/ Técnico ambiente	Revisión semestral de productos/ Actualización anual de proveedores
Prácticas de eficiencia operativa en la aplicación de agroquímicos.	Fortalecer el control técnico de la dosificación y aplicación, garantizando su eficacia, seguridad y uso racional.	• Asegurar que el equipo de aplicación este calibrado trimestralmente y en buenas condiciones. • Verificar la precisión de las boquillas y volumen de aspersión. • Implementar boquillas anti deriva para evitar pérdidas por viento y tener mejor cubrimiento. • Registrar condiciones climáticas (temperatura, humedad y viento) antes de cada aplicación.	Garantizar la eficacia técnica y de seguridad en el uso de agroquímicos, reduciendo pérdidas, emisiones indirectas y exposición del personal.	Técnico agrícola/ supervisor/ técnico SSO	Monitoreo mensual/ Capacitaciones anuales

- Promover aplicaciones focalizadas y no calendarizadas, con base en monitoreo de plagas (MIP).
- Reducir emisiones indirectas aplicando solo cuando se alcancen los umbrales económicos de daño.
- Asegurar la gestión de envases vacíos, con triple lado, perforación y entrega de gestores autorizados.
- Capacitar al personal técnico en mezcla seguras, respuestas de emergencias químicas y uso de EPP.
- Establecer un sistema de reporte inmediato en caso de derrames o exposición.
- Registro de consumos mensuales en una base de datos para calcular la intensidad de emisiones.
- Realizar análisis comparativos de consumo vs eficacia para identificar posibles sobre aplicaciones.

7.3.2.2 Programa de uso eficiente de energía

Pretende optimizar los consumos eléctricos y de combustible, priorizando la implementación de tecnologías limpias, mantenimiento preventivo y prácticas operativas responsables. Esta estrategia se centra en sustituir equipos de alto consumo por alternativas eficientes. De esta manera se busca disminuir la intensidad energética y reducir las emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico (Alcance 2), sin afectar la productividad ni la calidad de los procesos.

Objetivo general

Optimizar el consumo energético mediante la implementación de medidas de eficiencia en los procesos productivos, administrativo y de postcosecha, con el fin de reducir la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de electricidad, combustible y que garantice la sostenibilidad operativa y económica.

Objetivos específicos

- Implementar medidas tecnológicas y operativas que promuevan la eficiencia en iluminación, refrigeración, bombeo y uso de maquinaria.
- Promover el uso de energía renovable y alternativas limpias que permitan disminuir la dependencia de fuentes fósiles.
- Fomentar la cultura de uso racional y responsable de la energía.

Metas

Se pretende reducir entre un 5 a 8% la intensidad energética (kWh/rosa) y las emisiones indirectas de CO₂e derivadas del consumo eléctrico y de combustibles, fortalecer la eficiencia operativa en las áreas de postcosecha y bombeo, e integrar el monitoreo energético al sistema de gestión ambiental de la finca (Tabla 12).

Tabla 12. Programa de uso eficiente de energía

Proyectos	Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsable	Plazo/frecuencia
Medidas tecnológicas y operativas de eficiencia energética	Implementar medidas tecnológicas y operativas que promuevan la eficiencia en iluminación, refrigeración, bombeo y uso de maquinaria.	- Sustituir luminarias fluorescentes por iluminación LED en todas las áreas. - Instalar variadores de frecuencia (VFD) en bombas y ventiladores. - Revisar eficiencia de sistemas de refrigeración y aislamiento térmico del cuarto frío. - Crear un plan de mantenimiento energético (limpieza, revisión de motores y bombas). - Verificar la calibración periódica de termostato y sensores. - Programar revisión semestral del generador y control de horas de operación. - Implementar un sistema de registro de consumo eléctrico por área.	Asegurar el seguimiento y mejora continua del desempeño energético y su contribución a la reducción de la huella de carbono.	Jefe de producción/ Mantenimiento/ Técnico ambiente	Revisión semestral
Programa de uso de energías limpias y renovables	Promover el uso de energía renovable y alternativas limpias que permitan disminuir la dependencia de fuentes fósiles.	- Establecer un cronograma anual de mantenimiento energético con seguimiento técnico. - Corregir fugas de aire y realizar mantenimientos preventivos. - Registrar mensualmente el consumo de electricidad y combustible. - Estudiar convenios con el programa Ecuador Carbono Cero para reconocimiento de proyectos de energía limpia. - Gestionar financiamiento verde o fondos de eficiencia energética.		Gerencia/ Mantenimiento/ Técnico ambiente	Anual
Sensibilización y capacitación del personal.	Fomentar la cultura de uso racional y responsable de la energía.	- Realizar talleres sobre buenas prácticas de ahorro energético - Implementar señalética educativa en los puntos de control para concientizar a los trabajadores en el ahorro energético.	Promover la participación activa del personal en la reducción del consumo energético.	Gerencia/ Técnico ambiente	Anual

- Divulgar resultados mensuales de consumo energético en cartelera ambiental.
-

7.3.2.3 Educación y restauración ambiental

Una ventaja ambiental significativa, es disponer de amplias áreas verdes y espacios naturales que contribuyen al equilibrio ecológico y al bienestar laboral. En este contexto, se plantea la estrategia de educación y restauración ambiental orientada a fortalecer la cultura ambiental del personal, conservar la biodiversidad y aprovechar el potencial de áreas verdes. A través de acciones de sensibilización, jornadas de reforestación e integrando la participación activa de los colaboradores en cumplimiento al compromiso socio-ambiental de la finca.

Objetivo general

Fortalecer la conciencia ambiental y participación del personal mediante actividades de educación, restauración ecológica y conservación de áreas verdes, con el fin de contribuir la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y al desarrollo sostenible.

Objetivos específicos

- Concientizar a los trabajadores sobre la educación ambiental impulsando buenas prácticas de manejo sostenible de recursos naturales.
- Implementar acciones de reforestación y conservación en las áreas verdes para contribuir a la compensación parcial de emisiones de CO₂.
- Monitorear el aporte ambiental de las áreas verdes, a través de estimaciones de captura de carbono y seguimiento de especies vegetales.

Meta

Con esta estrategia se busca reforestar al menos 0,05 hectáreas por año, a fin de capturar entre 0,35 a 0,5 tCO₂e/año mediante la masa vegetal existente y fortalecer la participación del 80 % del personal en programas de educación ambiental, contribuyendo así a la compensación parcial de emisiones y al fortalecimiento del compromiso socio-ambiental de la empresa (Tabla 13).

Tabla 13. Educación y restauración ambiental

Proyectos	Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsable	Plazo/ frecuencia
Programa de educación y sensibilización ambiental	Promover la cultura y compromiso ambiental del personal.	- Realizar capacitaciones sobre manejo de residuos, ahorro energético y conservación de recursos. - Elaborar carteleras ecológicas y señalética ambiental en toda la finca. - Implementar talleres participativos sobre flora y fauna local. - Incentivar al personal mediante reconocimientos a buenas prácticas ambientales.	Asegurar el seguimiento y mejora continua del desempeño energético y su contribución a la reducción de la huella de carbono.	Gerencias/ Técnico ambiente	Semestral
Programa de reforestación y conservación de áreas verdes	Reforestar áreas internas y fortalecer la cobertura vegetal existente.	- Identificar zonas aptas para reforestación (bordes, áreas sin uso productivo). - Realizar jornadas de siembra con participación del personal y/o apoyar a proyectos comunitarios de reforestación. - Monitorear la supervivencia y crecimiento de árboles. • Crear senderos ecológicos o zonas demostrativas.	Compensar parcialmente las emisiones de GEI y conservar los servicios ecosistémicos del entorno.	Gerencias/ Técnico ambiente	Actividades semestrales/ Anual
Programa de compensación ecológica interna	Aprovechar las áreas verdes para capturar carbono y mejorar el microclima.	- Estimar la biomasa y captura potencial de CO₂ en las áreas reforestadas o existentes (tCO₂e/año). - Identificar especies de alta capacidad de fijación de carbono (<i>Eucalyptus</i>, <i>Alnus</i>, <i>Polylepis</i>, <i>Acacia</i>, etc.). - Mantener un inventario de árboles con seguimiento anual. - Implementar prácticas de compostaje con residuos orgánicos de la finca para mejorar suelos.	Cuantificar el aporte de la finca a la compensación de emisiones y al manejo sostenible del suelo.	Gerencias/ Técnico ambiente	Anual

8 CONCLUSIONES

- El estudio desarrollado permitió cuantificar la huella de carbono de la florícola SCHREURS ECUADOR CÍA. LTDA., correspondiente al período enero a diciembre de 2024, basándose en la metodología GHG Protocol y en los lineamientos de la norma ISO 14064-1, con el propósito de identificar las principales fuentes emisoras y establecer estrategias orientadas a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). En términos generales, se determinó que la finca genera una huella total equivalente a 33,37 tCO₂e/ha-año sobre una superficie productiva de 2,4 hectáreas, valor que se clasifica dentro de un desempeño bajo-medio al compararse con los rangos establecidos para el sector florícola ecuatoriano, lo cual evidencia un comportamiento ambiental favorable y una gestión responsable de los recursos.
- Se logró identificar de manera precisa las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de los tres alcances definidos por la metodología GHG Protocol, determinándose que el alcance 1 representa el 22 % de las emisiones totales, principalmente por el consumo de combustibles fósiles utilizados en maquinaria agrícola; el alcance 2 corresponde al 25 %, asociado al consumo de energía eléctrica en las áreas productivas y de postcosecha; y el alcance 3 constituye el 53 %, siendo el de mayor contribución, derivado del uso de fertilizantes nitrogenados, agroquímicos y gestión de residuos orgánicos. Esta identificación permitió establecer una línea base sólida para priorizar acciones de mitigación sobre las fuentes con mayor impacto.
- A partir del diagnóstico realizado, se diseñaron tres estrategias principales enfocadas en la reducción y compensación de emisiones de GEI: el manejo seguro y eficiente de agroquímicos, orientado a optimizar las aplicaciones y minimizar las pérdidas por volatilización; el programa de uso eficiente de energía, destinado a disminuir el consumo eléctrico mediante la implementación de prácticas sostenibles y equipos de bajo consumo; y el programa de educación y restauración ambiental, que promueve la sensibilización del personal y la recuperación de áreas verdes como medida de compensación. Estas acciones fortalecen la cultura ambiental de la finca y consolidan su compromiso con la sostenibilidad y la mejora continua de su desempeño climático.

9 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la cuantificación de la huella de carbono y el diseño de estrategias de reducción, se identifican diversas líneas de investigación que pueden fortalecer el conocimiento y la gestión ambiental dentro del sector florícola ecuatoriano:

1. Evaluación de la huella hídrica y su relación con la huella de carbono.

Analizar el impacto del consumo de agua en los procesos productivos y establecer la correlación entre ambas huellas permitiría desarrollar estrategias integradas de sostenibilidad, especialmente en zonas con estrés hídrico.

2. Análisis de ciclo de vida (ACV) de la producción florícola.

Realizar estudios que abarquen todas las etapas del ciclo de vida de la flor, desde la producción hasta la exportación, contribuiría a identificar impactos ambientales adicionales y oportunidades de mejora en la cadena de suministro.

3. Evaluación del potencial de captura de carbono en áreas verdes y zonas de restauración.

Medir la capacidad de absorción de CO₂ de las áreas forestadas o de restauración implementadas en la finca permitiría cuantificar el grado de compensación alcanzado por las estrategias de reforestación y conservación.

4. Desarrollo de bioinsumos y fertilizantes de baja huella de carbono.

Investigar alternativas sostenibles a los agroquímicos convencionales podría reducir significativamente las emisiones del alcance 3, promoviendo prácticas agrícolas regenerativas y circulares.

5. Implementación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones.

Diseñar herramientas tecnológicas o plataformas digitales que permitan registrar y actualizar en tiempo real los consumos energéticos y de insumos agrícolas, facilitando la trazabilidad de los indicadores de sostenibilidad.

6. Análisis económico de las medidas de mitigación propuestas.

Evaluar el costo-beneficio de las estrategias de reducción implementadas ayudaría a demostrar la viabilidad económica de las acciones ambientales y fortalecer la toma de decisiones empresariales en materia climática.

10 BIBLIOGRAFÍA

Andreu, M. y Teixidó, A. (2011). Impacto Financiero del Cambio Climático. Universidad Pompeu Fabra.

ASOCOLFLORES. (2024). Florverde Sustainable Flowers presento en Proflora 2025 su nueva herramienta para medir la huella ambiental de las flores. Recuperado de: https://asocolflores.org/florverde-sustainable-flowers-presento-en-proflora-2025-su-nueva-herramienta-para-medir-la-huella-ambiental-de-las-flores/?utm_source=chatgpt.com

Bonilla, O., Maldonado, P., Silveira, M. y Bayón, M. (2016). Nudos territoriales críticos en Ecuador: Dinámicas, cambios y límites en la reconfiguración territorial del Estado. GeoGraphos.

Cazar, W. (2019). Proceso de producción.

Cornejo, M. (2024). Cuantificación de la huella de carbono mediante GHG PROTOCOL para reducir los GEI en el hogar Inés Chambers. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil. Ecuador.

De Cambio Climático. (2024). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. España.

Días, G. (2012). El cambio climático. Ciencia y sociedad.

Expoflores (2018). Informe anual de exportaciones. Quito: CMI

Expoflores (2021). Informe anual del sector florícola en el Ecuador.

Expoflores (2024). Reporte comparativo Colombia – Ecuador.

Expoflores (2025). Más que un sello, un compromiso con el planeta. Recuperado de https://www.expoflores.com/post/m%C3%A1s-que-un-sello-un-compromiso-con-el-planeta?utm_source=chatgpt.com

FAO (2020). Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FlorEcuador (2025). Certificación FlorEcuador Certified. Recuperado de: https://certificacionfec.com/?utm_source=chatgpt.com

Frohmann, A. y Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Santiago de Chile.

- Kean, F.W., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A. y Deng-Beck, Ch. (2014). Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. World Resources Institute.
- Girón, J. (2023). Cálculo y análisis de la huella de carbono de una empresa productora y exportadora de flores en La Sabana de Bogotá. Fundación Universidad de América. Bogotá. Colombia.
- Guallasamin, K. y Simón, B. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs PAS 2050. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales (24), 27-56.
- Guamán, N., Reisancho, E., Palacios, M., Ulloa, L. y Uvidia, H. (2024). Flores y suelo: Un estudio ambiental sobre las actividades florícolas en Los Illinizas, Cotopaxi. Ciencias Latina: Revista Multidisciplinar, 8, 8249 – 8261.
- Gutiérrez, F. y 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.
- IEA. (2024). Emission Factors 2024. Database Documentation
- IPCC. (2016). Guideline for Natural Greenhouse Gas Inventories. Japan.
- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014. Mitigación del Cambio Climático.
- IPCC. (2021). Cambio climático 2021: Fundamentos científicos físicos. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sector Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; resumen técnico. Cambridge University Press.
- ISO (2018). ISO 14064-1: 2018 Gases de efecto invernadero. Parte 1. Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- Jaramillo, B. (2022). Estimación de huella de carbono para florícola ECOROSSES S.A basándose en la metodología GHG Protocol mediante una calculadora de huella de carbono (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Lampert, P. y Menrad, K. (2022). ¿Sustainable Star? The Carbon Footprint of Christmas Stars and Its Variability along the Value Chain. 15 (1), 82.
- MAATE (2021). Programa Ecuador Carbono Cero. Guía metodológica para la cuantificación de la huella de carbono organizacional. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Quito.

- MAATE (2023). Informe Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador 1994 – 2020. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- MADS y ASOCOLFLORES (2024). Guía ambiental. Cultivos de flores y especies ornamentales. Enfoque de economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia
- MEM (2022). Factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador. Ministerio de Energía y Minas. Ecuador.
- Martin, M. (2015). Analisis de las emisiones de gases de efecto invernadero de los productores de flores en Ecuador. Anchor Academic Publishing.
- Morales, R. (2018). Huella de carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 16064-1:2006, en el centro de Producción “Productos Unión”. Universidad Peruana Unión, Lima.
- Naciones Unidad (2015). Convención Marco sobre el Cambio Climático” Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>
- Primicias. (2025). Exportaciones de flores ecuatorianas para San Valentín aumentaron 8,7% en 2025. Recuperado de: https://www.primicias.ec/economia/exportaciones-flores-ecuador-san-valentin-quito-89440/?utm_source=chatgpt.com.
- Rajesh, N., Amrut, S. y Mote, M. (2025). Carbon footprints of cut-flower supply chains: Comparative analyses and mitigation pathways. India.
- Salazar, D. y Alarcón, P. (2025). Cálculo de la huella de carbono según el GHG Protocol Corporate Standard y propuesta de ejes temáticos para la elaboración de un plan para mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en Laboratorios Clínicos Roe en la ciudad de Lima. Perú.
- SENPLADES (2024). Plan Nacional de Desarrollo – Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024 – 2025. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PND2024-2025.pdf>
- Schreurs (2023). Company Profile. Schreurs Holland B.V. Recuperado de: <https://www.schreursroses.com/>
- Tyler, G. (2007). Ciencia Ambiental Desarrollo Sostenible – Un enfoque integral. 8va edición. Editores Cengage Learning SA. Mexico.
- Trespalacios, J., Blanquicett, C. y Carrillo, P. (2018). Gases y efecto invernadero. Instituto Desarrollo Sostenible, Escuela Internacional de Doctorado. Universidad del Norte. Basilea – Suiza.

- Vark, E. (2025). Exportaciones de flores de Ecuador superan los \$1000 millones en 2024. Recuperado de: https://www.ecuanomia.com/exportaciones-de-flores-de-ecuador-superan-los-1016-millones-en-2024/?utm_source=chatgpt.com
- Vela, E. (2017). Propuesta de reducción de gases de efecto invernadero mediante medición de huella de carbono en la operación de transportes Sánchez Polo del Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.
- Villalobos, D. y Villalobos, M. (2018). Análisis del impacto ambiental de los floricultivos en Cundinamarca: Una perspectiva económica. Bogotá CD
- WRI y WBCSD. (2011). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard.
- WRI y WBCSD. (2015). GHG Protocol Scope 2. Guidance
- Yandún, N. (2018). Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la papa (*Solanum Tuberosum*) en las juntas parroquiales “La Esperanza” y “Tabacundo”, cantón Pedro Moncayo. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito.