

**Estimación de la huella de carbono en el transporte de cacao en la Compañía  
Nacional de Chocolates**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental**

**María Camila Patiño Florez**

**Asesor  
Álvaro Arango Ruiz**

**Unilasallista Corporación Universitaria.  
Facultad de Ingenierías  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Caldas-Antioquia  
2023**

## Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>9</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>10</b>
<b>Objetivo .....</b>	<b>12</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>Marco de referencia.....</b>	<b>13</b>
- <b>Huella de carbono .....</b>	<b>13</b>
- <b>Alcances en la Huella de carbono .....</b>	<b>13</b>
<i>Emisiones directas (Alcance 1).....</i>	<i>14</i>
<i>Emisiones directas (Alcance 2).....</i>	<i>14</i>
<i>Emisiones indirectas (Alcance 3).....</i>	<i>14</i>
- <b>Metodologías empleadas para la estimación de emisiones de GEI .....</b>	<b>15</b>
- <b>Cambio climático y su relación con el sector de transporte .....</b>	<b>17</b>
- <b>Transporte de carga terrestre en Colombia.....</b>	<b>18</b>
<b>Metodología y resultados .....</b>	<b>20</b>
- <b>Metodología para el cálculo de las emisiones GEI en Compañía Nacional de Chocolates.....</b>	<b>20</b>
- <b>Recolección de datos.....</b>	<b>20</b>
- <b>Estimación de emisiones de <i>CO2</i> .....</b>	<b>22</b>
- <b>Estimación de emisiones de <i>CH4</i> y <i>N2O</i>.....</b>	<b>23</b>
- <b>Selección de los factores de emisión de GEI.....</b>	<b>24</b>
- <b>Factores de Emisión para Combustibles en Colombia .....</b>	<b>25</b>
- <b>Factores de emisión de Metano y Óxido Nitroso para transporte de carga ...</b>	<b>26</b>
- <b>Potenciales de calentamiento global .....</b>	<b>27</b>
- <b>Resultados obtenidos para la huella de carbono .....</b>	<b>28</b>
- <b>Metodología para el diagnóstico del transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates .....</b>	<b>29</b>
- <b>Análisis de resultados .....</b>	<b>36</b>
- <b>Conclusiones.....</b>	<b>37</b>
- <b>Recomendaciones .....</b>	<b>38</b>
- <b>Referencias.....</b>	<b>40</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Rendimiento teórico y capacidad máxima de carga por tipo de vehículo .....	22
Tabla 2. Factores de emisión de CO2 para biocombustibles en Colombia en el año 2020 .....	26
Tabla 3. Factores de emisión CO2 para transporte de carga terrestre (GHG Protocol)....	27
Tabla 4 .Emisiones de GEI transporte de cacao en Compañía Nacional de Chocolates ..	29
Tabla 5. Cantidad de combustible y tipo de combustible consumido para el transporte de cacao .....	29

## **Lista de figuras**

Figura 1. Factores de potencial de calentamiento global .....	28
Figura 2. Porcentaje de planeación de rutas.....	31
Figura 3. Porcentaje de cumplimiento de aspectos del cronograma. ....	33
Figura 4. Porcentaje de implementación de metodologías para medir huella de carbono	34
Figura 5. Porcentaje de formación en conducción eficiente .....	34

**Lista de ecuaciones**

Ecuación 1. Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	22
Ecuación 2. Estimación de emisiones de N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> .....	23

## Resumen

En este trabajo de grado se presenta una estimación de la huella de carbono para el transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates entre enero y octubre del año 2022, teniendo en cuenta la emisión de gases como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso pero reportando el valor total en  $tCO_2e$ . Cabe resaltar que la compañía no cuenta con flota propia para este proceso, por lo que contrata a diferentes empresas para este servicio que se presta en diferentes partes del país. Por lo que también se realiza el análisis de las condiciones actuales de estas empresas transportadoras de Cacao tercerizadas por la compañía, en cuanto a temas de logística, uso de tecnologías, buenas prácticas ambientales, capacitaciones, estrategias de sostenibilidad y transporte limpio, con el fin de generar un diagnóstico y una línea base para implementar estrategias que permitan reducir las emisiones generadas, mejorar el desempeño ambiental de la organización y aportar a la visión y compromiso de sostenibilidad definida por Grupo Nutresa y Compañía Nacional de Chocolates.

## Introducción

En la actualidad uno de los desafíos o retos más relevantes en temas ambientales es la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se dan por diferentes actividades antrópicas, incidiendo de manera directa en el aumento de la temperatura del planeta o lo que llamamos calentamiento global, el cual se refiere a “los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos” lo que trae consigo consecuencias como inundaciones, deslizamientos, sequías extremas, alteraciones en los regímenes de lluvias y ecosistemas naturales, aumento del nivel del mar, entre otros que afectan en gran proporción a toda la sociedad y seres vivos (Naciones Unidas, s.f.).

Uno de los sectores que aporta considerablemente a esta problemática y que aumenta más rápido sus emisiones de GEI es el sector del transporte. Para el caso de transporte de carga por carretera, los vehículos empleados funcionan con motores de combustión que utilizan hidrocarburos como gasolina y Diésel, en este proceso se liberan gases como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), entre otros contaminantes peligrosos que impactan negativamente a la salud de las personas y al medio ambiente.

Colombia es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático y sus efectos podrían generar grandes pérdidas económicas, por esto desde las directrices nacionales se han generado normativas y lineamientos para reducir las “emisiones de GEI en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el 2030” (Ministerio de medio ambiente, s.f.). Lo cual hace necesario que el sector continúe buscando y aplicando alternativas más verdes o sostenibles que permita reducir, mitigar o compensar estas emisiones a lo largo del ciclo de vida del transporte de carga terrestre. Una herramienta importante para lograr esto es la medición de la huella de carbono, que

se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero emitidos por una empresa, evento o actividad, dándose en términos de  $CO_2e$  . Este es un indicador ambiental que permite la cuantificación de emisiones de  $CO_2$  y sirve de guía para conocer las actividades críticas y definir las medidas o estrategias de reducción que sean más adecuadas, eficaces y que impacten positivamente al medio ambiente.



## **Planteamiento del problema**

El transporte de carga terrestre en Colombia representa según el inventario de gases de efecto invernadero un 14% de las emisiones de GEI, aunque el gobierno nacional fijó una ambiciosa meta de reducción de emisiones del 51% para el 2030, según los análisis las emisiones siguen en aumento.

Por lo anterior es importante emprender acciones que permitan reducir estas emisiones, para lo cual es necesario realizar la medición de huella de carbono y un diagnóstico de la situación actual del transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates y definir las estrategias que mejor se adapten a la operación y que puedan generar ahorros significativos en la contribución de estas emisiones.

## **Justificación**

Las emisiones de dióxido de carbono del sector transporte procedentes de la combustión de combustibles fósiles contribuyen significativamente a la problemática actual del cambio climático el cual “representa no solo una problemática ambiental, sino también un problema de desarrollo, con grandes impactos potenciales en la sociedad y la economía; todo esto por los alcances y consecuencias de las actividades que lo originan; de ahí la importancia de implementar acciones de mitigación del cambio climático, orientadas a reducir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera (Yepes Cristancho, 2015).

Para la Compañía Nacional de Chocolates cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero derivadas del transporte de materias primas en este caso el cacao, es de vital importancia para conocer y analizar el impacto asociado a estas actividades logísticas y crear estrategias y mecanismos que permitan mejorar las condiciones actuales de operación y así disminuir las emisiones de GEI y mejorar su desempeño y compromiso ambiental.

Además de los beneficios ambientales frente al cambio climático, las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero también afecta directamente la salud de las personas por lo que todo esfuerzo que se haga para disminuir esta contaminación impactará positivamente en el ámbito social, así como en el ámbito económico ya que permite la reducción de gastos y optimización de costos lo que a su vez contribuye al mejoramiento de la imagen corporativa de la compañía. Lo anterior es de vital importancia y va alineado con los propósitos y metas de sostenibilidad la compañía, aportando mucho valor a la visión definida por grupo Nutresa a la cual pertenece la Compañía Nacional de Chocolates, pues está soportada en un marco de desarrollo sostenible que se enmarca en tres dimensiones: impulsa la cooperación con las personas, los

aliados y la sociedad; fomenta la preservación del planeta; y promueve la inspiración al crecimiento, el desarrollo y la innovación (Grupo Nutresa, 2022). Es importante tener en cuenta que Grupo Nutresa ya cuenta con la medición de la huella de carbono del transporte de los productos desde las empresas al consumidor final, por lo que este trabajo se enfoca en el alcance 3 para conocer las emisiones generadas por el transporte de la materia prima más importante para la compañía que es el cacao. Por lo anterior, los cálculos realizados se ejecutaron siguiendo unos lineamientos definidos por el grupo para este tipo de casos y la información requerida fue suministrada por colaboradores del área de logística de Nacional de Chocolates. Este trabajo además de entregar datos matemáticos de las emisiones generadas, se enfoca en conocer y establecer un diagnóstico básico de las empresas contratistas que presentan el servicio de transporte de cacao a la compañía, esto permitirá determinar los aspectos más significativos e identificar oportunidades de mejora, para definir y proponer de una forma más asertiva, buenas prácticas y recomendaciones para que se trabaje de manera conjunta en la reducción de la huella y mejoramiento del desempeño ambiental de la organización.

## **Objetivo**

### **Objetivo general**

Estimar la huella de carbono en el transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del transporte de Cacao.
- Determinar la huella de carbono generada en el transporte de cacao.
- Proponer buenas prácticas que ayuden a reducir la huella de carbono en el transporte de cacao.

## Marco de referencia

### - **Huella de carbono**

La huella de carbono hace referencia a la medición o cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas de manera directa o indirecta ya sea por una actividad, empresa, persona, producto o evento. Esta se representa en términos de CO2 equivalente y se puede calcular dependiendo del enfoque o alcance que se quiera.

En una organización la huella de carbono es -un indicador ambiental que permite analizar la generación de emisiones y las posibles acciones que se pueden ejecutar -para su reducción, mejorando así el desempeño ambiental (Ministerio de medio ambiente, s.f.).

### - **Alcances en la Huella de carbono**

La huella de carbono se determina según como se dividen las emisiones, se pueden clasificar según el -alcance 1, 2 y 3, que a su vez se puede categorizar como emisiones directas o indirectas.

### ***Emisiones directas (Alcance 1)***

Son emisiones que se generan directamente por la operación de la empresa, entre las cuales se pueden encontrar actividades como producción de calor, energía o vapor, combustión en calderas, hornos, transporte de vehículos propios, emisiones fugitivas como fugas de aire acondicionado, entre otras.

### ***Emisiones directas (Alcance 2)***

Estas emisiones son dadas en la empresa, pero su fuente de generación está controlada por otra organización, como por ejemplo las actividades de compra de energía, vapor, agua de enfriamiento, electricidad, entre otras.

### ***Emisiones indirectas (Alcance 3)***

Estas emisiones son efecto de las actividades propias de la empresa pero su fuente de generación y su control es de otra organización por lo que suelen estar relacionadas con la cadena de valor de la organización, como por ejemplo transporte de productos, viajes por medios externos, operaciones logísticas prestadas por terceros, entre otros (Compañía de Galletas Noel, 2017).

Estas a su vez se pueden clasificar en:

- **Emisiones corriente arriba:** Son las emisiones derivadas de las actividades desde el inicio del ciclo de vida, es decir desde la extracción de materias primas, su transporte y distribución, entre otras.

- **Emisiones corriente abajo:** Estas se asocian a las emisiones generadas de las actividades de la empresa cuando termina el proceso productivo o ciclo de vida, por lo que se clasifican como emisiones indirectas.

#### - **Metodologías empleadas para la estimación de emisiones de GEI**

La estimación de emisiones de GEI se puede realizar empleando las siguientes metodologías:

1. **Medición directa:** Esta se puede realizar empleando un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) donde se monitorea la concentración de GEI y su velocidad de flujo.
2. **Cálculo estequiométrico:** “En esta se realiza un balance de masa donde se debe conservar la proporción estequiometría de los elementos que entran y salen del sistema” (Compañía de Galletas Noel, 2017).
3. **Estimación de emisiones:** En esta metodología se usan los datos propios de la empresa como el registro de consumo de combustibles y se multiplica por el factor de emisión asociado a este.

También es importante tener en cuenta las normas y metodologías de mayor reconocimiento internacional entre las que se encuentran las siguientes;

- **Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol).** Desarrollado por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible). Este protocolo es uno de los más empleados a escala internacional para gestionar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero.

- UNE-ISO 14064-1. Es un estándar internacional que especifica los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI a nivel de organizaciones y establece las bases para acreditar y -garantizar los cálculos empleados. Esta norma se divide en tres partes, donde se hace referencia -a proyectos sobre GEI específicamente diseñados para reducir las emisiones de GEI o aumentar la remoción de GEI (ISO 14064-2) y, por otro lado, a la validación y la verificación de los GEI declarados (ISO 14064-3).
- UNE-ISO 14065: 2012. Presenta los requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento.
- UNE-ISO 14069: 2013. Sirve para realizar la cuantificación e informe de GEI para organizaciones. Constituye la guía para la aplicación de la ISO 14064-1.
- IPCC 2006 GHG Workbook. Es una guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, también incluye una lista de factores de emisión. Esta guía se creó para ayudar y servir de orientación para cuantificar las emisiones de GEI de los inventarios nacionales, pero puede ser de gran utilidad a la hora de calcular la huella de carbono de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el IPCC 2006 GHG Workbook proporciona factores de emisión genéricos que pueden servir para calcular la huella de carbono de una organización.



## - **Cambio climático y su relación con el sector de transporte**

El sector transporte tiene una participación importante en el total de emisiones de GEI que genera Colombia, esto debido a que sus fuentes energéticas se basan en el consumo de combustibles fósiles lo que genera emisiones de diferentes tipos de gases que aceleran el efecto invernadero y contribuye al aumento del cambio climático.

A nivel internacional este sector es el segundo con mayores emisiones globales de GEI con un aporte de 23% del total. En Colombia según el inventario de gases de efecto invernadero presentado por el IDEAM este sector aporta aproximadamente el 12,1% del total de las emisiones, esto nos indica que no es el mayor contaminante, pero es un sector que tiende a incrementar sus emisiones de manera más acelerada. En la actualidad, el desarrollo económico y social está ligado a la explotación y quema de combustibles fósiles, esto trae consigo impactos negativos tanto al medio ambiente como a la salud de las personas, pues cerca de 4 millones de habitantes pierden la vida a nivel mundial a causa de enfermedades generadas por la contaminación atmosférica (ANDI, 2013).

Este sector tiene un alto potencial para aportar a la reducción de GEI, por lo que desde el gobierno Colombiano se han planteado acciones y estrategias entre las cuales se encuentra consolidar la intermodalidad, garantizar la transición energética y masificar la movilidad sostenible lo que busca contribuir al cumplimiento de la meta que consiste en alcanzar una reducción del 51% de GEI al año 2030 y lograr sí mismo una mayor eficiencia en el transporte de carga, llevando a un desarrollo económico con bajas emisiones (Ministerio de transporte, 2021).

## - Transporte de carga terrestre en Colombia

El transporte de carga es un elemento prescindible para el desarrollo económico en distintos sectores en la economía, de acuerdo con el DANE, para el año 2021, el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia creció 10,7% y el sector transporte creció 17,4% contribuyendo con el 0,8%, siendo uno de los sectores que más ha contribuido al crecimiento y la aceleración económica, además en temas de competitividad es fundamental pues este sector conecta las diferentes relaciones comerciales entre productores, comerciantes y consumidores (Ministerio de transporte, 2022).

En Colombia se moviliza más del 70% de la carga por medio de transporte terrestre y según los estudios realizados en el país aproximadamente el 58% de los camiones, el 40% de los tracto camiones son modelos anteriores al 2002 y la flota de camiones con una edad menor a cinco años suma solo el 20%. Esto indica que hay una gran necesidad de modernizar el parque automotor pues generaría beneficios —tanto económicos por la operación logística más eficientes, y ambientales por la disminución de las emisiones de GEI (Ministerio de transporte, 2022).

En cuanto al transporte de cacao en Colombia se pueden identificar dos vías principales utilizadas por las principales industrias nacionales: Casa Luker y la Compañía Nacional de Chocolates. Las vías de mayor uso para Nacional de Chocolates se concentran en la zona central y noroeste del país, donde se presenta un nivel de riesgo climático medio por la remoción de masa debido a las altas pendientes de las zonas aledañas a las carreteras principales y las coberturas que favorecen los deslizamientos en la temporada de lluvias.

La infraestructura para el transporte por carretera es muy importante pues esto permite el diseño eficiente de rutas y ahorro de combustibles y demás costos, pero actualmente las condiciones no son las mejores, ya que las principales ciudades se encuentran al interior del país y la topografía tan compleja, vías angostas y en mal estado aumentan los tiempos, costos y distancias que deben recorrer los transportadores. Por otra parte, el consumo de combustibles como el diésel ha venido en aumento para el transporte de carga y el mejoramiento de la infraestructura de estaciones de gas natural también ha fomentado su consumo, sin embargo el consumo de gasolina se prevé aumente hasta un 65% para el año 2030. Esto representa el aumento de las problemáticas ambientales por la contaminación de material particulado y emisiones de GEI liberadas a la atmosfera y genera efectos como el smog, enfermedades cardio respiratorias asociadas a contaminantes tóxicos en el aire y por supuesto contribuye al cambio climático.

## Metodología y resultados

### - Metodología para el cálculo de las emisiones GEI en Compañía Nacional de Chocolates.

Para el transporte de carga terrestre en este caso el cacao que es la materia prima más importante para la Compañía Nacional de Chocolates, la huella de carbono se asocia directamente a las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles de los vehículos. Por lo que estas emisiones deben ser calculadas según el consumo de combustible asociado a las rutas, tipo de vehículos y pesos de la carga. Y en caso de no poder obtener estos datos, se puede calcular la huella usando las distancias recorridas y carga transportada teniendo en cuenta los factores de emisión internacionales reportados para este sector.

Considerando varios escenarios de disponibilidad y calidad de información se define el siguiente procedimiento para el cálculo de la huella:

#### - Recolección de datos

En la Compañía Nacional de Chocolates, todos los datos para el cálculo fueron extraídos de (SAP). Estos datos se recopilan en una plantilla diseñada por la compañía que contiene la siguiente información:

- **Negocio:** Nombre del negocio que reporta los datos.
- **Número de transporte:** Es el consecutivo numérico único de cada transporte realizado.
- **Tipo de transporte:** transporte primario o secundario.
- **Nit de la transportadora:** NIT de la empresa transportadora.

- **Fecha en la que se realizó el viaje:** día/mes/año en el que se realizó el viaje.
- **Tipo de producto transportado:** Producto seco, refrigerado o congelado.
- **Departamento de origen, ciudad de origen:** Departamento y la ciudad de donde sale el transporte.
- **Departamento de destino, ciudad de destino:** Ciudad y el departamento a donde llega el transporte.
- **Distancia recorrida por viaje:** Es la distancia en kilómetros que recorrió el vehículo para llegar de la ciudad de origen a la ciudad de destino.
- **Peso de la carga:** Peso en kilogramos de la carga bruta que se transporta en el viaje. Se entiende por carga bruta el peso del producto terminado empacado más el peso del contenedor de embalaje (si aplica).
- **Tipo de vehículo:** Tipo de vehículo que realiza el viaje. Las opciones definidas para este cálculo se muestran en la Tabla 1.
- **Tipo de combustible:** Tipo de combustible que usa el vehículo. Las tres opciones son: diésel, gasolina y gas natural. (ACPM es equivalente a diésel). Para el caso de los vehículos eléctricos, se reporta el consumo de kW realizado.
- **Cantidad de combustible por viaje:** Cantidad de combustible consumida por viaje según informe de Terpel para flota propia y estimada por rendimiento y kilometraje para flota tercerizada.
- **Rendimiento por viaje:** Rendimiento del vehículo según Tabla 2.
- **Placa:** Placa del vehículo que realiza el viaje.
- **Tipo de flota:** Flota propia o Tercerizada.

En la tabla 1. Se presentan los valores de rendimientos teóricos y la capacidad máxima de carga de los vehículos de carga que se usaron para los cálculos.

*Tabla 1. Rendimiento teórico y capacidad máxima de carga por tipo de vehículo*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Rendimiento (km/gal)</b>	<b>Capacidad máx. de carga (ton)</b>
Doble troque	12	17
Sencillo	14	8,5
Tracto mula	7,5	35

#### - Estimación de emisiones de $CO_2$

El IPCC habla de que “La mejor forma de calcular las emisiones de  $CO_2$  es sobre la base de la cantidad y el tipo de combustible quemado”. Para combustión en fuentes móviles puede calcularse en dos niveles de profundidad, nivel 1 cuando hay poca disponibilidad de datos y un nivel 2 con buena disponibilidad de datos.

El método de Nivel 1 calcula las emisiones de  $CO_2$  multiplicando el combustible estimado que se compra, con un factor de emisión de  $CO_2$ , como se muestra en la Ecuación 1. Para las emisiones directas por uso de combustibles se utilizan los valores de consumo de combustible y se multiplican por su respectivo factor de emisión.

*Ecuación 1. Estimación de emisiones de  $CO_2$*

$$CO_2 = \sum (combustible_a \times EF_a)$$

Dónde:

- $CO_2$  = emisión de dióxido de carbono (kg)
- Combustible = cantidad de combustible en unidades de galones para líquidos y metros cúbicos para gases.
- EF= factor de emisión de  $CO_2$  (kg  $CO_2$ /gal o  $m^3$ ).
- “a” = tipo de combustible “a” (por ejemplo, diésel, gasolina, gas natural, GLP)

#### - Estimación de emisiones de $CH_4$ y $N_2O$

Según el mismo IPCC, Las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  son más difíciles de estimar con exactitud que las del  $CO_2$  porque los factores de emisión dependen de la tecnología del vehículo, del combustible y de las condiciones de uso. Las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  se ven significativamente afectadas por la distribución de los controles de emisión de la flota (Compañía de Galletas Noel, 2017).

Por lo que en este estudio se tuvo en cuenta las distancias de los trayectos y el tipo de vehículo utilizado en cada ruta, lo que permite calcular las emisiones de  $CH_4$  y  $N_2O$  asociadas al transporte, con base en la distancia recorrida y el tipo de vehículo como se muestra a continuación en la Ecuación 2.

$$N_2O = Distancia \times EF_{N_2O}$$

$$CH_4 = Distancia \times EF_{CH_4}$$

*Ecuación 2. Estimación de emisiones de  $N_2O$  y  $CH_4$*

Donde:

- $N_2O$  = emisión de óxido nitroso (g)
- $CH_4$  = emisión de metano (g)
- EF  $N_2O$  = Factor de emisión del óxido nitroso (g/km)
- EF  $CH_4$  = Factor de emisión del metano (g/km)
- Distancia = distancia recorrida por el vehículo (km)

En el transporte de cacao para la Compañía Nacional de Chocolates no es necesario vehículos con sistemas de refrigeración (thermoking) por lo que para este caso no se calculan las emisiones de fugas de gases refrigerantes.

#### - Selección de los factores de emisión de GEI

Para los cálculos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero deben utilizarse factores de emisión que permitan cuantificar las emisiones asociadas a los diferentes procesos directos como la combustión, o la fuga de gases refrigerantes como los hidrofluorocarbonos (HCFC). A continuación, se describen los factores de emisión y los factores de potencial de calentamientos globales utilizados en los cálculos, categorizados como:

- Factores de emisión para combustibles en Colombia- FECOC-UPME, 2016
- Factores de emisión internacionales para transporte de carga – GHG 2017
- Factores de Potencial de Calentamiento Global – IPCC AR5 2013



A continuación, se describen los factores de emisión y los factores de potencial de calentamiento global utilizados para la realización de los cálculos.

#### - Factores de Emisión para Combustibles en Colombia

La Unidad de Planeación Minero Energética-UPME, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía de Colombia, es la encargada de realizar la planeación del desarrollo sostenible de los sectores de minas y energía en Colombia, para la formulación de las políticas de estado y la toma de decisiones en beneficio del país, mediante el procesamiento y el análisis de información. En su portal web, se incluye el Sistema de Información Minero Energético Colombiano (SIMEC), el que a su vez presenta el módulo Sistema de Información Ambiental Minero Energético (SIAME). El SIAME, publica los Factores de Emisión para Combustibles en Colombia (FECOC) para las emisiones de  $CO_2$ .

Se utilizan los factores de  $CH_4$  y  $N_2O$  para cada combustible según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC. Los factores de emisión de  $CO_2$  para combustibles se muestran en la Tabla 2.

Asimismo, se muestran los factores de emisión para biocombustibles: para Colombia se tiene establecida una mezcla de 10% de biocombustibles para ACPM y 8% para gasolina, en la mayoría de los departamentos del país.

Tabla 2. Factores de emisión de CO2 para biocombustibles en Colombia en el año 2020

Combustible	kg CO2 /TJ (FECO C)	kg CH4 /TJ (IPC C)	kg N2O/ TJ (IPCC )	Poder Calorífico Inf MJ/kg	Densidad kg/L	kgCO2/ [Den]	kgCH4 / [Den]	kgN2O / [Den]	kgCO2 Bio/ [Den]	kgCO2 e/ [Den]	[Den]
Biodiesel palma	54.806	10	0,6	37,91	0,8751	6,88	1,26E-03	7,53E-05		6,94	gal
Etanol Anhidro	84.758	10	0,6	22,48	0,8208	5,92	6,98E-04	4,19E-05		5,95	gal
Gasolina Motor	69.324	10	0,6	45,33	0,7405	8,81	1,27E-03	7,62E-05		8,86	gal
Diésel B2	74.193	10	0,6	42,42	0,8519	10,15	1,37E-03	8,21E-05		10,21	gal
Gasolina E8*					0,7469	8,1	1,22E-03	7,35E-05	4,74E+00	8,16	gal
Gasolina					0,7257	7,93	1,21E-03	7,28E-05	5,92E+00	7,98	gal
Electricidad						0,13	0,00E+00	0,00E+00		0,13	kwh
Diésel B8**					0,8538	9,34	1,36E-03	8,15E-05	5,51E+00	9,4	gal
Diésel B10**					0,8542	9,13	1,36E-03	8,14E-05	6,88E+00	9,19	gal
DIESEL					0,8542	9,13	1,36E-03	8,14E-05	6,88E+00	9,19	gal
Gas natural	55.539	5	0,1	35,65		1,98	1,78E-04	3,57E-06	1	1,99	m3

Fuente: UPME 2016, Calculadora factores de emisión para combustibles colombianos

#### - Factores de emisión de Metano y Óxido Nitroso para transporte de carga

En la Tabla 3. Se presentan los factores de emisión de  $CH_4$  y  $N_2O$  utilizados para el transporte de carga con combustible diésel ya que con gasolina no se realizaron viajes. Los factores tienen en cuenta el tipo de vehículo utilizado, el tipo de combustible y la distancia recorrida. Están dados en unidades de gramos del GEI por cada kilómetro recorrido.

Tabla 3. Factores de emisión CO<sub>2</sub> para transporte de carga terrestre (GHG Protocol)

Tipo de vehículo	Rendimiento teórico	Peso (ton)	Clasificación	gCH <sub>4</sub> /km	gN <sub>2</sub> O/km
Tracto mula	7,5	32	Heavy Duty Vehicle - Articulated - Diesel - Year 1960-present	3,17,E-03	2,98,E-03
Sencillo	14	8,5	Heavy Duty Vehicle - Rigid - Diesel - Year 1960-present	3,17,E-03	2,98,E-03
Doble troque	12	17	Heavy Duty Vehicle - Articulated - Diesel - Year 1960-present	3,17,E-03	2,98,E-03

Fuente: Emission Factors from Cross Sector Tools (Marzo 2017) GHG PROTOCOL

#### - Potenciales de calentamiento global

El potencial de calentamiento global (Global Warming Potential - GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono como gas de referencia. Estos son considerados para períodos de 20, 100 o 500 años, siendo 100 años el valor más utilizado con el objetivo de cuantificar los diferentes gases y llevarlos a un equivalente en términos de CO<sub>2</sub> (Compañía de Galletas Noel, 2017).

Para esto, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) evalúa periódicamente los efectos de los diferentes gases en la atmósfera y actualiza estos valores en sus reportes de evaluación.

Los GEI son los siete gases listados en el Protocolo de Kioto: Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), Metano ( $CH_4$ ), Óxido Nitroso ( $N_2O$ ), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs), Hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ) y Tricloruro de nitrógeno ( $NF_3$ ).

En la imagen 1. Se resumen los factores de Potencial de Calentamiento Global. IPCC 2013.

Nombre común industrial	Fórmula química	Potencial de Calentamiento Global para 100 años
Dióxido de carbono	$CO_2$	1
Metano	$CH_4$	28
Óxido Nitroso	$N_2O$	265
<b>HIDROFLUOROCARBONOS HFC</b>		
HFC-134 a	$CH_2FCF_3$	1.300
HFC-32	$CH_2F_2$	677
HFC-125	$CHF_2CF_3$	3.170
HFC-143 a	$CH_3CF_3$	4.800
R-507	calculado	3.985
R-410 a	calculado	1.923,5
R-404 a	calculado	3.942,8
<b>SUSTANCIAS CONTROLADAS POR PROTOCOLO DE MONTREAL</b>		
R-407C	calculado	1.624,21
CFC-12	$CCl_2F_2$	10.200
CFC-115	$CClF_2CF_3$	7.670
HCFC-22	$CHClF_2$	1.760
R-502	calculado	4.715
R-409 a	calculado	1.484,75
R-141 B	HCFC-141b	782
R-413 a	Calculado	1.945,12

*Figura 1. Factores de potencial de calentamiento global*

Fuente: IPCC 2013

#### - Resultados obtenidos para la huella de carbono

Aplicando el procedimiento descrito anteriormente se determinó la huella de carbono con los datos proporcionados por la compañía para el mes de enero a octubre del año 2022, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 4 .Emisiones de GEI transporte de cacao en Compañía Nacional de Chocolates*

<b>Mes</b>	<b>#Viajes</b>	<b>tCO<sub>2</sub></b>	<b>tCH<sub>4</sub></b>	<b>tN<sub>2</sub>O</b>	<b>tco<sub>2</sub>e</b>
Enero	80	30,92	4,40E-04	2,48E-04	31,007
Febrero	80	28,367	3,75E-04	2,12E-04	28,446
Marzo	90	31,056	4,49E-04	2,55E-04	31,141
Abril	67	19,454	2,69E-04	1,55E-04	19,509
Mayo	95	37,319	4,79E-04	2,73E-04	37,423
Junio	95	59,472	5,29E-04	3,01E-04	59,632
Julio	85	29,571	4,41E-04	2,49E-04	29,650
Agosto	79	29,580	4,44E-04	2,53E-04	29,659
Septiembre	63	24,700	4,08E-04	2,27E-04	24,772
Octubre	73	25,563	4,06E-04	2,28E-04	25,635
<b>Total general</b>	<b>807</b>	<b>316,002</b>	<b>0,00424</b>	<b>0,002401</b>	<b>316,874</b>

El total de gasolina, diésel y gas natural vehicular consumido en la operación logística se muestra en la siguiente tabla;

*Tabla 5. Cantidad de combustible y tipo de combustible consumido para el transporte de cacao*

<b>Combustible</b>	<b>Cantidad</b>
Gas natural (m3)	2238,35
Diésel (gal)	2841,72
Gasolina (gal)	0

#### **- Metodología para el diagnóstico del transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates**

Para la compañía la operación logística de transporte de cacao se da entre 7 puntos de compra satélite o regionales las cuales son; Barranquilla, Valledupar, Bucaramanga, Guayabal,

Ibagué, Huila, Cali, allí los productores llevan los bultos de cacao para su compra y almacenamiento temporal, posteriormente son recogidos por empresas terceras para ser transportados hasta las bodegas o fábrica planta Rionegro y Bogotá. Es en este transporte regional o bodega a fábrica donde se enfoca el cálculo de la huella y el análisis de las condiciones del transporte.

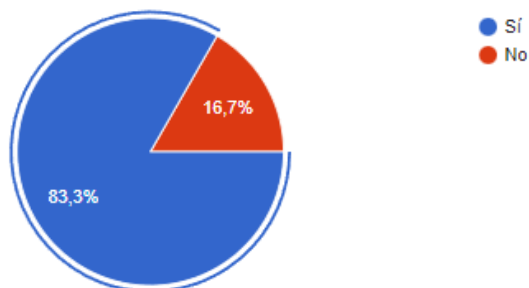
Las empresas que prestan el servicio de transporte de cacao son:

- Servinaltra
- Ditransa
- Rentingcolombia
- JItransportes
- Marcasydistribuciones
- Impocoma
- Logicoexpertos
- Fenixcarga
- Opperar

Para conocer algunos aspectos sobre su operación logística y buenas prácticas ambientales que se implementen en cuanto al transporte, se estructuró una encuesta la cual fue enviada a los contactos establecidos para cada empresa y fue respondida por 6 de las 9 compañías, obteniendo los siguientes resultados:

- **Preguntas:**

**1. ¿Se planea adecuadamente la realización de las rutas de distribución o de viajes?**



*Figura 2. Porcentaje de planeación de rutas*

**2. ¿Se cuenta con una herramienta digital o software para la optimización de rutas? ¿Cuál?**

4 empresas cuentan con un software entre los cuales están Cavi, Roadnet, Siguieme cuatro, Silogtran. La compañía Renting no lo aplica ya que su operación es solo rentar vehículos y no realiza ningún tipo de acompañamiento o revisión del manejo de este y la compañía Ditransa, se apoya por medio de Google Maps y los GPS que tienen cada vehículo.

**3. ¿Se realiza seguimiento en la conducción de las rutas para monitorear las velocidades alcanzadas, las conductas riesgosas en carretera y los tiempos de conducción?**

Para esta pregunta el 100% respondió que si realiza seguimiento, apoyándose con las herramientas digitales mencionadas en la pregunta anterior o activando alertas o alarmas definidas para cada caso.

**4. Se ha implementado el uso de tecnologías satélites, ¿teléfono, GPS y servicios de datos? ¿Cuál?**

El 100% indicó que si ha implementado algún tipo de tecnologías entre las que se encuentran; Grupo Mueve (CAVI), paquetes de telemetría, GPS, SATRACK, termocuplas y georreferenciación.

**5. ¿Se han implementado mejoras en la eficiencia de consumo de combustible de los vehículos? ¿Cuál?**

Todas las respuestas fueron positivas, entre las mejoras aplicadas por las empresas se encuentran; tener vehículos nuevos los cuales cuentan con la tecnología Euro IV para una baja emisiones de gases que solo se logra con diésel de bajo azufre, para obtener mejores resultados y proteger el medio ambiente, nuevas tecnologías en los motores, vehículos eléctricos, híbridos, dedicados GVN, renovación de flota propia, con las últimas tecnologías en Colombia en motores Diésel (Euro V), vehículos que utilizan AdBlue, un catalizador para aumentar la eficiencia y disminuir las emisiones, implementar control check-in preoperativo y una encuesta semestral donde se pregunta por los mantenimientos realizados a los carros y sistema ELS.

**6. ¿Se cuenta con vehículos con combustibles alternativos como gas, híbridos o eléctricos para la operación a Nacional de Chocolates? ¿Sí? ¿Cuál?**

El 99% de las respuestas fueron negativas, solo la empresa Ditransa indicó que en su flota si cuenta con vehículos a gas, pero no son exclusivos de la operación de Nacional de chocolates.



## 7. ¿Se tiene establecido un cronograma de mantenimiento preventivo para los vehículos?

Las 6 respuestas fueron afirmativas, 2 de las empresas usan el sistema Cloud Fleet, y solo una indica que tiene cronograma mensual sobre la flota propia.

## 8. Se tiene incluido en el cronograma la revisión de los siguientes aspectos:

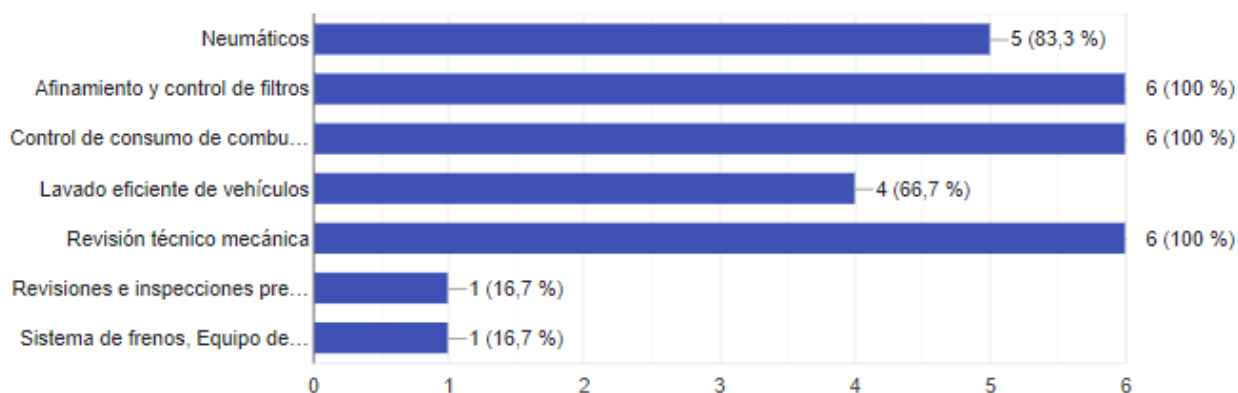
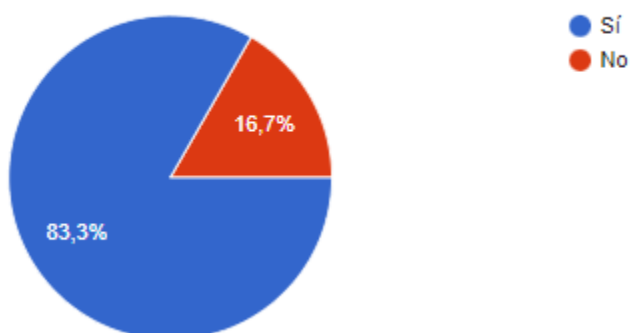


Figura 3. Porcentaje de cumplimiento de aspectos -del cronograma.

## 9. ¿La empresa tiene programas de formación / capacitación en temas de gestión ambiental para los conductores? ¿Sí? ¿Cuáles?

Para esta pregunta 4 de las 6 empresas respondieron de manera positiva indicando temas como, cálculo de la huella de carbono, reforestación de bosques, Derrame de líquidos y accidentes de tránsito, riesgo químico (ficha de seguridad- envasado, etiquetado), aspectos ambientales y sus impactos. Solo una de las empresas indicó que realiza una formación de eco conducción y los conductores de transporte primario están recibiendo formación de transporte limpio y 2 de las empresas indicaron que no realizan ningún tipo de capacitación ambiental.

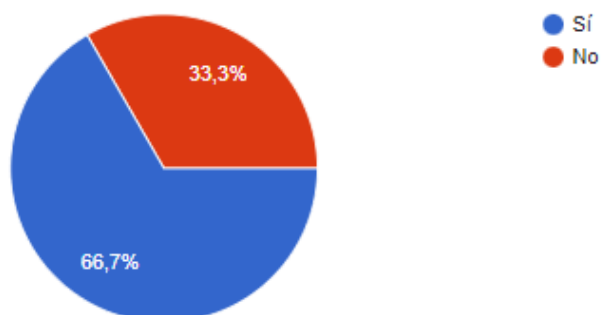
**10. ¿Se han adoptado metodologías para la medición de la huella de carbono en el transporte?**



*Figura 4. Porcentaje de implementación de metodologías para medir huella de carbono*

5 de las 6 empresas indicaron que si han realizado medición de la huella de carbono.

**11. ¿Se ha formado a los conductores en conducción eficiente?**



*Figura 5. Porcentaje de formación en conducción eficiente*

Para este caso 4 de las 6 empresas indicaron que si han realizado formación en conducción eficiente.

## **12. ¿Se tienen establecido prácticas de conducción eficiente? ¿Cuáles?**

En esta pregunta 3 empresas FENIX CARGA LOGISTICA, Impocoma y Opperar respondieron afirmativamente indicando que han trabajado -en este tema con la empresa Movilidad con sentido en temas referentes a la accidentalidad, uso responsable de la velocidad, y al manejo adecuado en carretera. Y adicional en temas de arranque y puesta en marcha, utilización correcta del cambio,

según las revoluciones y su velocidad, velocidad de circulación, paradas durante la marcha, tramos con pendiente, cuidado de neumáticos, ralentí, uso del aire acondicionado, entre otros, Aunque no se tienen establecidos parámetros como tal para evaluar estas prácticas.

## Análisis de resultados

El total de las emisiones de gases de efecto invernadero de alcance 3 que están asociadas al transporte de cacao por medio de flota tercerizada según los datos registrados en la tabla 4. Es de 316,874 toneladas de  $CO_2e$  emitidas al ambiente en 807 viajes realizados para el transporte de cacao a la Compañía Nacional de Chocolates, además se evidencia que los meses con menor emisiones son abril y septiembre y el mes con el valor más alto es junio con un valor de 59, 632 toneladas de  $CO_2e$ , esto va relacionado también con la demanda de producción ya que es un mes previo importante para la temporada de amor y amistad, además desde octubre a enero por lo general es temporada de cosecha de cacao por lo que la demanda de transporte tiende a aumentar. Por otra parte, según la tabla 5. El combustible más consumido por los transportadores es el Diésel con un total de 2841,72 gal, cabe resaltar que según los datos proporcionados por la compañía la gasolina no ha sido consumida por las empresas transportadoras lo que es algo positivo pues la gasolina genera mayor emisión de  $CO_2$  sin embargo el diésel también genera mayor emisión que el gas natural, por lo que es importante analizar la posibilidad de recambios de combustible.

Por otra parte, de la encuesta realizada a 6 empresas transportadoras se pudo determinar que la mayoría de estas tienen implementadas en sus operaciones logísticas buenas prácticas ambientales en el transporte, ya que aplican diferentes estrategias y actividades como usos de herramientas digitales o softwares para la optimización de rutas, realizan seguimiento y monitoreo en la conducción, realizan mantenimientos preventivos, aplican métodos para aumentar la eficiencia del consumo de combustible en los vehículos y algunas llevan a cabo actividades de capacitación y formación a los conductores en temas ambientales.

## Conclusiones

- Se cuantifica la huella de carbono para el transporte de cacao en la Compañía Nacional de Chocolates, obteniendo un valor de 316,874 Ton  $CO_2e$  para los meses de enero a octubre del año 2022.
- Según el diagnóstico realizado a las empresas terceras encargadas del transporte de cacao se evidencia que en un 70% de estas se aplican buenas prácticas ambientales pero no tienen un plan o estrategia clara que pueda medir y evaluar su desempeño en cuanto a transporte limpio y sostenible.
- De las empresas transportadoras analizadas no se tiene registro de que usen vehículos con combustibles alternativos como híbridos o eléctricos para la operación de transporte de nacional de chocolates.
- El combustible de mayor consumo es el diésel lo que aumenta las emisiones de GEI en comparación con el gas natural.

## Recomendaciones

- Se recomienda a la compañía implementar una base de datos o una herramienta digital que permita generar un registro riguroso de la información del consumo de combustible real de cada vehículo en cada viaje, con la finalidad de tener un control más verídico sobre este tipo de consumos, ya que actualmente se obtiene de manera teórica y esto puede influir sobre el resultado final de la huella.
- Se recomienda definir criterios ambientales para la selección y contratación del servicio de transporte de cacao pues en el diagnóstico se evidenciaron algunas que no tenían estrategias para la disminución de sus emisiones, y al trabajar con empresas que apliquen buenas prácticas ambientales en su operación logística contribuye positivamente a la reducción de las emisiones de GEI de la compañía.
- Se recomienda establecer una ruta de acción con las empresas transportadoras donde se pueda trabajar en conjunto para mejorar las condiciones de la operación logística para Nacional de Chocolates, para esto se podría aplicar una lista de chequeo donde se revisen mensualmente temas como; tipo de vehículos y combustible consumido, planeación y programación eficiente de rutas, cumplimiento de cronogramas de mantenimientos preventivos, capacitaciones sobre conducción eficiente, estrategias de formación a los conductores y actividades que implementan para aportar a la sostenibilidad de sus procesos. Con esta herramienta se podría evaluar a los proveedores y fomentar en ellos un compromiso mayor con su desempeño ambiental.
- Se recomienda solicitar y fomentar entre las empresas transportadoras el uso de herramientas como Carbon Report o Carbon Dashboard u otras que permitan realizar un reporte de las emisiones asociadas al transporte y facilitan identificar oportunidades de reducción de

emisiones y optimización de costos, además de tiempos de entrega aumentando así la rentabilidad y eficiencia de sus operaciones logísticas.

## Referencias

- ANDI. (Junio de 2013). *Enfoque Huella de Carbono para Subsector de*. Obtenido de <https://www.andi.com.co/Uploads/Bolet%20C3%ADn%2006%20-%20130.%20Manual%20de%20Transporte%20Limpio%20-%20Enfoque%20Huella%20de%20Carbono.pdf>
- Compañía de Galletas Noel. (Julio de 2017). *Manual de transporte limpio*. Medellín.
- Grupo Nutresa. (2022). *Estrategias*. Obtenido de <https://gruponutresa.com/sostenibilidad/nuestra-gestion-en-sostenibilidad/estrategia-mapa-de-valor/#:~:text=La%20sostenibilidad%20es%20el%20marco,soluciones%20circulares%20C%20ecoeficiencia%20y%20abastecimiento>
- Ministerio de medio ambiente. (s.f.). *Huella de carbono*. Obtenido de <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>
- Ministerio de transporte. (01 de Noviembre de 2021). *Intermodalidad, transición energética y movilidad sostenible, las tres grandes acciones del sector Transporte en COP26*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10381/intermodalidad-transicion-energetica-y-movilidad-sostenible-las-tres-grandes-acciones-del-sector-transporte-en-cop26/>
- Ministerio de transporte. (2022). *Informe macro: aporte del Sector Transporte en la reactivación económica*. Obtenido de [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2022/Agosto/Comunicaciones\\_18/INFO-RME-MACRO-DEPURADO.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2022/Agosto/Comunicaciones_18/INFO-RME-MACRO-DEPURADO.pdf)
- Naciones Unidas. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?* Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Yepes Cristancho, V. A. (2015). *Formulación de estrategias de mitigación y compensación de emisiones de gases efecto invernadero de Bridgestone de Colombia SAS a partir del cálculo de la huella de carbono*. (tesis de grado). Universidad La Salle, Bogotá. Repositorio institucional de la Universidad La Salle.