



**Desarrollo de la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono de Nitrofert S.A.S.**

Carolina Obando Mera

Maira Fernanda Hernández del Valle

Tesis de grado

Luis Miguel Echeverri

UNIVERSIDAD EAFIT

Escuela de administración

Maestría en Sostenibilidad

Medellín

2024

## Tabla de Contenido

<b>3. Titulo</b> .....	4
<b>4. Resumen</b> .....	5
<b>5. Resumen en inglés</b> .....	5
<b>6. Listado de palabras clave</b> .....	6
<b>7. Highlights o mensajes destacados.</b> .....	7
<b>8. Infográfico.</b> .....	8
<b>9. Dedicatoria</b> .....	9
<b>10. Introducción</b> .....	10
<b>11. Revisión de la literatura</b> .....	12
<b>11.1 Definición del concepto de huella de carbono</b> .....	12
<b>11.2 Mediciones de huella de carbono</b> .....	13
<b>11.3 Estrategias de reducción de gases de efecto invernadero</b> .....	15
<b>11.4 Emisiones de escenario referencia - ‘Business-As-Usual’</b> .....	17
<b>11.5 Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional</b> .....	18
<b>11.6 Planes integrales de gestión del cambio climático</b> .....	19
<b>11.7 Contextualización de emisiones de GEI para el Sector de fabricación y comercialización de fertilizantes</b> .....	21
<b>12. Metodología.</b> .....	23
<b>12.1 Recopilación de la información.</b> .....	23
<b>12.1.1 Limites Organizacionales</b> .....	23
<b>12.1.2 Limites Operacionales</b> .....	26
<b>12. 2. Cuantificación de la Emisiones.</b> .....	28
<b>12.2 Benchmarking</b> .....	29
<b>12.3 Direccionamiento estratégico</b> .....	29
<b>12.4 Diseño de la estrategia</b> .....	30
<b>13. Consideraciones éticas</b> .....	30
<b>14. Resultados</b> .....	31
<b>14.2 Matriz DOFA</b> .....	37
<b>15. Discusión</b> .....	38
<b>17. Conclusiones</b> .....	47

<b>19.</b>	<b>Impacto del trabajo al desarrollo sostenible.....</b>	<b>49</b>
<b>20.</b>	<b>Biografía de los autores y director/a de trabajo de grado .....</b>	<b>54</b>
<b>21.</b>	<b>Agradecimientos y reconocimientos.....</b>	<b>55</b>
<b>22.</b>	<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>56</b>
<b>23.</b>	<b>Apéndices.....</b>	<b>60</b>

### **3. Titulo**

Desarrollo de la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono de Nitrofert S.A.S.

#### **4. Resumen**

Este trabajo tuvo como objetivo diseñar la estrategia para reducir la huella de carbono de Nitrofert, una empresa colombiana de fertilizantes. Utilizando el GHG Protocol y la norma ISO 14064, se cuantificaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en toda la cadena de producción de Nitrofert. Los resultados mostraron que el 99.64% de las emisiones provienen de la cadena de suministro y la aplicación del producto. Se propusieron alternativas para reducir estas emisiones, incluyendo la mejora de la eficiencia operativa y la adopción de energías renovables. La implementación de esta estrategia ayudará a Nitrofert a contribuir con el cumplimiento de las metas nacionales de reducción de emisiones, mejorar su competitividad y rentabilidad. Este tipo de acciones contribuyen al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en relación con la acción por el clima (ODS 13), la producción y consumo responsables (ODS 12), y la energía asequible y no contaminante (ODS 7).

#### **5. Abstract.**

This work aimed to design a strategy to reduce the carbon footprint of Nitrofert, a Colombian fertilizer company. Using the GHG Protocol and ISO 14064 standard, greenhouse gas (GHG) emissions were quantified throughout Nitrofert's production chain. The results showed that 99.64% of the emissions come from the supply chain and product application. Alternatives to reduce these emissions were proposed, including improving operational efficiency and adopting renewable energy. Implementing this strategy will allow Nitrofert to contribute to meet the national emission reduction targets and enhance its competitiveness and profitability. Such actions contribute to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly in those related with climate action (SDG 13), responsible consumption and production (SDG 12), and affordable and clean energy (SDG 7).

## **6. Listado de palabras clave**

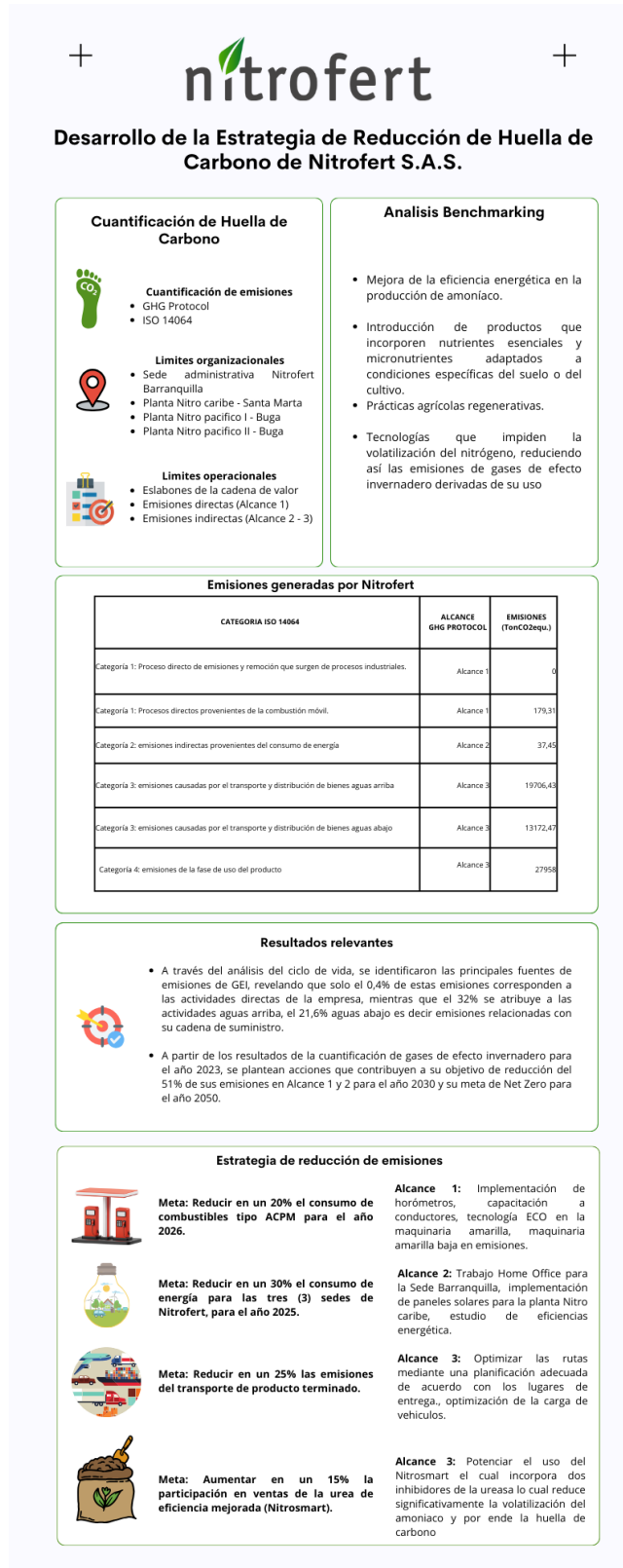
- Huella de carbono
- Acción por el clima
- Net Zero
- Gases de efecto invernadero
- Cadena de valor
- Fertilizantes

## 7. Highlights o mensajes destacados.

**Generando Valor Compartido:** La sostenibilidad no es solo una responsabilidad, es una oportunidad para generar valor compartido. Con la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono, se busca adelantar iniciativas ambientales y sociales innovadoras que permitan mejorar toda su cadena de valor y que como consecuencia permitan un desarrollo más competitivo y rentable para el negocio. [#ValorCompartido](#) [#sostenibilidad](#) [#innovación](#)

**Nitrofert dejando huella y no de carbono:** Nitrofert, comprometidos a dejar una huella, ¡pero no de carbono! trabajando en iniciativas sostenibles que marcarán una diferencia positiva en nuestro entorno. [#DejandoHuella](#) [#Sostenibilidad](#)

## 8. Infográfico.



**9. Dedicatoria.**

*Ahora sé que la magia es ver lo extraordinario dentro de lo común, y darme cuenta de que, cuando se está esfumando y todo parece demasiado rutinario, es hora de volver a buscar, a sentir, a conectar.*

A quienes me aman y amo que son los que me inspiran a seguir buscando mis sueños y mi propósito, que hoy más que nunca cobra sentido en la Sostenibilidad.

Maira.

A todos los agricultores del país y a todos aquellos que contribuyen a la transformación y desarrollo del sector agrícola colombiano. Su esfuerzo, dedicación y compromiso son fundamentales para construir un futuro más sostenible. Este trabajo es un homenaje a su labor incansable y a su invaluable aporte a la agricultura baja en carbono.

Carolina.

## 10. Introducción

El cambio climático es un fenómeno natural, sin embargo, la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) puede acelerar sus efectos y desencadenar consecuencias devastadoras en diferentes sistemas. La influencia de los seres humanos en la emisión de estos gases, principalmente a través de actividades industriales y la quema de combustibles fósiles, ha intensificado este proceso natural. La presencia cada vez mayor de GEI en la atmósfera contribuye al calentamiento global y altera los patrones climáticos. Es importante destacar que, aunque el cambio climático es parte inherente de la historia de la tierra, las acciones humanas han acelerados sus efectos.

Según los informes presentados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), existe una alta probabilidad de que, si las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) persisten al ritmo actual, es posible que el calentamiento global llegue a 1,5° entre 2030 y 2052. A pesar de la trascendental relevancia de este asunto y las diversas medidas implementadas, tales como el Protocolo de Kioto (2005), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 13) y el Acuerdo de París (2016), las emisiones GEI han persistido en su aumento, llegando a la significativa cifra de  $59 \pm 6.6$  GtCO<sub>2</sub>-eq en el año 2019. Estos protocolos y acuerdos emblemáticos, aunque representan hitos en la lucha contra el cambio climático, indican la necesidad urgente de estrategias más efectivas y acciones concretas para revertir esta tendencia alarmante.

En este sentido, detener el calentamiento global a largo plazo requiere, como mínimo, que no se añadan emisiones adicionales de CO<sub>2</sub> de actividades humanas a la atmósfera, es decir, las emisiones de CO<sub>2</sub> deben alcanzar cero netos (IPCC). En Colombia, como una respuesta a este desafío, se estableció el Programa Nacional de Neutralidad de Carbono y Resiliencia Climática. Este programa establece objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la capacidad adaptativa al cambio climático de los territorios y sectores económicos, esto en línea con las metas de reducción del 51% de GEI a 2030 y de alcanzar la carbono neutralidad en Colombia al año 2050, estipuladas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) del país, en la Estrategia Climática de Colombia de Largo Plazo (E2050) y en la ley 2169 de 2021.

Dentro del Plan integral de gestión del cambio climático Sectorial (PIGCCS), correspondiente al sector Industria, en el que se encuentra inmerso el Grupo Empresarial Nitrofert, involucra el desarrollo de las siguientes líneas estratégicas: Eficiencia energética y gestión de la energía, procesos productivos sostenibles y operaciones logísticas sostenibles, por lo cual el desarrollo de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética y la gestión de proyectos para mejora de las operaciones logísticas y manejo de producto en centros de abastecimiento con impacto en reducción de emisiones, corresponden a acciones sobre las cuales Nitrofert podrá contribuir a la reducción de su huella de carbono, pero también a las metas de reducción previstas por el Gobierno Nacional.

En el año 2022, las importaciones de materias primas destinadas a la fertilización de cultivos en Colombia alcanzaron la cifra de 1.590.170 toneladas. Aunque este número es significativo, al compararlo con las importaciones globales que totalizan 400 millones de toneladas, se evidencia que Colombia no ocupa una posición destacada en este ámbito. Países como Brasil, China, Estados Unidos y Estonia constituyen el 50% de estas importaciones, destacándose en la escena internacional

Nitrofert S.A.S, fundada en 2021 y especializada en la comercialización de fertilizantes, se ha propuesto satisfacer la creciente demanda de estos insumos en Colombia. Su enfoque va más allá

de ser un proveedor; aspira a desempeñar un papel fundamental en la transformación del sector agrícola colombiano, impulsando el desarrollo sostenible y mejorando significativamente la productividad de los cultivos. A pesar de tener solo dos años en el mercado, Nitrofert se ha consolidado como la segunda empresa con mayor participación en la comercialización de fertilizantes en Colombia, alcanzando un notable 21.7% de cuota de mercado. Guiada por una visión de sostenibilidad y una estrategia que busca generar valor compartido, la empresa busca reducir las emisiones de GEI presentes en los diversos eslabones de su cadena de producción. Esta iniciativa no solo refleja el compromiso de Nitrofert con la sostenibilidad ambiental, sino que también tiene como objetivo contribuir de manera activa a la estrategia de Carbono Neutral en Colombia.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo de grado es desarrollar una Estrategia de Reducción de la Huella de Carbono para Nitrofert S.A.S. La pregunta clave que orienta esta investigación es: ¿Cuáles son las acciones específicas que Nitrofert S.A.S puede implementar para reducir su huella de carbono y contribuir de manera eficaz al cumplimiento de las metas establecidas en la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC), para el sector Industria?

Para este planteamiento, se implementó una metodología, basada en el GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero) y la norma ISO 14064. Esta metodología proporcionó el marco necesario para la recopilación y cuantificación de las emisiones generadas en cada eslabón de la cadena de producción de Nitrofert. Como complemento, se llevó a cabo un análisis de benchmarking competitivo, con el fin de identificar y estudiar las mejores prácticas implementadas por otras empresas en el ámbito de la reducción de la huella de carbono.

En este mismo contexto, se identificó la dirección estratégica de Nitrofert en relación con su objetivo de Net Zero o Carbono Neutro. Una vez que este horizonte fue claramente identificado, se procedió a la formulación de la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono. Este plan de acción no solo tiene como finalidad contribuir al cumplimiento de las NDC sino también capitalizar la ventaja competitiva resultante y los beneficios financieros asociados al ingreso a los mercados voluntarios de carbono. Con esto, la estrategia busca alinear los objetivos ambientales con las metas comerciales y financieras de Nitrofert, estableciendo así un enfoque integral hacia la sostenibilidad y el valor compartido.

## 11. Revisión de la literatura

### 11.1 Definición del concepto de huella de carbono

El Ministerio de Ambiente establece la Huella de carbono como la cuantificación de emisiones derivadas de los gases de efecto invernadero emitidas a la atmósfera por las actividades de producción o consumo de bienes y servicios. En este sentido de acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático – IPCC, las emisiones referidas provienen principalmente de liberaciones de sustancias a la atmósfera, suelo o agua que son producidas como resultado directo o indirecto de actividades humanas, tales como la quema de combustibles fósiles, la industria, la agricultura y la deforestación. Por lo cual las emisiones antropogénicas producen gases de efecto invernadero y que están definidos en el Protocolo de Kioto en el año 1997, y se relacionan a continuación:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): Proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural, así como de la deforestación y cambios en el uso del suelo.
- Metano (CH<sub>4</sub>): Proviene de fuentes naturales como los humedales, así como de actividades humanas como la agricultura (especialmente la ganadería y el cultivo de arroz), la gestión de residuos y la producción de energía.
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O): Proviene principalmente de la agricultura (por el uso de fertilizantes nitrogenados y la gestión del estiércol), la quema de biomasa y los procesos industriales.
- Hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>): Estos son gases industriales utilizados en refrigeración, aire acondicionado, disolventes y otros procesos, y tienen un potencial de calentamiento global mucho mayor que el dióxido de carbono.
- Otros gases de efecto invernadero menos comunes incluyen el clorofluorocarbono (CFC), el percloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) y el tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>), que se utilizan principalmente en aplicaciones industriales y de manufactura, aunque su uso se ha reducido significativamente debido a su impacto en la capa de ozono.

Los gases de efecto invernadero (GEI) son componentes gaseosos en la atmósfera que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja, contribuyendo al efecto invernadero y al calentamiento global de la Tierra. Principalmente, los GEI retienen el calor en la atmósfera, lo que causa un aumento de la temperatura superficial del planeta. Esto tiene varios impactos:

- **Aumento de la temperatura global:** El efecto invernadero provoca un aumento en la temperatura promedio de la Tierra, lo que lleva a cambios en los patrones climáticos, como el derretimiento de los casquetes polares y glaciares, el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos.
- **Alteraciones en los ecosistemas:** Los cambios en la temperatura y los patrones climáticos pueden tener efectos devastadores en los ecosistemas terrestres y marinos, causando la pérdida de biodiversidad, la extinción de especies, cambios en los hábitats naturales y la acidificación de los océanos.

- **Impacto en la agricultura y la seguridad alimentaria:** El cambio climático puede afectar la producción agrícola y la disponibilidad de alimentos al alterar los patrones de lluvia, aumentar las sequías, expandir las áreas de desertificación y aumentar la frecuencia de eventos climáticos extremos, como inundaciones y tormentas.
- **Riesgos para la salud humana:** El calentamiento global puede tener impactos directos e indirectos en la salud humana, incluyendo el aumento de enfermedades relacionadas con el calor, la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, la contaminación del aire y el agua, y los efectos psicosociales asociados con desastres naturales y conflictos por recursos naturales.

## 11.2 Mediciones de huella de carbono

De otra parte de acuerdo con lo mencionado en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero" (GHG Protocol en inglés), la cuantificación de gases de efecto invernadero, debe basarse en los siguientes principios: Relevancia, integridad, consistencia, transparencia y consistencia, estos principios tienen como propósito robustecer todos los aspectos de la contabilidad y el reporte de GEI. Su aplicación garantiza que el inventario de GEI constituya una representación imparcial y fidedigna de las emisiones de una empresa.

Establece el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero" (GHG Protocol en inglés) que para reportes corporativos es posible utilizar dos enfoques distintos orientados a consolidar las emisiones de GEI: *"el de participación accionaria y los enfoques de control"*. Bajo el enfoque de participación accionaria una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo con la proporción que posee en la estructura accionaria en otras empresas o actividades, incluso si no tiene control directo sobre esas operaciones, bajo el enfoque de control una empresa contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control.

Las empresas contabilizan y reportan emisiones de los alcances 1 y 2 de manera separada, conjuntamente, los tres alcances proveen un marco de inclusivo para el manejo y reducción de emisiones directas e indirectas.

En este sentido el Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC, define dos conceptos básicos relacionado con la definición de metas de reducción de gases de efecto invernadero, es por esto por lo que establece la neutralidad de carbono y Net Zero de CO<sub>2</sub> como conceptos que se superponen, y que se pueden aplicar a escalas y sub globales. A escala global, los términos referidos son equivalentes, sin embargo en una escala sub global, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC define a Net Zero de CO<sub>2</sub> *"como las emisiones bajo control directo o responsabilidad territorial de la entidad que las informa. (por ejemplo, un país, distrito o sector); mientras que la neutralidad de carbono también se aplica a empresas, productos básicos y actividades (por ejemplo, un servicio o un evento) y generalmente incluye emisiones y absorciones más allá del control directo o la responsabilidad territorial de la entidad, denominado "Alcance 3" o 'emisiones de la cadena de valor'"*.

Para la medición de la huella de carbono existen varias metodologías cada una con sus propias características y enfoques. A continuación se resaltan los puntos más importantes de la metodología GHG Protocol e ISO14064, sobre las cuales se realizará la medición de huella de carbono de Grupo Empresarial Nitrofert:

- **GHG Protocol:** Desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), el GHG Protocol es una de las metodologías más ampliamente utilizadas para la medición de la huella de carbono. Ofrece directrices detalladas para la contabilidad de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo de todo el ciclo de vida de una organización, producto o proyecto.
  - Alcance de la evaluación: Se determina el alcance de la evaluación, que incluye las fuentes de emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con las actividades de la organización.
  - Identificación de fuentes de emisión: Se identifican y categorizan todas las fuentes de emisión de GEI, incluyendo la energía consumida, los desplazamientos de empleados, las actividades de producción, entre otros.
  - Medición de emisiones: Se recolectan datos sobre el consumo de energía, el transporte, las operaciones y otras actividades relevantes para calcular las emisiones de GEI. Estos datos se expresan en unidades estándar, como toneladas de CO2 equivalente.
  - Factores de emisión: Se aplican factores de emisión específicos para convertir las unidades de actividad en emisiones de GEI. Estos factores pueden variar según el tipo de actividad y la región geográfica.
  - Cálculo de la huella de carbono: Se calcula la cantidad total de emisiones de GEI asociadas con las actividades de la organización sumando todas las emisiones directas e indirectas.
  - Reporte y verificación: Se prepara un informe detallado de la huella de carbono calculada, que incluye la metodología utilizada, los datos recopilados y los resultados obtenidos. En algunos casos, puede ser necesario que un tercero verifique el informe para garantizar su precisión y credibilidad.
  - Identificación de oportunidades de reducción: Se analizan los resultados de la huella de carbono para identificar oportunidades de reducción de emisiones y se desarrollan estrategias para implementar cambios en las operaciones y procesos de la organización.
  
- **ISO 14064:** Esta norma internacional establece un marco para la cuantificación, el seguimiento y la verificación de las emisiones de GEI y sus reducciones. Proporciona directrices para la realización de inventarios de emisiones de GEI y para la verificación independiente de estos inventarios.
  - Determinación del alcance: Se define el alcance del inventario de emisiones de GEI, identificando las fuentes y categorías de emisiones que serán incluidas en el inventario.
  - Recopilación de datos: Se recolectan datos sobre las actividades y procesos que generan emisiones de GEI, incluyendo el consumo de energía, la producción

industrial, los desplazamientos de empleados y las emisiones de la cadena de suministro.

- Cálculo de emisiones: Se calculan las emisiones de GEI utilizando métodos y factores de emisión específicos para cada fuente, que pueden incluir directrices proporcionadas en la norma ISO 14064 o en otras fuentes reconocidas.
- Verificación independiente: En algunos casos, se lleva a cabo una verificación independiente del inventario de emisiones de GEI por parte de una tercera parte calificada para garantizar su precisión y credibilidad.
- Establecimiento de objetivos y metas: Basándose en los resultados del inventario de emisiones, se establecen objetivos y metas para la reducción de emisiones de GEI y la mejora del desempeño ambiental de la organización.
- Desarrollo de planes de acción: Se desarrollan planes de acción para reducir las emisiones de GEI, que pueden incluir la implementación de medidas de eficiencia energética, el uso de energías renovables, la optimización de procesos industriales y la gestión de residuos.
- Seguimiento y revisión: Se monitorean regularmente las emisiones de GEI y se revisan los progresos hacia los objetivos y metas establecidos, realizando ajustes en los planes de acción según sea necesario.
- Informe y comunicación: Se prepara un informe sobre el inventario de emisiones de GEI, los progresos realizados en la reducción de emisiones y los resultados alcanzados en relación con los objetivos y metas establecidos. Este informe puede ser comunicado a partes interesadas internas y externas para aumentar la transparencia y la rendición de cuentas.

### **11.3 Estrategias de reducción de gases de efecto invernadero**

Con el propósito de reducir estas emisiones, se plantean estrategias para su reducción que implican la mejora en la eficiencia energética en las operaciones de las industrias, el uso de energías renovables, la optimización del transporte y los procesos industriales mediante el uso de materiales para la fabricación de productos con menos cantidad de carbono embebido, de otra parte la mitigación de GEI a través de acciones de conservación de la biodiversidad y la reforestación se convierten en acciones que conminan a la lucha por el cambio climático. La gestión de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y mejorar los depósitos de carbono incluye todas las políticas, estrategias, programas, proyectos, incentivos o desincentivos dirigidos a limitarlas o reducirlas, de acuerdo con lo acordado en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, fue la primera respuesta política que se logró en 1992 por parte de la comunidad internacional al problema del cambio climático y en este sentido Colombia en el marco del Documento CONPES 3700 de 2011 desarrolla la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia, para integrar dentro de los procesos de planificación e inversión de los sectores y territorios la problemática de desarrollo económico y social causada por el cambio climático.

Y en este sentido, se establece la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono Adaptada y Resiliente (ECDBC), como un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el aumento de las emisiones de GEI del crecimiento económico nacional, y para esto se establecen las medidas sectoriales de mitigación que maximicen la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y que, a su vez, contribuyan al desarrollo social y económico nacional, y en este mismo sendero nace el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático – PNACC, como una estrategia que del país para hacer frente al cambio climático y que tiene como objetivo la reducción del riesgo de las poblaciones y ecosistemas a sus impactos.

Como parte de la estrategia para abordar los compromisos de reducción de emisiones climáticas en virtud del Acuerdo de París, Colombia ha implementado una serie de estrategias entre ellas el impuesto al carbono, mediante el artículo 221 (Parte IX) de la Ley 1819 de 2016, modificado por el artículo 47 de la Ley 2277 de 2022, que promueve desincentivar el uso de combustibles fósiles, que generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante su combustión. El impuesto al carbono aplica en la primera actividad de la cadena de suministro por venta, importación o autoconsumo de cualquiera de los combustibles fósiles grabados dentro del territorio colombiano.

Es por esto por lo que en el marco de la Política nacional de cambio climático se busca incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono mediante una serie de estrategias territoriales y sectoriales para la adaptación y mitigación de GEI y unos lineamientos para su articulación. Y en este sentido en la Ley 1931 de 2018 – Ley de cambio climático, se establecen las directrices para la gestión del cambio climático de las personas públicas privadas, la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

La ley referida adopta los siguientes principios orientadores para su implementación y reglamentación: Autogestión, Coordinación y/o corresponsabilidad, y en este sentido refiere unos instrumentos para la gestión del cambio climático, dentro de los cuales se resaltan los siguientes:

1. Las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) comprometidas ante la CMNUCC.
2. La Política Nacional de Cambio Climático.
3. Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales y los Territoriales.

Las Contribuciones Nacionales son los compromisos que define y asume Colombia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y lograr la adaptación de su territorio y desarrollar medios de implementación, que son definidos por los Ministerios relacionados y con competencias sobre la materia en el marco de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático - CICC y son presentados por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En este sentido Colombia se ha comprometido a reducir en un 51% sus emisiones de gases de efecto invernadero para finales de la presente década, así mismo este compromiso involucra la meta de alcanzar el carbono neutralidad para 2050, estas dos metas de reducción se proyectan bajo un

escenario de referencia o 'Business-As-Usual' - BAU correspondiente a de 345,8 Mt de CO<sub>2</sub>eq. Por lo cual se establece la Contribución Nacionalmente Determinada a través de 196 medidas de mitigación, adaptación y medios de implementación a través de una serie de metas y objetivos para los diferentes sectores económicos con el propósito de cumplir con las metas previstas.

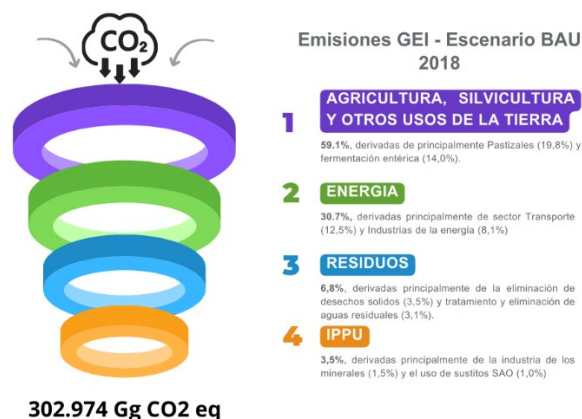
#### **11.4 Emisiones de escenario referencia - 'Business-As-Usual'**

Dado lo anterior, considerando las metodologías del IPCC adoptadas por IDEAM para Colombia, se ha realizado la proyección del escenario de referencia o 'Business-As-Usual' - BAU del nivel de emisiones del periodo de 2010 a 2030, en este sentido en el primer ciclo de actualización de NDC se estableció que el escenario de referencia para Colombia es de 345,8 Mt de CO<sub>2</sub>eq, de las emisiones totales nacionales en el 2030. Para establecer este escenario de referencia, Colombia, en el marco de Comunicaciones Nacionales e Informes Bienales de Actualización (BUR) de cambio climático, ha presentado ante la CMNUCC el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) en el Tercer Informe Bienal de Actualización que incluye los resultados del INGEI de los años 2015 a 2018 y reporta las emisiones y absorciones anuales calculadas para la serie de tiempo 1990-2018 y para los cuatro módulos contemplados por la metodología IPCC 2006: Energía; Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés); Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés); y Residuos. Los gases estimados corresponden a los de efecto invernadero directo: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>.

Para el año 2018 se reportan un total de 302.974 Gg de CO<sub>2</sub>eq de GEI directos, de los cuales: el 70,2% corresponde a CO<sub>2</sub>, el 24,3% a CH<sub>4</sub>, el 4,4% a N<sub>2</sub>O, el 1,1% a HFC – PFC y el 0,1% a SF<sub>6</sub>. Por su parte, las absorciones de CO<sub>2</sub> corresponden a -23.776 Gg de CO<sub>2</sub> eq.

En el módulo AFOLU, las emisiones provienen principalmente del sector de uso y cambio de uso de la tierra, con un 20% del total nacional, en el módulo Energía las emisiones por la quema de combustibles fósiles del sector transporte son las que más aporte representan, 12% del total nacional, en el módulo Residuos se cuantificaron 20.474 Gg de CO<sub>2</sub> eq, 7% del total de las emisiones de este año, que provienen principalmente con la disposición final de residuos en sitios gestionados y no categorizados, Las emisiones del módulo IPPU ascienden a un total de 10.492 Gg CO<sub>2</sub> eq (3% del total de las emisiones de este año, la actividad con mayor participación para este módulo corresponde a la Producción de cemento con un 41%, seguida de la subcategoría Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono con un 30%.

A continuación se presenta los resultados de la participación por modulo y subcategorías en las emisiones de GEI para el año 2018.



**Gráfico 1:** emisiones GEI de Colombia para el año 2018. Adaptación del Tercer Informe Bienal de actualización de cambio climático.

### 11.5 Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional

Considerando lo anterior, se estableció la NDC de Colombia que tiene dos componentes, uno asociado a la adaptación al cambio climático y otro relacionado con la mitigación de GEI. En cuanto al componente de mitigación de GEI, la meta actualizada de Colombia parte de una visión de largo plazo que se establece por la aspiración hacia el carbono neutralidad manifestada por el país en la Cumbre de Acción Climática de Naciones Unidas en septiembre de 2019, y que se reflejará en la Estrategia de Largo Plazo E2050, de otra parte se tiene una visión de **mediano plazo** a 2030 que se establece a través de la *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono Adaptada y Resiliente y la Estrategia Integral de Control de la Deforestación y Gestión de los Bosques*, y una visión de **corto plazo** a través del *Plan Nacional de Desarrollo*. En este sentido establece la Actualización de la contribución determinada a nivel nacional de Colombia – NDC, que en el primer ciclo de actualización de NDC se estableció que el escenario de referencia para Colombia de 345,8 Mt de CO<sub>2</sub>eq, de las emisiones totales nacionales en el 2030 y se tiene como objetivo emitir como máximo 169.44 millones de t CO<sub>2</sub>eq en 2030 (equivalente a una reducción del 51% de las emisiones respecto a la proyección de emisiones en 2030 en el escenario de referencia), iniciando un decrecimiento en las emisiones entre 2027 y 2030 tendiente hacia la carbono-neutralidad a mediados de siglo.

En el marco de su NDC, Colombia ha identificado un portafolio de medidas cuya implementación soportará el cumplimiento de su meta de mitigación de GEI. Este portafolio se compone de un listado de 32 medidas de carácter nacional (lideradas por carteras ministeriales), 89 medidas de carácter subnacional (lideradas por entidades territoriales), 24 medidas lideradas por empresas y 3 medidas específicas para reducción de carbono negro, para un total de 148 medidas. Las políticas, medidas, acciones y planes de mitigación que se están implementando para el cumplimiento de las metas de la NDC de Colombia, pueden agruparse principalmente en sectoriales, territoriales y las relacionadas con instrumentos económicos y financieros.

### 11.6 Planes integrales de gestión del cambio climático

Para dar cumplimiento a lo anterior, se establecen entonces los Planes integrales de gestión del cambio climático Sectoriales (PIGCCS), los cuales son liderados por cada uno de los sectores, en la actualidad existen siete (7) planes de que contemplan metas de mitigación y abarcan diferentes líneas estratégicas. Los sectores que cuentan con planes integrales son: Minas y energía, Vivienda, ciudad y territorio, agropecuario, industria, transporte, ambiente y desarrollo y transversal. El sector Industria, en el que se encuentra inmerso el Grupo Empresarial Nitrofert, de acuerdo con su actividad comercial registrada en la Cámara de Comercio involucra el desarrollo de las siguientes líneas estratégicas:

- Eficiencia energética y gestión de la energía
- Procesos productivos sostenibles
- Operaciones logísticas sostenibles

Ahora bien, dentro de las líneas estratégicas referidas a continuación se relacionan algunas acciones dentro de las cuales Nitrofert tienen margen de acción.

**Tabla 1.** Plan integral de gestión del cambio climático sector Industria

Línea estratégica	Acciones	Objetivos
Eficiencia energética y gestión de la energía	Promoción de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de industria: Identificación, estructuración e implementación de proyectos y programas sobre buenas prácticas operativas, mejoras en procesos energéticos y uso de energéticos de menor factor de emisión con impacto hasta el 15% en la reducción de energía y/o emisiones.	A 2030 lograr reducciones respecto al BAU de 1,67 de Mt de CO <sub>2</sub> eq derivado de la eficacia energética y uso de energéticos de menor factor de emisión con impacto relacionado con la reducción de la intensidad energética y/o emisiones
Procesos productivos sostenibles	Gestión para la implementación de tecnologías de abatimiento de emisiones de N <sub>2</sub> O en la producción de materias primas de fertilizantes: Gestión integral y asistencia técnica para la incorporación de tecnologías de abatimiento que	0,6 M de toneladas de CO <sub>2</sub> eq a 2030 provenientes de las emisiones de N <sub>2</sub> O derivados de la producción de ácido nítrico

Línea estratégica	Acciones	Objetivos
	permitan una reducción hasta en un 80% de óxidos nitrosos en plantas de producción del sector químico y fertilizantes.	
Operaciones logísticas sostenibles	Gestión de proyectos para mejora de las operaciones logísticas y manejo de producto en centros de abastecimiento con impacto en reducción de emisiones. Diagnóstico, asistencia técnica, identificación y estructuración de proyectos y posterior apoyo a la implementación, para fomentar en las empresas el mejoramiento de operaciones logísticas y de procesos relacionados con el manejo de productos con impacto en productividad y en sostenibilidad ambiental	Mitigación de 1,47 Mt de CO <sub>2</sub> eq derivado de mejorar la eficiencia de las operaciones de cadena valor de logística relacionadas con los subsectores de la industria manufacturera que inciden en el consumo de combustibles y su uso eficiente.

Fuente: Informe Bienal de Actualización (BUR) de cambio climático,2021.

En este sentido, las emisiones atribuidas al del Sector Comercio Industria y Turismo, correspondiente a su escenario de referencia, ascendieron a 38,6 Mt de CO<sub>2</sub>eq, y se asocian principalmente a las actividades de la industria particularmente por la quema de combustibles (57%). Ahora bien considerando lo expuesto en el Informe Bienal de Actualización (BUR) de cambio climático, estas emisiones corresponden a las siguientes subcategorías de cada uno de los módulos considerados para el INGEI, así:

**Tabla 2.** Emisiones del sector industria

Asignación	Año 2030 (Cantidad de emisiones)	Subcategorías del IPPC incluidas
Emisiones del sector Industria en el escenario de referencia (Mt de CO <sub>2</sub> eq)	38,6	<i>Energía</i> -Demanda energía subcategoría 1A2* <i>Procesos Industriales (IPPU)</i> -Subcategorías (2A, 2B, 2C, 2D) <i>Residuos</i> -Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales subcategoría 4D2.

Fuente: Informe Bienal de Actualización (BUR) de cambio climático,2021.

En tal sentido las metas de reducción previstas el sector de Comercio, Industria y Turismo corresponden a 7,7 millones de toneladas de CO2 en el mismo periodo, para producir un máximo de 38,6 millones de toneladas.

La estrategia de cambio climático del sector se centra en la transversalización de las acciones de mitigación y adaptación como factor de competitividad y sostenibilidad. El PIGCCS del Sector industria se estructura en tres componentes: (1) Mitigación, orientado a la reducción de las emisiones de GEI de las empresas; (2) Adaptación, enfocado a que las empresas se preparen para los impactos del clima cambiante, y (3) Instrumental.

Con la gestión del componente en mitigación se busca incidir en el escenario tendencial que mantendría una senda creciente de generación de emisiones sin cambios en la intensidad energética, de emisiones y del uso de materiales, el sector industria se construyeron cinco medidas estructuradas con base en las líneas estratégicas del componente de mitigación en el marco del *Plan Integral de gestión del cambio climático – Sector Comercio, Industria y Turismo*, en tanto se establece en el referido Plan que las empresas del sector pueden reducir la emisión de CO2eq a través de la *eficiencia energética, la sustitución de combustibles y materias primas, las operaciones eficientes de logística, la innovación en diseño y procesos, y del lado de la demanda, promoviendo la valorización de residuos y coproductos y aumentando la circularidad de los productos.*

#### **11.7 Contextualización de emisiones de GEI para el Sector de fabricación y comercialización de fertilizantes**

De otra parte, y con el propósito de contextualizar el sector en el cual el Grupo empresarial Nitrofert, desarrolla sus operaciones y que corresponde a la producción y distribución de fertilizantes, se ha reportado por el Programa de la ONU para el Medio Ambiente, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados puede conducir al deterioro y eutrofización de los cuerpos de agua, es por esto por lo que para abordar esta problemática los Estados miembros de las Naciones Unidas con el apoyo del Programa de la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA), adoptaron la Declaración de Colombo a través de la cual llaman al mundo a reducir a la mitad el desperdicio de nitrógeno para el año 2030. Los firmantes reconocieron la urgencia de abordar la gestión del nitrógeno para cumplir los objetivos de biodiversidad y disminuir las zonas eutróficas que afectan a las industrias pesqueras y turísticas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que la producción de alimentos para abastecer al mundo deberá incrementarse aproximadamente un 60 % entre 2005 y 2050, es por esto que la extracción de nitrógeno del aire y su posterior fijación en el suelo para la producción de alimentos es una de las razones por las que la población humana se ha expandido tan rápidamente, sin embargo, su utilidad ha venido con un costo terrible, esto porque las fallas en el uso eficiente del nitrógeno están contaminando la tierra, el aire y el agua.

La compañía Yara International, empresa pionera de la industria química, que tiene como actividad principal la conversión de la energía, los minerales y el nitrógeno del aire en productos agrícolas, cuya aplicación principal son los fertilizantes, en este sentido Yara expresa su preocupación por las emisiones derivadas del uso de fertilizantes y plantea un cambio a soluciones basadas en nitratos, así como su larga experiencia en nutrición vegetal que combinada con investigación y el desarrollo de herramientas de agricultura de precisión, se conviertan en algunas de las formas que ha implementado para reducir su impacto en el cambio climático.

Yara, para medir su huella de carbono y con esto el impacto de los fertilizantes en el medio ambiente, realiza un análisis de su cadena de valor, midiendo las tasas de emisión y absorción de los gases de efecto invernadero, en cada etapa activa de un fertilizante, y ha establecido que durante la producción, el transporte y el uso final, los fertilizantes generan emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). A partir de lo anterior Yara en su página Web referencia cuatro (4) maneras de minimizar sus emisiones, a saber:

- *“Seleccionar el nitrato de amonio producido por el fabricante utilizando las tecnologías de producción más limpias y eficientes disponibles”.*
- *“Tomar medidas para asegurar una nutrición equilibrada mediante el uso de herramientas de precisión que permitan una aplicación óptima de la dosis de N”.*
- *“Optimizar la fertilización, ya que esto puede aumentar la absorción de CO<sub>2</sub> y el crecimiento de los cultivos”.*
- *“Reducir la necesidad de nuevos cultivos mediante el aumento del rendimiento con fertilizantes nitrogenados de alta eficiencia”*

Considerando lo anterior, Yara ha logrado reducir su huella de carbono en relación con la producción de fertilizantes a base de nitratos en alrededor de un 40%, e identifica que aumentos en la eficiencia de nitrógeno durante el uso de fertilizantes podrían reducirlo aún más. De otra parte Yara ha desarrollado tecnologías avanzadas que les han permitido reducción de sus emisiones de N<sub>2</sub>O hasta en un 90%. Con lo anterior las emisiones medias de la aplicación los fertilizantes son de 5,1 CO<sub>2</sub>-eqv por Kilogramo de nitrógeno aplicado y que este es derivado principalmente de las pérdidas de N<sub>2</sub>O causadas por la desnitrificación y volatilización del suelo.

## 12. Metodología.

Para llevar a cabo el presente trabajo, se plantearon seis etapas, para el cumplimiento de los objetivos y se detallan a continuación:

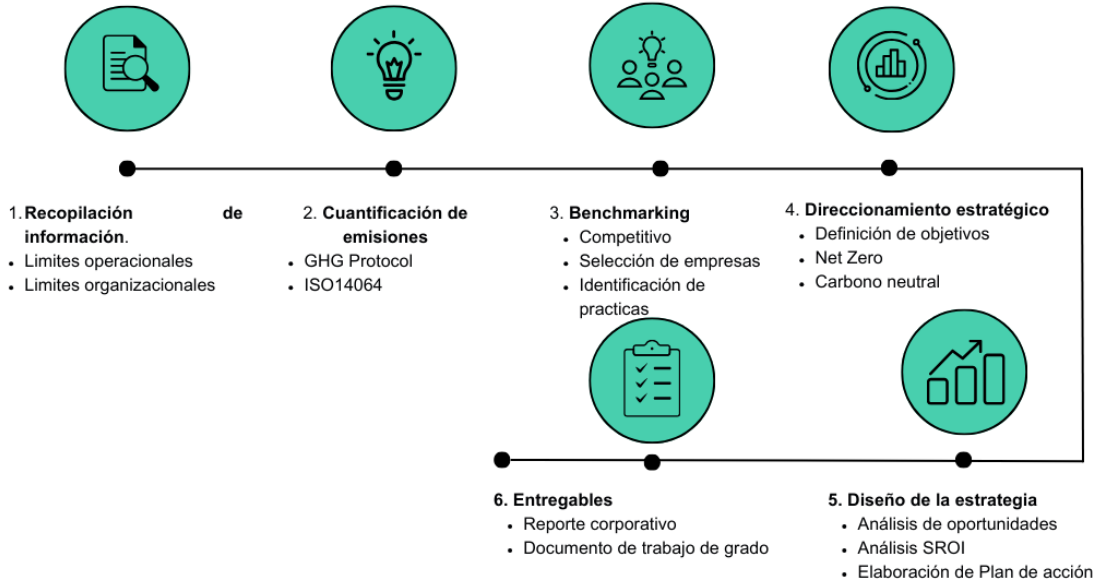


Gráfico 2: resumen de la metodología utilizada


### 12.1 Recopilación de la información.

La recopilación de la información se realizó conforme a la Norma ISO 14064-1:2020, titulada ‘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’, así como los lineamientos metodológicos establecidos por el Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol).

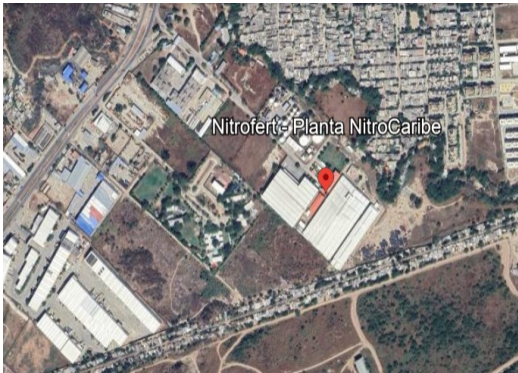
#### 12.1.1 Límites Organizacionales

Las emisiones generadas por el Grupo Empresarial Nitrofert se consolidan bajo un enfoque de control, es decir se considera todas las emisiones y/o remociones de GEI en las instalaciones sobre las cuales tiene control operacional, y se mencionan a continuación:

**Tabla 3.** Descripción Sede Nitrofert Barranquilla


<b>1. Sede Administrativa de Nitrofert – Barranquilla (A)</b>	
<b>Dirección</b>	Cra. 53 # 80 – 198, Norte, Centro Histórico
<b>Coordenadas</b>	11°00'21"N 74°48'43"W
<b>Altura</b>	75 msnm
<b>Uso del suelo</b>	Comercial
	
Ubicación de la sede administrativa de Nitrofert Fuente: Google Earth	
<b>Actividades</b>	Administrativas

**Tabla 4.** Descripción Sede Nitrocaribe – Santa Marta

<b>2. Planta Nitrocaribe – Santa Marta (M)</b>	
<b>Dirección</b>	Troncal del Caribe, Zona Franca de Santa Marta
<b>Coordenadas</b>	11°12'20"N 74°11'22"W
<b>Altura</b>	23 msnm
<b>Uso del suelo</b>	Industrial
	
Ubicación de la Planta de Nitrocaribe Fuente: Google Earth	

<b>2. Planta Nitrocaribe – Santa Marta (M)</b>	
<b>Actividades</b>	Recepción de materias primas, mezcla, encasado y despacho de productos.
<b>Capacidad de producción</b>	Ensacado: 36.400 TM /mes Mezclado: 23.400 TM / mes
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Granel: 69.250 TM Empacado: 7.480 TM

**Tabla 5.** Descripción Sede Nitropacífico I – Buga

<b>3. Planta Nitropacífico I – Buga (V)</b>	
<b>Dirección</b>	Carrera 8 # 25 -27 Guadalajara de Buga
<b>Coordenadas</b>	3°55'18"N 76°17'17"W
<b>Altura</b>	980 msnm
<b>Uso del suelo</b>	Industrial
 <p>Ubicación de la Planta de Nitrocaribe Fuente: Google Earth</p>	
<b>Actividades</b>	Recepción de materias primas, mezcla, encasado y despacho de productos.
<b>Capacidad de producción</b>	Ensacado: 12.00 TM / mes Mezclado: 4.500 TM / mes
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Granel: 4000 TM Empacado: 1000 TM

**Tabla 6.** Descripción Sede Nitropacífico II - Buga

<b>4. Planta Nitropacífico II – Buga (V)</b>	
<b>Dirección</b>	Guadalajara de Buga
<b>Coordenadas</b>	Calle 8 No 18-37; 3°54'08"N 76°18'17"W
<b>Altura</b>	967 msnm
<b>Uso del suelo</b>	Mixto (industrial – comercial)

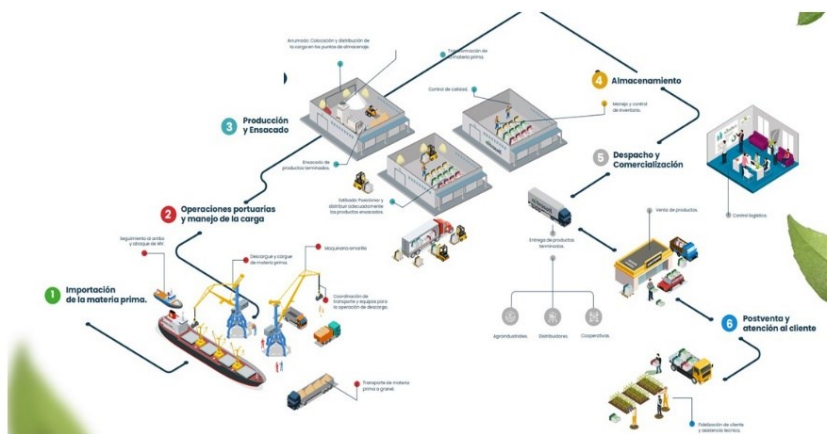


Ubicación de la Planta de Nitro  
Fuente: Google Earth

<b>Actividades</b>	Recepción de materias primas, mezcla, encasado y despacho de productos.
<b>Capacidad de producción</b>	Ensacado: 1.400 TM / mes Mezclado: 4.500 TM / mes
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Granel: 11000 TM Empacado: 4000 TM

### 12.1.2 Límites Operacionales

Para identificar las emisiones directas e indirectas, se consideraron los eslabones de la cadena de valor de la Empresa. A partir de estos, se identificaron los ASPI (Actividades Significativas de Producción Industrial) que podrían contribuir al aumento de GEI.



**Gráfico 3:** cadena de Valor Empresarial de Nitrofert  
Fuente: Nitrofert

**Tabla No 7. Emisiones directas GEI**

<b>EMISIONES 1 DIRECTAS</b>				
<b>CADENA DE VALOR</b>	<b>CATEGORIA ISO 14064</b>	<b>ALCANCE GHG PROTOCOL</b>	<b>ASPI</b>	<b>EMISIONES</b>
Producción y ensacado	Categoría 1: Proceso directos de emisiones y remoción que surgen de procesos industriales.	Alcance 1	Procesos de granulación	CO <sub>2</sub> , NOX, CH <sub>4</sub>
Producción y ensacado	Categoría 1: Procesos directos provenientes de la combustión móvil.	Alcance 1	Uso de ACPM, Gas Natural para cargadores,	CO <sub>2</sub> , NOX, CH <sub>4</sub>
Almacenamiento			motocargas, maquinaria amarilla	

**Tabla No 8. Emisiones indirectas GEI**

<b>EMISIONES INDIRECTAS</b>			
<b>CADENA DE VALOR</b>	<b>CATEGORIA ISO 14064</b>	<b>ALCANCE GHG PROTOCOL</b>	<b>ASPI</b>
1.Importación de las materias primas	Categoría 3: emisiones causadas por el transporte y distribución de bienes aguas arriba	Alcance 3	Emisiones generadas por los Motonaves y buques graneleros que transportan las materias primas
2.Operaciones portuarias	Categoría 3: emisiones causadas por el transporte y distribución de bienes aguas arriba	Alcance 3	Emisiones generadas por el transporte terrestre desde los puertos a planta de producción
3. Producción y ensacado	Categoría 2: emisiones indirectas provenientes del consumo de energía	Alcance 2	Consumo de electricidad para la producción y maquinaria de ensacado e iluminación y climatización
4. Almacenamiento	Categoría 2: emisiones indirectas provenientes del consumo de energía	Alcance 2	Consumo de electricidad para iluminación y climatización
5.Despacho y comercialización	Categoría 3: emisiones causadas por el transporte y distribución de bienes aguas abajo	Alcance 3	Emisiones generadas por el transporte terrestre y vía Férrea para la entrega de los fertilizantes a clientes
6. Posventa y atención al cliente	Categoría 4: emisiones de la fase de uso del producto	Alcance 3	Emisiones generadas por la aplicación de la urea como elemento simple

## 12. 2. Cuantificación de la Emisiones.

Para la cuantificación de las emisiones, se procedió siguiendo las directrices del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, donde se identificaron factores genéricos de emisión y las fórmulas respaldadas por esta fuente documentada en los informes oficiales.

### Consumo de combustibles:

$$Emisiones = \Sigma(Combustibles_{ij} * E_{ij})$$

Donde:

Combustible<sub>ij</sub> = combustible consumido

EF<sub>ij</sub> = factor de emisión

i = tipo de vehículo/equipo j = tipo de combustible

**Tabla No 9.** Factor de emisión consumo de combustibles

Tipo	Descripción	Factor de emisión	Unidades	Fuente de información
Categoría 1 / Alcance 1	Emisiones por consumo de DIESEL B2	10.149	KgCO <sub>2</sub> /gal	UPME

### Consumo de energía:

$$Emisiones_{electricidad} = CE * FE$$

Donde:

Emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica comprada a la red

CE = Consumo de energía eléctrica comprada a la red durante el mes

FE =Factor de emisión de la red eléctrica nacional del año

**Tabla No 10.** Factor de emisión consumo de energía eléctrica

Tipo	Descripción	Factor de emisión	Unidades	Fuente de información
Categoría 2/ Alcance 2	Emisiones por electricidad 2021	0.126	KgCO <sub>2</sub> /kWh	UPME

### Transporte:

**Tabla No 11.** Factor de emisión de transporte

Tipo	Descripción	Factor de emisión	Unidades	Fuente de información
	Transporte vehículo euro 4,>32 ton	0.072	kg CO <sub>2</sub> /ton-km	IPCC

<b>Categoría 3/ Alcance 3</b>	Transporte marítimo	0.0060	kgCO2/ton-km	OMI
	Transporte férreo	0.0271	kgCO2/ton-km	IPCC

#### Urea:

$$\text{Emisiones CO}_2\text{-C} = M \times FE$$

Donde:

M= cantidad de urea comercializada

FE= factor de emisión

**Tabla No 12.** Factor de emisión de la urea

Tipo	Descripción	Valor	Unidades	Fuente de información
<b>Categoría 4/ Alcance 3</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> fertilización con Urea (Ton)	0,20	kg C-CO2/kg de fertilizante de urea	IPCC

## 12.2 Benchmarking

Para ello, se seleccionaron cinco empresas con una presencia significativa en el mercado, acumulando el 73,3% de participación, de acuerdo con el informe de importación de materias primas publicado por Multiport. Se recopilieron datos sobre sus prácticas y estrategias de reducción de huella de carbono mediante informes de sostenibilidad, documentos públicos y entrevistas con representantes de las empresas. Estos datos se compararon con la situación actual de Nitrofert Utilizando una matriz DOFA para identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, proporcionando una base para diseñar estrategias efectivas de reducción de emisiones.

## 12.3 Direccionamiento estratégico

En la fase de selección de los objetivos de net zero o carbono neutro, se llevó a cabo un análisis para identificar las metas más acordes con la visión de sostenibilidad de Nitrofert. Este proceso implicó evaluar diferentes enfoques y considerar el impacto potencial de cada opción en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se priorizó la viabilidad técnica, la alineación con estándares internacionales y la capacidad de generar un cambio significativo en la reducción de la huella de carbono.

## 12.4 Diseño de la estrategia

En esta etapa se articularon los elementos clave identificados durante el proceso previo. Este diseño implicó la elaboración del Plan de Acción para la implementación de las acciones necesarias para alcanzar los objetivos establecidos. Se definen las actividades, recurso e indicadores clave de rendimiento para evaluar el progreso a lo largo del tiempo.

## 13. Consideraciones éticas

**Consentimiento informado:** El otorgamiento de este consentimiento fue gestionado a través de la Jefatura de Asuntos Corporativos y Sostenibilidad de Nitrofert, siendo el área responsable de liderar todas las acciones enmarcadas en la Estrategia de Sostenibilidad y el relacionamiento con las partes interesadas.

**Confidencialidad y anonimato:** La información recolectada ha sido manejada de conformidad con las políticas de privacidad de Nitrofert y la Política de Tratamiento de Datos. Se garantiza expresamente que dicha información se utilizará exclusivamente con el propósito de llevar a cabo el presente trabajo.

**Conflicto de intereses:** Es relevante destacar que a la fecha una de las autoras de este trabajo ocupa el cargo de Líder Ambiental y de Sostenibilidad en Nitrofert. No obstante, es importante señalar que esta posición no implica participación en la junta directiva ni titularidad accionaria de la empresa. En virtud de esta aclaración, se asegura que no existe ningún conflicto de intereses que pueda influir en los resultados o en la imparcialidad de este trabajo.

**Tratamiento ético de los datos:** La gestión de la información se ha realizado de acuerdo con la Política de Tratamiento de Datos de Nitrofert, asegurando que la información no sea compartida con terceros y que se utilice únicamente para los fines asociados a los objetivos específicos de este trabajo.

**Manipulación y sesgo:** Los resultados se presentan de manera precisa y objetiva, evitando cualquier forma de manipulación o sesgo que pudiera haber distorsionado la interpretación de los hallazgos. En concordancia con el objetivo de este trabajo, cumplimos con los principios contables, y el reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se sustentó en los principios de relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. Asimismo, las autoras aseguran que la información no fue distorsionada y que los hallazgos presentados fueron el resultado fiel de esta investigación.

**Cumplimiento de regulaciones y directrices:** las autoras declaran que el presente trabajo cumple con las consideraciones éticas concerniente

## 14. Resultados

### 14.1 Cuantificación de las emisiones generadas.

El resultado del proceso de cuantificación de emisiones totaliza 61053 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. De estas, el 99.64% corresponde a emisiones del alcance 3, lo que demuestra que la cadena de suministro y la aplicación en el ciclo de vida del producto contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa. Por otro lado, el 0.3% de las emisiones son directas, es decir, aquellas generadas por las operaciones propias y controladas directamente por la empresa, como la producción y los procesos internos. Finalmente, un 0.1% de las emisiones son indirectas, resultado del consumo energético asociado a la energía eléctrica adquirida y consumida por la organización.

**Tabla No 13.** Cuantificación total de emisiones generadas

<b>CATEGORIA ISO 14064</b>	<b>ALCANCE GHG PROTOCOL</b>	<b>EMISIONES (TonCO<sub>2</sub>equ.)</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
Categoría 1: Proceso directos de emisiones y remoción que surgen de procesos industriales.	Alcance 1	0	0
Categoría 1: Procesos directos provenientes de la combustión móvil.	Alcance 1	179,31	0,3%
Categoría 2: emisiones indirectas provenientes del consumo de energía	Alcance 2	37,45	0,1%
Categoría 3: emisiones causadas por el transporte y distribución de bienes aguas arriba	Alcance 3	19706,43	32%
Categoría 3: emisiones causadas por el transporte y distribución de bienes aguas abajo	Alcance 3	13172,47	21,6%
Categoría 4: emisiones de la fase de uso del producto	Alcance 3	27958	46%

### Emisiones Directas – Categoría 1 / Alcance 1:

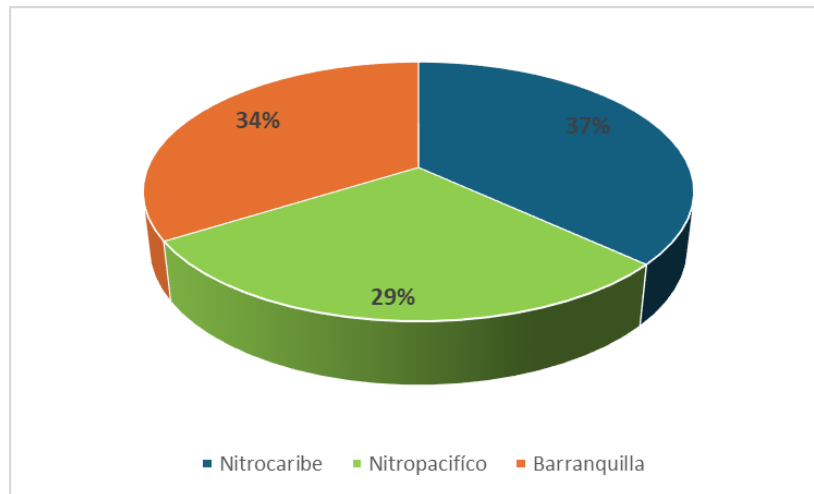
La estimación de las emisiones directas, que ascienden a 179.31 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, están asociadas al uso de combustible tipo ACPM. Este combustible se emplea en cargadores y montacargas para el transporte y la organización de materias primas y productos dentro de la planta. La contribución principal a estas emisiones proviene del dióxido de carbono, reflejando el impacto ambiental característico de la combustión de combustibles fósiles en operaciones industriales.

**Tabla No 14.** Cuantificación total de emisiones directas

Combustible	TonCO <sub>2equ</sub>	Dióxido de Carbono [CO <sub>2</sub> ]	Metano [CH <sub>4</sub> ]	Óxido Nitroso [N <sub>2</sub> O]
ACPM	179,31	179,304	0,0034	0,0017

### Emisiones indirectas – Categoría 2 / Alcance 2:

Con respecto a las emisiones indirectas derivadas del consumo de energía, se estimaron 37.45 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. Esta energía es adquirida de la Red Nacional; en el caso de la costa norte, de la empresa Air-e, y en el Pacífico, de Celsia. La mayor participación corresponde a la sede de Nitrocaribe, lo cual concuerda con ser la planta que presenta mayor producción y donde el equipo administrativo es más numeroso.



**Gráfico 4:** porcentaje de participación emisiones por sede

### Emisiones indirectas Categoría 3 / Alcance 3:

Los resultados para las emisiones indirectas aguas arriba, derivadas de la importación de materias primas, se estiman en un total de 19706,43 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, lo que representa un 32% de las emisiones totales generadas.

Durante el transcurso del año 2023, Nitrofert llevó a cabo la importación de un total de 315117 toneladas de diferentes materias primas. Este proceso implicó la realización de 61 viajes de motonaves para su transporte. Entre las materias primas importadas destacan la urea, el sulfato de amonio, los complejos NPK y el muriato de potasio, entre otros elementos esenciales para la producción.

En el gráfico 4 se indica que los principales países proveedores de estos materiales fueron Rusia y China. Sin embargo, también se recibieron suministros de otros países ubicados en diversas partes del mundo. Esta diversificación en los orígenes de las importaciones no solo refleja la globalización de la cadena de suministro de Nitrofert, sino que también tiene implicaciones significativas en términos de la huella de carbono de la empresa.

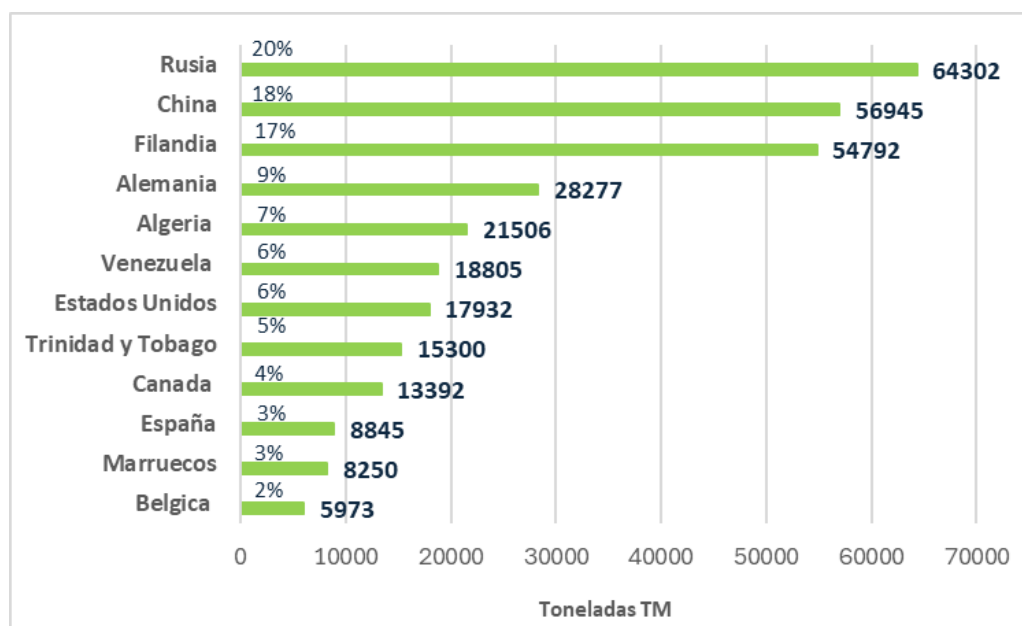


Gráfico 5: participación por origen de las materias primas importadas

### Emisiones indirectas Categoría 3 / Alcance 3:

Con respecto al transporte aguas abajo, se generaron aproximadamente 13172,47 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, lo que representa una participación del 21.6% del total de las emisiones. Estos valores se derivan del transporte del producto final a los clientes. Durante el año 2023, se transportaron un total de 314011 toneladas, lo que requirió más de 11,000 viajes desde Nitrocaribe (Santa Marta) y Nitropacífico (Buga), hasta su punto de entrega en diversos municipios y ciudades a nivel nacional.

El medio de transporte utilizado en su mayoría fueron camiones de carga pesada tipo euro 4, los cuales podían transportar hasta 35 toneladas por viaje.

Según los datos proporcionados por Nitrofert, el 18% de estos viajes se realizaron a través de una modalidad en la cual el área de logística conseguía el vehículo, mientras que el 82% restante implicaba que el cliente enviara el vehículo para el transporte.

Es importante resaltar que Nitrofert ha sido una empresa pionera en el sector de los fertilizantes al utilizar la vía férrea para movilizar carga. Durante el 2023, la empresa movilizó 1748 toneladas en 15 viajes utilizando este medio de transporte. Los resultados indican que este medio es más eficiente y contribuye a la reducción de la huella de carbono.

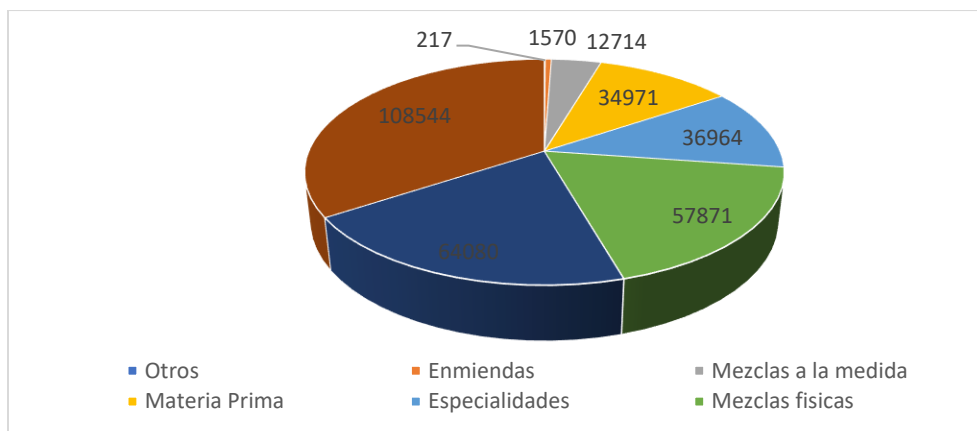
Los resultados indican que el transporte férreo es más eficiente en términos de la distancia recorrida, cubriendo menos kilómetros y requiriendo menos viajes para transportar la misma cantidad de carga en comparación que el terrestre. Además, es significativamente más eficiente en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, con solo 27 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas, en comparación con las 99 toneladas del transporte terrestre. Esto sugiere que el transporte por tren es una opción para reducir la huella de carbono asociada a esta categoría y/o alcance.

**Tabla No 15.** Comparación de las emisiones generadas por vía férrea vs terrestre

Tipo Transporte	Origen	Destino	No viajes	Toneladas trasportadas 2023	Km recorridos	Emisiones (TonCO <sub>2</sub> e)
Férreo	Santa Marta	La Dorada	15	1748	567	27
Terrestre	Santa Marta	La Dorada	50	1748	787	99

#### **Emisiones indirectas Categoría 4 / Alcance 3:**

Por último, en relación con la categoría de las emisiones durante la fase de uso del producto en el año 2023, se destaca que Nitrofert se posicionó como el segundo actor del mercado de fertilizantes en Colombia, con una venta total de 316.935 toneladas métricas. De este total, el 34,2% corresponde a productos simples, es decir, aquellos que contienen únicamente un elemento mayor, como es el caso de la urea. En segundo lugar, se encuentran los productos complejos, que contienen más de un elemento mayor, representando el 20,2% de las ventas totales; el 18,3% están representados por las mezclas físicas las cuales se obtienen a partir de dos o más fertilizantes. En la siguiente gráfica se distribuye el porcentaje de las ventas por la línea de producto.



**Gráfico 6:** participación de las ventas por línea de producto

Durante el periodo reportado se comercializaron un total de 34748 TM de urea como fertilizantes de tipo simple es decir el 8% del total de las ventas. La huella de carbono de la aplicación de este producto se estima en 25466 Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. Por otro lado, y como un fertilizante de las líneas de especialidades el cual es el Nitrosmart el cual es catalogado como de eficiencia mejorada y de liberación prolongada de acuerdo con la ficha técnica del producto las emisiones pueden disminuir en un 65% dadas sus propiedades que limitan sus pérdidas por volatilización y lixiviación.

Tabla No 12: emisiones generadas por la comercialización de la urea y el Nitrosmart

Producto	Línea	Toneladas comercializadas durante el 2023	Emisiones (TonCO <sub>2</sub> e)
Urea	Simple	34748	25466
Nitrosmart	Especialidades	11333	2492

## 14.2 Análisis Benchmarking

Los resultados del análisis para identificar las mejores prácticas para la reducción de la huella de carbono en la industria de fertilizantes, destaca la importancia de una fertilización equilibrada y la adopción de tecnologías sostenibles para asegurar la seguridad alimentaria y mitigar el impacto ambiental. Los fertilizantes minerales, aunque esenciales para la nutrición de los cultivos, deben ser manejados con estrategias que promuevan la eficiencia energética y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero. Se destaca la implementación de medidas como la mejora de la eficiencia energética en la producción de amoníaco y la introducción de productos que incorporen nutrientes esenciales y micronutrientes adaptados a condiciones específicas del suelo o del cultivo.

Por otro lado, las empresas analizadas resaltan, a la adopción de prácticas agrícolas regenerativas y el uso de tecnologías que maximicen la eficiencia del uso de recursos y la biodiversidad son fundamentales. Empresas líderes en el sector han logrado avances significativos mediante la reducción de sus propias emisiones y la contribución a la descarbonización de la agricultura y del transporte de energía. Por ejemplo, algunas han desarrollado tecnologías que impiden la volatilización del nitrógeno, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas

de su uso. Además, la implementación de sistemas de gestión ambiental y el cumplimiento de la legislación ambiental en las plantas de producción son esenciales para minimizar el impacto ambiental. (Yara S.F) (Monómeros 2021) (Agronegocios 2023).

Las iniciativas como el Plan País Carbono Neutral y la colaboración en grupos de acción climática reflejan el también el compromiso con la reducción de la huella de carbono. Estos esfuerzos son complementados por la construcción de infraestructuras sostenibles, como la producción de amoníaco con energía eólica, y la promoción de la agricultura digital y de precisión, que no solo reducen las emisiones sino también mejoran la eficiencia en el uso de los fertilizantes.

## 14.2 Matriz DOFA

Tomando en consideración el análisis benchmarking, a continuación, se presenta la matriz DOFA que tiene como resultado el análisis comparativo con otras empresas del sector, que le permitirán a Nitrofert identificar puntos de mejoras que le permitan trazar su hoja de ruta y predecir los nuevos retos del mercado.



Gráfico 7. Matriz DOFA Análisis Benchmarking. Elaboración propia. 2023

## 15. Discusión

El presente trabajo se enmarca en un contexto global en el que es crucial reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático. En el informe Stern, publicado en 2006, se alertó sobre los impactos de este fenómeno y sus costos económicos; estudio de Zhang et al. (2021) menciona que el cambio climático ha puesto en peligro el equilibrio de los ecosistemas naturales y ha amenazado el suministro de alimentos y los entornos de vida humana, convirtiéndose en una preocupación esencial para la comunidad internacional. A pesar de estas advertencias, también se menciona que estos efectos pueden mitigarse si se avanza hacia una economía global con bajas emisiones de carbono es fundamental centrarse en la perspectiva de mediano a largo plazo, extrayendo implicaciones para los calendarios de acción y la elección de políticas e instituciones adecuadas.

Las Naciones Unidas afirman que la crisis climática es una carrera que se puede ganar implementando soluciones eficientes. En esta línea, Han, Teng y Jia (2023) resaltan que una gestión empresarial eficaz es esencial para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas, promoviendo prácticas sostenibles y fomentando una cultura corporativa que priorice la responsabilidad ambiental. Por otro lado, Falana, Osei-Kyei y Tam (2024) mencionan que la reducción de emisiones se puede lograr a través del desarrollo de tecnologías y métodos de evaluación ambiental, así como mediante la implementación de políticas e iniciativas de carbono cero apoyadas por políticas globales.

Es así como Nitrofert S.A.S, una empresa comprometida con la sostenibilidad, ha reconocido la importancia de desarrollar una estrategia efectiva para reducir su huella de carbono. Este trabajo ha abordado el desarrollo de dicha estrategia, enfocándose en identificar y evaluar las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero dentro de la empresa y proponer medidas concretas para su reducción.

A través del análisis del ciclo de vida, se identificaron las principales fuentes de emisiones de GEI, revelando que solo el 0,4% de estas emisiones corresponden a las actividades directas de la empresa, mientras que el 32% se atribuye a las actividades aguas arriba, el 21,6% aguas abajo es decir emisiones relacionadas con su cadena de suministro. Esto concuerda con la realidad del sector en Colombia, que depende en gran medida de la importación de materias primas para la producción de fertilizantes. De acuerdo con el informe presentado por los Agentes Marítimos (Multiport), en 2023 se importaron aproximadamente 1.590.169 toneladas de commodities, recorriendo grandes distancias y dejando en su tránsito una huella de carbono significativa. Por su parte, y teniendo en cuenta las emisiones derivadas del transporte de productos aguas abajo, en la situación actual del país, el 90% de la carga se transporta por vía terrestre (Vanegas 2023), lo cual incide significativamente en las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles.

Por otro lado, un 46% de emisiones calculadas en la aplicación de la urea y su estimación la cual se sintetiza industrialmente a partir del amoníaco y el dióxido de carbono en un proceso conocido como Haber-Bosch. Ahora bien, el amoníaco es el precursor de la mayoría de los fertilizantes nitrogenados y contribuye de manera importante a la seguridad alimentaria mundial. Se estima que el suministro de alimentos para la mitad de la población mundial depende de fertilizantes de amoníaco producidos sintéticamente (Smil 2002) (Rosa y Gabrielli 2023).

A partir de los resultados de la cuantificación de gases de efecto invernadero para el año 2023, se plantean acciones que contribuyen a su objetivo de reducción del 51% de sus emisiones en Alcance 1 y 2 para el año 2030 y su meta de Net Zero para el año 2050.

Para la reducción de emisiones de Alcance 1, se plantean metas asociadas a la reducción del consumo de combustible implementando acciones como la instalación de horómetros que pueden ayudar a identificar patrones de uso ineficiente de la maquinaria, tiempos de ralentí excesivos y/o aceleraciones bruscas. De otra parte, el horómetro permite llevar un registro preciso del tiempo de funcionamiento de la maquinaria, facilitando la planificación y ejecución de mantenimientos preventivos, lo que puede contribuir a mantener el motor en óptimas condiciones y evitar problemas que puedan aumentar el consumo de combustible. Si bien los horómetros por sí solos no reducen directamente el consumo de combustible, su implementación efectiva como parte de un sistema de gestión de la maquinaria puede ayudar a mejorar la eficiencia operativa y, en última instancia, a reducir el consumo de combustible de manera significativa. De acuerdo con lo reportado por Optera en <https://opteraclimate.com/>, *mejorar la filosofía operativa, instalar mejores controles y realizar un mantenimiento preventivo puede reducir el consumo de combustible en un 3-10%.*

De otra parte, enseñar técnicas de conducción eficiente, como mantener una velocidad constante, evitar aceleraciones y frenadas bruscas, y anticipar el tráfico representa disminuciones en el consumo de combustible, tal y como lo reporta Postobón en su Informe de sostenibilidad del año 2015, *“Desarrollar un programa de profesionalización de sus conductores de la flota primaria, contribuye con el desarrollo humano y laboral del personal, este programa ha logrado disminuir el consumo de combustible por kilómetro recorrido pasando de 6,12 Kms/ galón en 2012 a 7,07 Kms/galón en 2015, lo cual implica un crecimiento en el rendimiento del combustible del 15,52%.”*

Ahora bien, otra de las acciones propuestas esta la implementación del denominado “modo ECO”, en la maquinaria amarilla que posee Nitrofert o inclusive en aquella proyectada para su compra, que de acuerdo con lo referenciado por Caterpillar, es una característica diseñada para mejorar el rendimiento del motor y otros sistemas con el fin de minimizar el consumo de combustible y, por ende, las emisiones de carbono. Además de ajustar los parámetros para una operación más eficiente, algunos sistemas ECO ofrecen funciones de monitoreo en tiempo real que permiten a los operadores y administradores de maquinaria supervisar el consumo de combustible y las emisiones, lo que facilita la optimización continua del rendimiento. El modo ECO en maquinaria de construcción representa una herramienta valiosa para reducir las emisiones al optimizar el rendimiento del motor y otros sistemas para una operación más eficiente y sostenible. Su implementación puede formar parte de una estrategia integral para mitigar la huella de carbono en operaciones industriales y de construcción. En tal sentido reporta Caterpillar, *que la implementación del modo ECO, permite aproximadamente 14% menos de consumo combustible que la Retroexcavadora estándar sin ECO.*

Finalmente, frente a la implementación de maquinaria amarilla baja en emisiones (Eléctrica, Híbrida, Gas Natural), las nuevas tecnologías de motores, como los motores diésel de alta eficiencia y los motores híbridos, pueden reducir el consumo de combustible y las emisiones en comparación con modelos más antiguos, frente a esto Postobón reporta en su Informe de Sostenibilidad de 2022, que han adquirido *“40 tractocamiones a gas se dividen en 20 unidades marca FAW de origen chino, que operan bajo la norma Euro 5, y 20 unidades marca Scania de origen sueco, que operan bajo la norma*

*Euro 6, la más avanzada en el mundo. Estos tractocamiones disminuyen en promedio un 90% sus emisiones contaminantes y reducen un 25% su huella de carbono.”*

Ahora bien, frente a las emisiones de Alcance 2, las metas propuestas están asociadas a la reducción del consumo de energía, así como el abastecimiento de su energía a través de energía renovables. El Instituto de Recursos Mundiales informa que, en 2019, aproximadamente el 92 % de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el 76 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) fueron atribuidas al sistema energético, lo que lo posiciona como el principal contribuyente al cambio climático. Establece (Misconel 2024), que examinar las vías para la transición a energías limpias es crucial para cumplir los objetivos de mitigación del cambio climático del Acuerdo de París y reducir las emisiones de carbono del sistema energético, particularmente en el sector eléctrico. De otra parte, en diversas partes del mundo, el sector eléctrico podría alcanzar una transición hacia una energía completamente renovable para el año 2030. De hecho, en varios planes de política energética gubernamentales, suele ser el primer sector en ser completamente descarbonizado.

Para Nitrofert, se plantean acciones como el teletrabajo específicamente para la Sede de Barranquilla donde se ubica e personal administrativo, y en este sentido, el cambio hacia el teletrabajo ofrece una valiosa oportunidad para reducir el tráfico rodado, las emisiones de carbono, el consumo de energía y los impactos ambientales asociados (Akbari y Hopkins, 2019; Pratt, 1984).

Referente a la instalación de paneles solares, El IPCC señala que *"la expansión de la energía solar puede contribuir significativamente a la descarbonización del sector eléctrico y, por lo tanto, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero". Esto respalda la idea de que la energía solar puede desempeñar un papel crucial en la reducción de las emisiones en el alcance 2.*

El IPCC enfatiza que mejorar la eficiencia energética en todos los sectores es fundamental para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto incluye medidas como la adopción de tecnologías más eficientes, prácticas de gestión energética y cambios en el comportamiento del consumidor. Considerando lo anterior se plantea para Nitrofert mejoras en términos de su eficiencia de iluminación mediante el uso de la tecnología LED siendo esta más eficiente que las fuentes de luz tradicionales, como las bombillas incandescentes y fluorescentes compactas, consumiendo menos energía y una vida útil más larga, lo que reduce la necesidad de reemplazo y el desperdicio de recursos.

De otra parte se propone la instalación de sensores de movimiento y sistemas de control de luz natural que pueden ayudar a optimizar el uso de la iluminación en los edificios, estos sensores de movimiento se apagan cuando una habitación está desocupada, mientras que los sistemas de control de luz natural pueden ajustar automáticamente la intensidad de la iluminación artificial en respuesta a la luz natural disponible, reduciendo así el desperdicio de energía. Establece (Serrano, et al, 2015), que la eficiencia energética desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico global. *Se estima que el sector de la iluminación podría reducir hasta un 45% el consumo de energía eléctrica mediante el uso profesional de la tecnología LED.* La adopción de iluminación LED en aplicaciones industriales representa un notable ahorro energético debido a la potencia requerida, la extensión de áreas a iluminar y las horas de uso. Esto ha llevado a un creciente número de empresas a reemplazar los sistemas de iluminación tradicionales por tecnología LED. Según la Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables de los Estados Unidos, la transición a la

tecnología LED en iluminación podría generar un ahorro de \$250 billones en costos de energía en las próximas dos décadas, reduciendo el consumo eléctrico en iluminación en aproximadamente un 50% y evitando la emisión de 1800 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono.

Se plantea para Nitrofert el desarrollo de capacitaciones orientadas al desempeño de los colaboradores en un papel importante en la reducción del consumo de energía al aumentar la conciencia, mejorar las habilidades y promover cambios de comportamiento hacia prácticas más sostenibles en el uso de la energía.

Nitrofert reconoce a sus clientes como su principal grupo de interés, dividiéndolos en tres segmentos clave: agroindustriales, cooperativas y distribuidores. Los agroindustriales incluyen cultivos tecnificados como banano, palma de aceite, maíz, soja y arroz, caracterizados por su producción a gran escala y el uso de tecnologías avanzadas. Las cooperativas agrupan al sector cafetero, siendo organizaciones esenciales para la comercialización y exportación de café, operando bajo modelos colaborativos. Finalmente, los distribuidores abarcan cultivos como hortalizas y otros minifundios, conectando a pequeños agricultores con los productos de Nitrofert.

La gestión de la cadena de suministro con bajas emisiones de carbono es una oportunidad para Nitrofert. Como proveedor del sector agrícola, Nitrofert juega un rol importante al apoyar a sus clientes en la descarbonización de la agricultura. Según un estudio de Accenture (2009), solo el 10% de las empresas gestionan activamente sus huellas de carbono, lo que subraya la necesidad de una mayor conciencia y acción en este ámbito, de igual forma la creciente conciencia de los consumidores sobre las bajas emisiones de carbono influye en sus decisiones de compra y en las estrategias operativas de las empresas (Xia et al., 2018) creando un valor compartido e impulsar las ventas. Además, es una oportunidad para adaptarse a las nuevas regulaciones; cultivos como el cacao y el café entre otros exportados a la Unión Europea deben garantizar la sostenibilidad, obligando a las cadenas de abastecimiento a adoptar prácticas bajas en carbono, y garantizar la no deforestación para acceder a estos mercados (Solidaridad Network, 2022). Estos factores destacan la importancia de que Nitrofert no solo se enfoque en los alcances 1 y 2, sino que también implemente acciones para disminuir las emisiones de alcance 3, asegurando una gestión integral y sostenible de su cadena de suministro.

La empresa ha comunicado su compromiso con la reducción de sus emisiones a través del eslogan “Nitrofert dejando Huella y No de Carbono”, mostrando resultados en la implementación de actividades y prácticas como el uso del tren para el transporte de productos terminados. Con 1748 toneladas de fertilizantes movilizadas por este medio, se ha logrado una reducción del 62% en comparación con el transporte convencional.

Asimismo, la empresa ofrece una línea de fertilizantes especiales que utilizan tecnología de doble protección de la urea con N-(n-butyl) tiofosfórico triamida (NBPT), un compuesto químico que actúa como inhibidor de ureasa, y Dicyandiamida (DCD), un compuesto químico utilizado como inhibidor de la nitrificación, lo cual puede reducir las emisiones hasta en un 70% al evitar la volatilización de la urea. A este tipo de tecnologías se les conoce como Fertilizantes de Eficiencia Mejorada (FEM) y es una de las estrategias más efectivas para aumentar la productividad y mitigar las pérdidas de nitrógeno (Zhang et al., 2022). Un estudio realizado en hortalizas reporta un aumento de la productividad entre un 7.5 y un 8.1% usando FEM y reducción de las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en un 40.5% y la lixiviación de nitrato (NO<sub>3</sub>) en un 45.8% (Pan et al., 2024); por otro lado,

Cheng et al; reportan que para el cultivo de arroz la aplicación combinada de nitrógeno con inhibidores de la nitrificación y ureasa redujo las emisiones de  $N_2O$  en un 56.4% y de  $NH_3$  en un 36.1%. Para el caso del cultivo de café Sarkis et al; reportan que la combinación de urea con NBPT, redujo las emisiones de  $N_2O$  y  $NH_3$  en un 50.6% y 78.5%, respectivamente, en comparación con la urea convencional. Es importante mencionar que la eficiencia depende en gran medida de las propiedades de los suelos así como las condiciones climáticas; estudios reportan que suelos con buena aireación y bajo contenido de nitrógeno mejoran la eficacia de los FEM (Ming et al; 2024)

En línea con lo anterior, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) resalta la importancia de la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para mejorar las propiedades del suelo y la productividad de los cultivos. De igual manera, centros de investigación como Cenicafé, Cenipalma y Cenicaña, entre otros, han realizado esfuerzos significativos para transferir tecnologías y prácticas que no solo aumenten la productividad, sino que también tengan un impacto positivo en la salud del suelo.

Esto es particularmente relevante en el contexto de la captura de carbono por parte de los suelos. La adopción de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) puede aumentar la capacidad del suelo para capturar y almacenar carbono, contribuyendo así a mitigar el cambio climático. Estudios indican que las estimaciones de captura de carbono varían según la salud y las condiciones del suelo, oscilando entre 300 y 2000 kg C/ha/año (Paustian et al., 2019), lo que representa un sumidero potencial considerable a escala global (Chenu et al; 2019 & Mattila et al; 2024).

Prácticas como la adaptación de planes de fertilización específicos a las necesidades y condiciones del suelo pueden contribuir a esta captura, manteniendo la estabilidad de los ciclos biogeoquímicos sin transgredir los límites planetarios. Este es el caso de los flujos biogeoquímicos, que han sobrepasado el umbral debido en parte a que el fósforo y el nitrógeno aplicados a los cultivos se lixivian hacia fuentes marinas, causando eutrofización y otros problemas ambientales.

En este contexto, Nitrofert tiene una ventaja competitiva. Más allá de la comercialización de insumos agrícolas, Nitrofert ofrece un Servicio de Asistencia Técnica y fomenta la transferencia de las mejores prácticas agrícolas. Esto no solo apoya el desarrollo del agro colombiano, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante la mejora de la salud del suelo y el aumento de la captura de carbono. Este enfoque puede resultar en beneficios adicionales, ya que facilita el acceso a pagos por créditos de carbono, incentivando aún más a los agricultores a adoptar prácticas sostenibles y a participar en mercados de carbono emergentes.

Por último, y basándose en esta discusión, se propone el siguiente Plan de Acción que permitirá a Nitrofert alcanzar sus metas de reducción de huella de carbono. Este plan también aborda la colaboración con las partes interesadas que están contribuyendo y trabajando en conjunto hacia objetivos comunes.

**16. Plan de acción**

<b>Ficha No 1: Reducción del Consumo de Combustibles Fósiles</b>	
<b>Objetivo:</b> Reducir el consumo de combustibles tipo ACPM, con el fin de minimizar las emisiones de Alcance 1.	
<b>Meta (s)</b> <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir en un 20% el consumo de combustibles tipo ACPM para el año 2026.</li> <li>• Reducir en un 51% el consumo de combustible tipo ACPM para el año 2030.</li> </ul>
<b>Indicador</b> (Línea Base 2023)	0,12 galones de ACPM por tonelada producida
<b>Recomendaciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar control de los horómetros de la maquinaria amarilla, con el propósito de monitorear y limitar el tiempo de funcionamiento de esta.</li> <li>• Proporcionar capacitación a los conductores sobre técnicas de conducción eficiente para maximizar la eficiencia del combustible, la importancia del mantenimiento regular a los vehículos y el uso de tecnología a bordo.</li> <li>• Implementación de tecnología – modo ECO – en la maquinaria amarilla que permita la optimización del motor y otros sistemas para la reducción del consumo de combustible.</li> <li>• Implementación de maquinaria amarilla baja en emisiones (Eléctrica, Híbrida, Gas Natural)</li> </ul>	
<b>Responsable</b>	<b>Vicepresidencia de Producción</b>

<sup>1</sup> El porcentaje de reducción propuesto estará alineado a la producción anual, es decir que considerara la producción de fertilizantes (Tn/año). Se toma como línea base las emisiones Alcance 1, para el año 2023.

<b>Ficha No 2. Energía</b>	
<b>Objetivo:</b>	
<b>Meta <sup>2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir en un 30% el consumo de energía para las tres (3) sedes de Nitrofert, para el año 2025.</li> <li>• Abastecimiento del 20% del consumo a través de energías renovables de fuentes no convencionales para la Sede Nitrocaribe, para el año 2026.</li> <li>• Abastecimiento del 50% del consumo a través de energías renovables de fuentes no convencionales, para el año 2030.</li> </ul>
<b>Indicador</b> (Línea Base 2023)	0,58 KWh por tonelada producida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la sede de Barranquilla que actualmente cubre labores administrativas, se recomienda el desarrollo de trabajo Home Office, considerando el uso de las instalaciones y con ello el uso de energía en un 10%.</li> <li>• Implementación de paneles solares para el abastecimiento de energía en la Sede de Nitrocaribe.</li> <li>• Optimización en el uso de las ensacadoras que se tienen en la Sede Nitrocaribe.</li> <li>• Implementación de eficiencias asociadas a la iluminación de las oficinas administrativas de Nitrofert.</li> <li>• Implementación de capacitaciones a los colaboradores sobre la importancia de la reducción del consumo de energía.</li> </ul>	
<b>Responsable</b>	<b>Vicepresidencia de Producción</b>

Con el propósito de realizar la evaluación de las acciones propuestas en el Anexo No. 1. Cuantificación de estrategias, se presentan los resultados asociados a la reducción de emisiones para Alcance 1 y 2, así como las inversiones asociadas para obtener las metas previstas.

<sup>2 2</sup> El porcentaje de reducción propuesto estará alineado a la producción anual, es decir que considerara la producción de fertilizantes (Tn/año). Se toma como línea base las emisiones Alcance 2, para el año 2023.

**Ficha No 4: Reducción de las Emisiones por el Transporte a Clientes**

**Objetivo:** Reducir las emisiones de carbono provenientes del transporte de producto terminado hacia los clientes.

**Meta**

**Mediano Plazo**

Reducir en un 25% las emisiones del transporte de producto terminado.

**Largo Plazo**

Reducir en un 50% las emisiones del transporte de producto terminado.

**Indicador**

0,041 ton CO<sub>2</sub> por tonelada transportada

**Recomendaciones.**

- Optimizar las rutas mediante una planificación adecuada de acuerdo con los lugares de entrega. Los vehículos que despachan a la zona norte deben salir de Nitrocaribe, mientras que los que entregan al regional sur deben partir desde Nitropacífico, evitando así trayectos largos.
- Establecer alianzas estratégicas con operadores logísticos equipados con sistemas de seguimiento y monitoreo de cargas para determinar con precisión el kilometraje de los trayectos.
- Asegurarse de que los vehículos estén cargados de acuerdo con su capacidad, evitando así hacer más viajes de los necesarios.
- Ofrecer capacitación a los conductores para reducir el ralentí, mantener velocidades constantes y adoptar técnicas de conducción que ahorren combustible.

**Responsable**

Gerencia Logística

<b>Ficha No 5: Reducción de las Emisiones por las comercialización y aplicación de la urea</b>	
<b>Objetivo:</b> Reducir las emisiones de carbono provenientes de la comercialización y aplicación de la urea	
<b>Meta</b>	<b>Mediano plazo</b> Aumentar en un 15% la participación en ventas de la urea de eficiencia mejorada (Nitrosmart)
<b>Indicador</b>	0,72 ton CO <sub>2</sub> por tonelada de urea aplicada
<b>Recomendaciones.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciar el uso del Nitrosmart el cual incorpora dos inhibidores de la ureasa lo cual reduce significativamente la volatilización del amoniaco y por ende la huella de carbono.</li> <li>• Implementar programas de capacitación y sensibilización que promuevan un uso consciente y eficiente de este elemento de acuerdo con los requerimientos del suelo y basados en los análisis de estos.</li> <li>• Fomentar la adopción de prácticas agrícolas que complementen el uso eficiente de urea, como la rotación de cultivos y la incorporación de coberturas vegetales que pueden mejorar la salud del suelo y aumentar la absorción y fijación del nitrógeno.</li> <li>• Promover el uso de tecnologías de agricultura de precisión que permitan ajustar las dosis de urea basadas en las necesidades reales del suelo y las plantas, determinadas a través de sensores y análisis de suelo en tiempo real. Esto no solo reduce las emisiones, sino que también mejora la eficiencia del uso de nutrientes.</li> </ul>	
<b>Responsable</b>	Gerencia Comercial

## 17. Conclusiones.

- Los resultados mostraron que Nitrofert generó un total de 61,053 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, con el 99.64% de estas emisiones provenientes de la cadena de suministro y la aplicación del producto (alcance 3). Las emisiones directas (alcance 1) representaron el 0.3% y las emisiones indirectas del consumo de energía (alcance 2) el 0.1%. Estas cifras destacan la importancia de abordar las emisiones a lo largo de toda la cadena de valor.
- El análisis de benchmarking con otras empresas del sector reveló la importancia de prácticas agrícolas regenerativas y tecnologías sostenibles para reducir las emisiones de GEI. Las empresas líderes han logrado avances significativos en la reducción de sus propias emisiones y han contribuido a la descarbonización de la agricultura y la eficiencia energética.
- Entre las medidas para reducir las emisiones de alcance 1 se incluyen la instalación de horómetros para mejorar la eficiencia operativa de la maquinaria y la promoción de técnicas de conducción eficiente. Para las emisiones de alcance 2, se recomendaron la transición a energías renovables y la mejora de la eficiencia energética mediante la adopción de tecnología LED y sistemas de control de luz natural.
- En cuanto a las emisiones del alcance 3, existe una significativa oportunidad en la alianza entre Nitrofert y sus clientes. Esta colaboración puede enmarcarse en la transferencia de las mejores prácticas de sostenibilidad y en la generación de valor compartido, promoviendo así la agricultura regenerativa. Al adoptar y difundir prácticas agrícolas sostenibles, tanto Nitrofert como sus clientes pueden reducir significativamente su impacto ambiental y contribuir al desarrollo de una cadena de suministro más sostenible y baja en carbono.
- Nitrofert ofrece una línea de fertilizantes de Eficiencia Mejorada que incorporan tecnología de doble protección de la urea. Estos fertilizantes utilizan N-(n-butil) tiofosfórico triamida (NBPT), un compuesto químico que actúa como inhibidor de la ureasa, y Dicyandiamida (DCD), que funciona como inhibidor de la nitrificación. Esta combinación puede reducir las emisiones hasta en un 70% al prevenir la volatilización de la urea.
- La adopción de las mejores prácticas agrícolas, como la caracterización de los suelos y la adaptación de los planes de fertilización de acuerdo con las necesidades específicas de los cultivos, así como la aplicación de fertilizantes de Eficiencia Mejorada, representa una alternativa significativa para alcanzar los objetivos de reducción de la huella de carbono. Esto se debe a que estas prácticas y tecnologías optimizan el uso de los recursos, minimizan las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoran la eficiencia en la utilización de nutrientes, lo que resulta en una producción agrícola más sostenible.
- Por último, Nitrofert tiene el potencial de alcanzar los objetivos planteados en cuanto a la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero, sin comprometer su rentabilidad. La implementación de esta estrategia de reducción de huella de carbono no

solo posicionará a la empresa como un líder en sostenibilidad dentro del sector de fertilizantes, sino que también generará ventajas competitivas.

#### **18. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

Este trabajo realiza una contribución al logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13, centrado en "Acciones por el clima". El objetivo primordial de este ODS es la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus consecuencias. Específicamente, el trabajo aborda la meta 13.2, que implica la integración de medidas relacionadas con el cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

De otra parte considerando que el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 2 – Hambre cero, cuyo objetivo principal es poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, Nitrofert S.A.S, como organización dedicada a la comercialización de fertilizantes, su incidencia en este objetivo se materializa a través de productos de alta calidad y la transferencia de mejores prácticas de nutrición vegetal que contribuyan a la consolidación de una agroindustria productiva que aporte a la seguridad alimentaria. De manera específica este trabajo aborda la meta 2.4, que establece a 2030, *asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.*

Esta contribución se materializa a través de iniciativas empresariales diseñadas con el propósito de garantizar la resiliencia climática en las operaciones de la empresa, así como en la cadena de suministro. Este enfoque refleja el compromiso con la implementación práctica de medidas concretas para enfrentar los desafíos derivados del cambio climático, alineando las acciones empresariales con objetivos de sostenibilidad a nivel nacional e internacional.

## 19. Impacto del trabajo al desarrollo sostenible.

**Alcance:** Evaluar y cuantificar los impactos ambientales y sociales resultantes de la implementación de la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono en Nitrofert.

**Síntesis:**

<b>A quien va dirigido.</b>	<b>Gobierno:</b> Cumplimiento de las regulaciones y metas de país (NDC) <b>Sector Privado:</b> Atraer financiación y clientes. <b>Comunidades:</b> Valor compartido.
<b>Actividades asociadas.</b>	<b>3.1</b> Cuantificación de gases de efecto invernadero para la cadena de valor de Nitrofert. <b>3.2</b> Análisis benchmarking. <b>3.3</b> Desarrollo de la estrategia para la reducción de la Huella de carbono: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Actividades encaminadas al cumplimiento del Objetivo Net Zero.</li><li>○ Contribución a la NDC.</li><li>○ Identificación de los beneficios financieros para la organización</li></ul>
<b>Actividades claves para la valoración.</b>	Estimación de la emisión de GEI asociada a la aplicación de fertilizantes.  Cuantificación de las emisiones de GEI asociadas al transporte de producto terminado.  Actividades encaminadas al cumplimiento del Objetivo Net Zero.  Identificación de los beneficios financieros para la organización.
<b>Grupos de interés.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Clientes</li><li>○ Accionistas</li><li>○ Proveedores</li><li>○ Colaboradores</li><li>○ Comunidades</li></ul>

**Presentación de los supuestos y SROI:** Derivado de lo anterior, a continuación se presentan los valores brutos de cada uno de los Outcomes y la fuente de esta información, así como la descripción del valor del proxy.:

PROXY	Valor bruto del Outcome	Fuente del Proxy	Descripción del valor del proxy
Costos asociados a la reducción de emisiones de alcance I (Net Zero - 51% reducción para el año 2030)	\$ 496.690.800,00	Trabajo de grado	<i>Valor bruto del Proxy: Se toma de las inversiones requeridas para las propuestas para la reducción de emisiones Alcance 1 para Nitrofert.</i>
Costos asociados a la reducción de emisiones de alcance II (Net Zero - 51% reducción para el año 2030)	\$ 256.813.296,00	Trabajo de grado	<i>Valor bruto del Proxy: Se toma de las inversiones requeridas para las propuestas para la reducción de emisiones Alcance 2 para Nitrofert.</i>
Perdidas por ingresos derivados de la venta de fertilizantes	\$ 281.986.131.300,00	<a href="https://www.coopcaficultoresaltoccidente.com/es/ipaginas/ver/G2/10/venta-de-fertilizantes/">https://www.coopcaficultoresaltoccidente.com/es/ipaginas/ver/G2/10/venta-de-fertilizantes/</a>	<i>Valor bruto del Proxy: Se toma el valor correspondiente a una Tonelada de fertilizante Nitrosoil (\$2.900.000), y la cantidad de fertilizante vendido durante el periodo Julio 2022 - Julio 2023, correspondiente a 324121 Tn. Se asume una reducción en las ventas correspondientes al 30%</i>
Costos por multas derivadas de quejas de la comunidad por contaminación atmosférica	\$ 162.400.000,00	<a href="https://www.minambiente.gov.co/r/ecuerde-cuales-son-los-delitos-ambientales-que-se-penalizan-en-colombia/#:~:text=Quien%20destruya%2C%20inutilice%2C%20haga%20desaparecer,cincuenta%20(18.750)%20salarios%20m%C3%ADnimos%20legales">https://www.minambiente.gov.co/r/ecuerde-cuales-son-los-delitos-ambientales-que-se-penalizan-en-colombia/#:~:text=Quien%20destruya%2C%20inutilice%2C%20haga%20desaparecer,cincuenta%20(18.750)%20salarios%20m%C3%ADnimos%20legales</a>	<i>Valor bruto del Proxy: Se toma como valor de referencia correspondiente a (18.750) salarios mínimos legales mensuales vigentes.</i>

PROXY	Valor bruto del Outcome	Fuente del Proxy	Descripción del valor del proxy
Costo de las emisiones de CO2	\$ 753.504.096,00	<a href="https://www.larepublica.co/especiales/bonos-sostenibles/con-bonos-de-20-500-es-posible-combatir-las-emisiones-de-carbono-de-las-empresas-3722112#:~:text=Andr%C3%A9s%20Perilla%20RodríguezEspecialista%20en,que%20son%20aproximadament%20US%24%E2%80%9D.">https://www.larepublica.co/especiales/bonos-sostenibles/con-bonos-de-20-500-es-posible-combatir-las-emisiones-de-carbono-de-las-empresas-3722112#:~:text=Andr%C3%A9s%20Perilla%20RodríguezEspecialista%20en,que%20son%20aproximadament%20US%24%E2%80%9D.</a>	Valor bruto del Proxy: Se toma de las inversiones requeridas para las propuestas para la reducción de emisiones Alcance 1 y 2 para Nitrofert.
Ingresos dejados de percibir por negocios no concretados	\$ 281.986.131.300,00	<a href="https://caracol.com.co/2023/03/31/nitrofert-se-consolida-como-la-segunda-empresa-de-fertilizantes-en-colombia/">https://caracol.com.co/2023/03/31/nitrofert-se-consolida-como-la-segunda-empresa-de-fertilizantes-en-colombia/</a>	Valor bruto del Proxy: Se toma el valor correspondiente a una Tonelada de fertilizante Nitrosoil (\$2.900.000), y la cantidad de fertilizante vendido durante el periodo Julio 2022 - Julio 2023, correspondiente a 324121 Tn. Se asume una reducción en las ventas correspondientes al 30%

De otra parte, para cada uno de los proxys, con el propósito de establecer su impacto se adelantó su valoración, así:

PROXY	Valor bruto del Outcome	Peso muerto	Desplazamiento	Decrecimiento	Valor Neto
Costos asociados a la reducción de emisiones de alcance I (Net Zero - 51% reducción para el año 2030)	\$ 496.690.800,00	10%	No aplica	20%	\$ 347.683.560,00
Costos asociados a la reducción de emisiones de alcance II (Net Zero - 51% reducción para el año 2030)	\$ 256.813.296,00	10%	No aplica	20%	\$ 179.769.307,20

PROXY	Valor bruto del Outcome	Peso muerto	Desplazamiento	Decrecimiento	Valor Neto
Perdidas por ingresos derivados de la venta de fertilizantes	\$ 281.986.131.300,00	20%	No aplica	No aplica	\$ 225.588.905.040,00
Costos por multas derivadas de quejas de la comunidad por contaminación atmosférica	\$ 162.400.000,00	15%	10%	20%	\$ 89.320.000,00
Costo de las emisiones de CO2	\$ 753.504.096,00	10%	No aplica	No aplica	\$ 678.153.686,40
Ingresos dejados de percibir por negocios no concretados	\$ 281.986.131.300,00	15%	No aplica	No aplica	\$ 239.688.211.605,00

#### Análisis de resultados:

Tomando en consideración la evaluación de impactos a continuación se presentan los resultados:

<b>VALOR TOTAL BENEFICIOS (sumatoria de los valores netos de cada beneficio)</b>	\$ 466.044.590.331,40
<b>VALOR TOTAL DE LOS INSUMOS (Sumatoria del valor de los insumos)</b>	\$ 753.504.096,00
<b>SROI</b>	618,5030616



**Usos Potenciales:** Nitrofert puede destacar al demostrar un retorno social y ambiental con el potencial de atraer la atención de mercados que buscan características distintivas en términos de sostenibilidad. La implementación del Análisis de Retorno Social de la Inversión (SROI) no solo fortalece la posición de la empresa en términos de responsabilidad social y ambiental, sino que también ofrece una metodología válida para la elaboración de reportes de sostenibilidad. Esta herramienta se alinea eficazmente con la metodología GRI (Global Reporting Initiative), proporcionando una estructura robusta para abordar aspectos clave de desempeño social, ambiental y económico. Además, el SROI puede servir como un método eficaz para la elaboración de informes de cumplimiento, particularmente en relación con las normas establecidas por la Corporación Financiera Internacional (IFC), consolidando así el compromiso de Nitrofert con prácticas empresariales sostenibles y transparentes.

## 20. Biografía de los autores y director/a de trabajo de grado

**Luis Miguel Echeverri Acosta, director del trabajo de grado.** Es el director de la Estrategia de Carbono Neutralidad en Cementos Argos. Posee experiencia en cadena de abastecimiento, finanzas corporativas, analítica de datos y diseño de estrategias de negocio. Ingeniero industrial con especialización en gerencia de proyectos y maestría en analítica aplicada. Con una visión holística del negocio cementero, ha liderado proyectos financieros, adquisiciones y desinversiones, así como la implementación del área de analítica y transformación digital en Argos. Desde finales del 2022, dirige la estrategia de carbono neutralidad en el equipo de Sostenibilidad Corporativa.

**Correo electrónico:** [lecheverri@argos.com.co](mailto:lecheverri@argos.com.co).

**LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/lmea88/>.

**Carolina Obando Mera, autora del trabajo de grado,** Líder Ambiental y de Sostenibilidad en la empresa Nitrofert S.A.S. Posee una formación como Bióloga e Ingeniera Ambiental, respaldada por una especialización en Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos. Con más de 15 años de experiencia en los ámbitos público y privado, ha dedicado los últimos 5 años de su carrera al sector agroindustrial, contribuyendo significativamente a la transferencia y adopción de las mejores prácticas de sostenibilidad. Su labor se centra en impulsar la transformación hacia una agricultura regenerativa, consolidando así el compromiso con el desarrollo sostenible.

**Correo electrónico:** [carobandom@gmail.com](mailto:carobandom@gmail.com)

**LinkedIn:** <https://co.linkedin.com/in/carolina-obando-14208a181>

**Maira Fernanda Hernández del Valle, autora del trabajo de grado.** Responsable Ambiental de Enel Green Power línea de negocio de Enel Colombia S.A ESP, para la operación de proyectos de generación de energías no convencionales. Posee una formación como Ingeniera Forestal y una especialización en Gerencia Ambiental. Con más de nueve (9) años de experiencia en la gestión ambiental de proyectos de infraestructura. Durante los últimos nueve (9) años ha estado trabajo en el desarrollo y ejecución de proyectos de infraestructura desde el componente ambiental involucrando el cumplimiento de la normatividad legal vigente y el cumplimiento de estándares ESG, así mismo ha participado en la financiación de proyectos con la banca internacional. Su labor se centra en promover una construcción sostenible y la creación de valor compartido.

**Correo electrónico:** [maira.hernandezdelvalle@enel.com](mailto:maira.hernandezdelvalle@enel.com)

**LinkedIn:** [www.linkedin.com/in/maira-fernanda-hernández-del-valle-36379a19b](https://www.linkedin.com/in/maira-fernanda-hernández-del-valle-36379a19b)

## **21. Agradecimientos y reconocimientos.**

A María Alejandra González-Pérez y Juan Vélez Ocampo, por su invaluable acompañamiento en la estructuración de este trabajo de grado.

A Luis Miguel Echeverri, por su guía y asesoría a lo largo de este proyecto.

A Nitrofert, por brindar las facilidades y el apoyo necesarios para el desarrollo de este trabajo.

## 22. Referencias bibliográficas.

Accenture. (2009). Only one in 10 companies actively manage their supply chain carbon footprints, Accenture study finds. Retrieved from [https://newsroom.accenture.com/article\\_display.cfm?article\\_id=4801](https://newsroom.accenture.com/article_display.cfm?article_id=4801)

Agronegocios (2023). Los fertilizantes con rumbo a ser un clúster regional junto al aumento de producción. <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-fertilizantes-con-rumbo-a-ser-un-cluster-regional-junto-al-aumento-de-produccion-3579496>

Agrosavia. (s.f.). Inicio. Agrosavia. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://www.agrosavia.co/>

Arredondo Trapero, F. G., Guerra Leal, E. M., & Kim, J. (s/f). Global Journal of Environmental Science and Management. <https://doi.org/10.22035/gjesm.2023.04.25>

Behera, P., Haldar, A., & Sethi, N. (2023). Achieving carbon neutrality target in the emerging economies: Role of renewable energy and green technology. Gondwana Research: International Geoscience Journal, 121, 16–32. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.028>

Browning, M., McFarland, J., Bistline, J., Boyd, G., Muratori, M., Binsted, M., Harris, C., Mai, T., Blanford, G., Edmonds, J., Fawcett, A. A., Kaplan, O., & Weyant, J. (2023). Net-zero CO2 by 2050 scenarios for the United States in the Energy Modeling Forum 37 study. Energy and Climate Change, 4(100104), 100104. <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2023.100104>

Calculation tools and guidance. (s/f). Ghgprotocol.org. Retrieved October 13, 2023, from <https://ghgprotocol.org/calculation-tools-and-guidance>

Cambio climático y gestión del riesgo. (2021, June 15). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/>

Caracol, A. (2023, October 12). Producción de ácido nítrico, la apuesta de Monómeros por un negocio más sostenibles. Caracol Radio. <https://caracol.com.co/2023/10/12/produccion-de-acido-nitrico-la-apuesta-de-monomeros-por-un-negocio-mas-sostenibles/>

Cat.com. (S/f-b). Retrieved May 23 2024, from [https://www.cat.com/es\\_MX/articles/ci-articulos/tecnologias-de-retroexcavadoras-cat-420f2-que-ayudan-a-tu-negocio.html#:~:text=ECO%20MODE%20%20MODO%20EC%C3%93NMICO,m%C3%A1s%20en%20gasto%20de%20combustible](https://www.cat.com/es_MX/articles/ci-articulos/tecnologias-de-retroexcavadoras-cat-420f2-que-ayudan-a-tu-negocio.html#:~:text=ECO%20MODE%20%20MODO%20EC%C3%93NMICO,m%C3%A1s%20en%20gasto%20de%20combustible).

Cenicafé. (s.f.). Inicio. Cenicafé. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://www.cenicafe.org/>

Cenicaña. (s.f.). Inicio. Cenicaña. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://www.cenicana.org/>

Cenipalma. (s.f.). Inicio. Cenipalma. Recuperado el 23 de mayo de 2024, de <https://www.cenipalma.org/>

Chenu, C., Angers, D. A., Barré, P., Derrien, D., Arrouays, D., & Balesdent, J. (2019). Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. *Soil and Tillage Research*, 188, 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.011>

Ecoinvent v3.6. (2020, August 30). Ecoinvent. Retrieved from <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/data-releases/ecoinvent-3-6/>

Falana, J., Osei-Kyei, R., & Tam, V. W. Y. (2024). Towards achieving a net zero carbon building: A review of key stakeholders and their roles in net zero carbon building whole life cycle. *Journal of Building Engineering*, 82, 108223. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108223>

Han, D., Teng, F., & Jia, R. (2023). Achieving the goal of net-zero requires both resource efficiency and efficient business management.

Jung, H., & Song, C.-K. (2023). Effects of emission trading scheme (ETS) on change rate of carbon emission. *Scientific Reports*, 13(1), 912. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28154-6>

La Declaración de Colombo llama a abordar el desafío global de la contaminación por nitrógeno. (2019, October 24). UN Environment. <https://www.unep.org/es/noticias-reportajes/comunicado-de-prensa/la-declaracion-de-colombo-llama-abordar-el-desafio>

Mattila, T. J., & Vihanto, N. (2024). Agricultural limitations to soil carbon sequestration: Plant growth, microbial activity, and carbon stabilization. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 367, 108986. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108986>

Multiport. (2023). Reporte de Importación de Fertilizantes en Colombia. <https://multiport.com.co/>

Organización Internacional de Normalización. (2020). Gases efecto invernadero. Parte 1: Especificaciones con orientación, a nivel de las organizaciones, para cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (NTC-ISO 14064-1:2020).

Pan, Z., He, P., Fan, D., Jiang, R., Song, D., Song, L., Zhou, W., & He, W. (2024). Global impact of enhanced-efficiency fertilizers on vegetable productivity and reactive nitrogen losses. *Science of the Total Environment*, 926, 172016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172016>

Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., & Swan, A. (2019). Soil C sequestration as a biological negative emission strategy. *Frontiers in Climate*, 1. <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00008>

Reducir el impacto frente al cambio climático. (2019, November 19). Yara España. <https://www.yara.es/agricultores-para-el-futuro/agricultura-sostenible/huella-de-carbono/>

Resumen para tomadores de decisiones. (s/f). E2050colombia.com. Retrieved November 5, 2023, from <https://e2050colombia.com/wp-content/uploads/2022/04/Resumen-Ejecutivo-E2050-Espanol.pdf>

Serrano-Tierz, A., Martínez Iturbe, A., Guarddon Muñoz, Ó., & Santolaya Sáenz, J. L. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231–239. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>

Gov.co. (s/f). Retrieved December 12, 2023, from [http://www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html)

Gov.co. (s/f). Retrieved November 5, 2023, from [https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC\\_Libro\\_final\\_digital-1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC_Libro_final_digital-1.pdf)

Ghgprotocol.org. (s/f). Retrieved October 22, 2023, from [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo\\_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)

Gov.co. (s/f). Retrieved November 26, 2023, from [https://www.taxonomiaverde.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC\\_CLUSTER-191401](https://www.taxonomiaverde.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC_CLUSTER-191401)

Com.co. (s/f). Retrieved December 9, 2023, from <https://www.monmeros.com.co/wp-content/uploads/2022/05/Informe-de-Sostenibilidad-2021.pdf>

La guía para la acción empresarial en los ODS. (s/f). Pactomundial.org. Retrieved December 9, 2023, from [https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2016/10/SDG\\_Compas\\_Spanish-one-pager-view.pdf](https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2016/10/SDG_Compas_Spanish-one-pager-view.pdf)

Li, W., Liu, N., & Long, Y. (2023). Assessing carbon reduction benefits of teleworking: A case study of Beijing. *The Science of the Total Environment*, 889(164262), 164262. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164262>

Ming, Y., Ningxi, G., Jiatong, Z., Zhanhan, H., Zixuan, C., Di, S., & Hongtao, Z. (2024). Enhanced-efficiency nitrogen fertilizer provides a reliable option for mitigating global warming potential in agroecosystems worldwide. *Science of the Total Environment*, 907, 168080. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168080>

Misconel, S. (2024). CO2 reduction potentials and abatement costs of renewables and flexibility options – A linear optimization approach for the German sector-coupled energy system until 2045. *Energy Strategy Reviews*, 52(101323), 101323. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101323>

Sarkis, L. F., Dutra, M. P., dos Santos, C. A., Rodrigues Alves, B. J., Urquiaga, S., & Guelfi, D. (2023). Nitrogen fertilizers technologies as a smart strategy to mitigate nitrous oxide emissions and preserve carbon and nitrogen soil stocks in a coffee crop system. *Atmospheric Environment: X*, 20, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2023.100224>

Solidaridad Network. (2022). Europa hará de la sostenibilidad una obligación: Cafeteros, a la expectativa. Retrieved from <https://solidaridadlatam.org/publications/debidadiligencia-cafe-col-portafolio/>

Sostenibilidad - NitroFert. (2023, May 10). NitroFert. Retrieved from <https://nitrofert.com.co/sostenibilidad>

Tafur, J., & Gómez, A. (2012). Estimación de la huella de carbono para los procesos de subsolado, rastro arado, surcado, aplicación de fertilización química y de herbicidas en una hectárea de cultivo de caña de azúcar. Universidad ICESI. Retrieved from [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/78105/1/tafur\\_estimacion\\_huel\\_la\\_2014.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/78105/1/tafur_estimacion_huel_la_2014.pdf)

United Nations. (2021, March 3). Climate crisis: A race we can win. United Nations. <https://www.un.org/es/un75/climate-crisis-race-we-can-win>

Vanegas, W. (2023). Estrategias para la reducción de la huella de carbono en la cadena de suministro de Nitrofert S.A.S. [Tesis de pregrado, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/13439/VanegasWilliam2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Xia, L., Hao, W., Qin, J., Ji, F., & Yue, X. (2018). Carbon emission reduction and promotion policies considering social preferences and consumers' low-carbon awareness in the cap-and-trade system. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1105–1124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.255>

Ximena, M., Villalba, L., González Garnica, J. E., Sebastián, J., Botero, G., Marelbi, J., Parra, A., Ricardo, G., Ariza, A., Andrea, C., Soto, P., Urrego, E. A., & Profesional, B. (s/f). Plan integral. Gov.co. Retrieved November 25, 2023, from <https://www.mincit.gov.co/normatividad/resoluciones/2021/plan-integral-de-gestion-del-cambio-climatico-f.aspx>

Yanez Angarita, E. (2021). Greenhouse gas mitigation strategies for the oil industry: Bottom-up system analysis on the transition of the Colombian oil production and refining sector. University of Groningen Press.

Yara.com. (s/f). Retrieved December 8, 2023, from <https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/annual-reports/2022/yara-sustainability-report-2022.pdf>

Zhang, F., Ma, X., Gao, X., Cao, H., Liu, F., Wang, J., & Wang, X. (2023). Innovative nitrogen management strategy reduced N<sub>2</sub>O emission while maintaining high pepper yield in subtropical condition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 354, Article 108565. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108565>

## **23. Apéndices**

- Anexo 1 - Datos medición de carbono, se incluyen los datos asociados a: Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3.
- Anexo 2 – Cuantificación de estrategias de reducción de emisiones