

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA EN LA  
INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE CONSUMO MASIVO COLOMBIANO.  
APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE JUGO DE FRUTA.**

**MARÍA VICTORIA CASTAÑO GONZÁLEZ  
EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ GUEVARA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI, JUNIO 2013**

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA EN LA  
INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE CONSUMO MASIVO COLOMBIANO.  
APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE JUGO DE FRUTA.**

**MARÍA VICTORIA CASTAÑO GONZÁLEZ  
EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ GUEVARA**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Magister en Ingeniería Industrial

**Director  
M.Sc. ANDRÉS LÓPEZ ASTUDILLO**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI, JUNIO 2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 CAMBIO CLIMÁTICO .....	16
3.1.1 Causas del Cambio Climático .....	17
3.1.2 Cambio Climático y su Impacto en el Medio Ambiente .....	20
3.1.3 Efectos del Cambio Climático en Colombia .....	22
3.1.4 Mecanismos para enfrentar el Cambio Climático .....	23
<b>4. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>32</b>
4.1 HUELLA ECOLÓGICA .....	32
4.2 HUELLA DE CARBONO .....	32
4.2.1 Huellas de carbono industrias de alimentos y bebidas .....	33
4.3 METODOLOGÍAS PARA EL CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA .....	34
4.3.1 Metodologías Disponibles (Estándares y Guías) .....	34
4.3.2 Metodología para el Caso Colombiano .....	40
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>42</b>
5.1 DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES (SCOPES) .....	42
5.2 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD .....	44
5.3 VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN .....	45
5.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES .....	46
5.5 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE REDUCCIÓN .....	48
<b>6. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>49</b>
6.1 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA EMPRESA PRODUCTORA DE JUGOS DE FRUTA .....	49
6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA .....	51
6.3 COMPONENTES DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO .....	51

6.4	ECOMAPA .....	54
6.5	DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES ORGANIZACIONALES .....	56
6.6	DEFINICIÓN DE LOS ALCANCES (SCOPES).....	57
6.6.1	Alcance 1 .....	57
6.6.2	Alcance 2 .....	57
6.6.3	Alcance 3 .....	58
6.7	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	58
6.8	VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN Y PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE EMISIONES.....	59
6.8.1	Validación Factores de Emisión .....	59
6.8.2	Calculo de Emisiones Combustibles Fósiles.....	60
6.9	APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.....	65
6.10	DEFINICIÓN AÑO BASE .....	66
6.11	RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LA HUELLA.....	66
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 .Determinantes de los Gases de Efecto Invernadero.....	20
Tabla 2. Efectos esperados por el cambio climático en Colombia .....	23
Tabla 3. Tratados Internacionales en Leyes para Colombia .....	28
Tabla 4. Normatividad sobre Cambio Climático en Colombia .....	29
Tabla 5. Metodologías de Huella de Carbono Corporativa. ....	35
Tabla 6. Metodologías de Huella de Carbono e Iniciativas de Huella más utilizadas en el mundo en el ámbito corporativo .....	37
Tabla 7. Factores de emisión de carbono y CO <sub>2</sub> por combustible (kg/GJ) .....	46
Tabla 8. Proceso Seguido para el Cálculo de Huella.....	49
Tabla 9. Factores de Emisión Empleados.....	60
Tabla 10. Calculo de Emisiones de CO <sub>2</sub> por Quema de Combustibles Líquidos ..	62
Tabla 11. Calculo de Emisiones de CO <sub>2</sub> Consumo de Combustibles .....	63
Tabla 12. Cálculo de las emisiones de metano provenientes del tratamiento anaerobio de aguas residuales .....	64
Tabla 13. Cálculo de la Emisiones de CO <sub>2</sub> por Consumo Eléctrico .....	65

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso de Medición de la Huella de Carbono Corporativa .....	42
Ilustración 2. Alcances (Scopes) considerados en el GHG Protocol .....	43
Ilustración 3. Proceso de Cálculo de Huella.....	47
Ilustración 4. Proceso Productivo del Jugo de Fruta.....	53
Ilustración 5. Ecomapa Empresa de Productora de Jugos de Fruta .....	54
Ilustración 6. Limites Organizaciones .....	56
Ilustración 7. Resultados Huella de Carbono año 2008 .....	67
Ilustración 8. Resultados Huella de Carbono año 2009 .....	67
Ilustración 9. Resultados Huella de Carbono año 2010 .....	68
Ilustración 10. Resultados Huella de Carbono año 2011 .....	68
Ilustración 11. Resultados Huella de Carbono año 2012 .....	69
Ilustración 12. Resultados Huella de Carbono años 2008 a 2012 .....	70
Ilustración 13. Tendencia Huella de Carbono .....	71
Ilustración 14. Toneladas de CO <sub>2</sub> por tonelada producida. ....	72
Ilustración 15. Peso Porcentual de los Alcances en el total de la huella (2008-2012) .....	74

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Pantalla Principal. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono	.83
Anexo B. Pantalla Ingreso de Información. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono .....	83
Anexo C. Pantalla Resultados. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono .....	84
Anexo D. Pantalla Pesos Porcentuales. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono .....	84

## RESUMEN

Teniendo en cuenta la relevancia en torno al cambio climático y sus efectos no solo en la esfera ambiental sino también en la social y económica, el presente trabajo tiene como objeto calcular la huella de carbono corporativa en la industria de alimentos de consumo masivo colombiano, como aporte a la exploración y consolidación de este tipo de instrumentos que permitan, en última instancia, la implementación de procesos para la reducción de los gases efecto invernadero.

Con este trabajo, se realizó una revisión documental de metodologías vigentes a nivel nacional e internacional concernientes a la implementación de la huella de carbono corporativa. Así mismo, se identificaron los parámetros adecuados para la estimación de dicho indicador, en el ámbito nacional y para la producción de bebidas no alcohólicas. Finalmente, se aplicó a partir del estándar GHG Protocol la huella de carbono a una empresa dedicada a la fabricación de jugos de fruta.

Los resultados de la implementación de la huella en la producción de jugo de fruta permitieron la elaboración de recomendaciones que podrán ayudar al sector de los alimentos con el desarrollo de este tipo de metodologías. También como base para futuros trabajos encaminados a esta temática en dicho sector. De forma específica, los análisis obtenidos permitiendo generar observaciones a la empresa evaluada, para la reducción de sus consumos energéticos y así manejar de manera más eficiente sus recursos.

## INTRODUCCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero han sido identificadas por diversas instituciones y organizaciones en el mundo como la principal causa del cambio climático, conllevando a su regulación a través del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) y el posterior Protocolo de Kioto. Esto ha derivado en la instauración de diversas normas y sistemas de estímulos nacionales e internacionales (como el comercio de certificados de emisiones) con el objeto de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el campo empresarial la medición y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se regula a través de leyes locales y de las nuevas expectativas de los clientes, los cuales desean adquirir bienes y servicios fabricados con menor impacto ambiental.

Las mediciones completas de los gases efecto de invernadero emitidas por una empresa pueden llevar a mejorar el desempeño general a lo largo del ciclo de vida de los productos y servicios ofrecidos e incluso a mejoras al interior de esta, como menores costos operativos y diferenciación en los mercados.

Uno de los instrumentos más difundidos y empleados para la medición empresarial de las emisiones de gases efecto invernadero es la huella de carbono. Este permite calcular el total de emisiones y expresarlas en una única unidad facilitando su trazabilidad, seguimiento y comparabilidad a lo largo del tiempo. De igual forma, la huella de carbono permite la identificación de las operaciones críticas generadores de gases contaminantes siendo útil para la generación de sistemas de gestión ambiental.

El presente trabajo se enfoca en la aplicación de una metodología para el cálculo de la huella de carbono corporativa, para las empresas de la industria de alimentos de consumo masivo en Colombia, para ello se realiza una adaptación de las metodologías vigentes más utilizadas y se realiza una aplicación en una empresa productora de bebidas no alcohólicas, como es el caso de los refrescos, más específicamente jugos de fruta.

En los resultados obtenidos se emplearon los métodos derivados del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol Initiative) y del Instituto Mundial de Recursos (World Resources Institute, WRI) como norma de contabilidad de gases de efecto invernadero.

En la realización de la aplicación en una compañía productora de jugos de fruta, se diseñó una hoja de cálculo para la contabilización de los principales consumos energéticos y su transformación a equivalencias medibles. Encontrando que las actividades consumidoras de combustibles fósiles y consumos indirectos de energía, como lo es la energía eléctrica, son los que mayor aporte generan en la huella de carbono para este caso en específico.

De la misma manera, el consumo de refrigerantes muy común en este tipo de producción, generan emisiones de especial cuidado por su potencial aporte en el calentamiento global de gases de efecto invernadero.

Las grandes reducciones del tamaño de la huella de carbono que se registraron fueron ocasionadas por cambios de los combustibles usados, en especial por la conversión a gas natural disminuyendo el uso de crudo pesado.

El cálculo de la huella también permitió para la empresa evaluada la generación de importantes observaciones y recomendación para la disminución de su huella de cara a la mejora de sus procesos y reducciones de sus costos operativos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático es una realidad ineludible para la sociedad actual y futura. Los efectos sobre nuestro país implican cambios en los estilos de vida de la población y en las maneras como se acceden a los recursos naturales. Así mismo, es necesario el tránsito a una adaptación al cambio para este nuevo escenario climatológico.

Entre los efectos más plausibles del cambio climático sobre el país están los aumentos de enfermedades como la malaria y el dengue, detrimento de las zonas destinadas a la agricultura afectando la producción agrícola, déficit en los suministros de agua potable, elevación del nivel de mar en las zonas costeras propiciando inundaciones de asentamientos y zonas industriales, reducción de ecosistemas (nevados y paramos), y disminución de la calidad de vida de la población debido a lluvias fuertes, vendavales, inundaciones y deslizamientos.

En torno a este conjunto de venideros efectos Colombia se ha vinculado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual ha conducido una serie de tratados entre los que se resalta el Protocolo de Kioto, el cual da funcionalidad concreta al objetivo de disminuir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el cambio climático.

Fruto de estos acuerdos vinculantes en materia de acción frente al cambio climático el gobierno colombiano ha generado un conjunto de normas y leyes que dan prioridad a las políticas para combatir el cambio y traducen en hechos específicos las acciones que permitan reducir las causas del cambio climático.

En conceso a estas leyes nacionales e internacionales, y los estudios que las soportan, se ha determinado que una de las principales causas del cambio climático se origina en las actividades de índole antropogénico que propician la emisión de gases que aumentan el efecto de invernadero. Entre las actividades responsables se destaca la industria (incluye el procesamiento de alimentos), la agricultura, el transporte y el sector energético (generación).

En consecuencia, dentro de la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia (CONPES 3700) se ratifican las estrategias concernientes a la disminución de la emisión de gases efecto invernadero (mitigación), estimulando la constitución de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y la participación en los mercado de carbono, el uso racional y eficiente de energía, la generación de un nuevo enfoque en la industria donde se favorezca la producción y consumo sostenible, entre otras políticas.

Todas las anteriores estrategias tienen impacto directo sobre la operación de las empresas que hacen parte del sector industrial nacional. Incluso, en el documento del CONPES mencionado anteriormente se advierte que la lenta adopción de estas medidas generan pérdidas económicas a las empresas debido a la creciente preocupación internacional por la reducción de gases efecto invernadero, lo que se ha traducido en a la instauración de diferentes estándares y normativas tanto para la medición como etiquetado de la huella de carbono, ya sea en la producción de bienes o servicios. En donde *“esta situación podría traer barreras de mercado para aquellos sectores de países como Colombia que sean proveedores de materias primas o productos terminados y que no estén en capacidad de reportar debidamente sus emisiones o que tengan emisiones altas debido a las características intrínsecas del ciclo de vida de los productos”*<sup>1</sup>

En este sentido la CEPAL ha considerado a las barreras no arancelarias (normas privadas) como uno de los principales impedimentos para la llegada de productos latinoamericanos a los mercados de países desarrollados. Destacándose las certificaciones o sellos referentes a Buenas Prácticas Manufactureras y Responsabilidad Social Empresarial, los cuales incluyen, Gestión Ambiental y la medición de la emisión de gases efecto invernadero en la fabricación de productos y servicios (CEPAL 2008).

Es así como la huella de carbono se ha consolidado como elemento de decisión en la adquisición por parte de consumidores, productores y comerciantes, constituyéndose en un indicador en países que buscan reducir la emisión de gases efecto invernadero.

De esta manera *“se han desarrollado, al margen de los mecanismos y metodologías creados por los compromisos internacionales como el Protocolo de Kioto, procesos voluntarios de medición, reducción y hasta neutralización de la Huella de Carbono de productos, eventos, territorios y empresas”* (CEPAL 2010).

Los interesados en gran medida de este indicador de emisiones son los grupos de interés de los países industrializados, en gran medida los pertenecientes a la Unión Europea y los Estados Unidos. Estos han implementado iniciativas dispuestas a la aplicación de medidas arancelarias a los productos, especialmente alimentos y alimentos procesados que entran en su territorio, en función de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en su concerniente ciclo de vida (CEPAL 2010).

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. Consejo. Nacional de Política Social y. Económica CONPES. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. Documento 3700. Bogotá D.C. Colombia, Departamento de Planeación Nacional. Bogotá, Colombia, 2011.

Uno de los sectores, dentro de la industria de alimentos, con mayor peso en la producción y dinámica económica es la referente a la producción de bebidas no alcohólicas. Se estima que la industria de alimentos representa el 23% de la producción total de la industria colombiana para el 2012, donde aportó el 3% del PIB de Colombia. Y es la elaboración de bebidas es la principal actividad de esta rama industrial, al producir 3,6 billones de pesos valor que la ubica por encima de otras industrias alimenticias.

La creciente normatividad y políticas (tanto locales como internacionales) asociadas al cumplimiento de medidas que disminuyan las emisiones de gases, por un lado, y la generación de estándares y sellos que exigen el cálculo de la emisiones de gases efecto invernadero derivadas de la producción por otro, ponen a la industria de alimentos en un escenario coyuntural, donde la rápida adopción de instrumentos de medición, como la huella carbono, facilitará el cumplimiento legal, la alineación con las políticas sobre cambio climático y el acceso a mercados (ya establecidos o nuevos) internacionales.

En consecuencia, la necesidad de una pronta consolidación de instrumentos y herramientas metodológicas para la medición de la huella de carbono para empresas de la industria de alimentos y en especial en las asociadas a la fabricación de bebidas, como las productoras de jugo de fruta es apremiante.

Más aun, cuando las disimiles características de los productos y centros de las empresas de alimentos, llevan a que el cálculo de la huella de carbono, ya sea en conjunto o por producto amerite la elaboración de un instrumento a la medida y adecuado tanto al entorno, como a las condiciones internas de las compañías.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Calcular la huella de carbono corporativa en una empresa productora de jugo de fruta de la industria de consumo masivo en Colombia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una revisión documental de la elaboración de guías, estándares, y protocolos vigentes a nivel nacional e internacional para la estimación de la huella de carbono en la industria de alimentos.
- Definir parámetros de medición adecuados para la estimación de la huella de carbono corporativa en la producción de jugo de fruta (bebidas no alcohólicas).
- Aplicar una herramienta para el cálculo de la huella de carbono corporativa en la producción de jugo de fruta (bebidas no alcohólicas) en una industria de consumo masivo en Colombia.

### 3. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los diferentes elementos considerados como fundamento para el desarrollo de este documento. Cada uno de los conceptos considerados forma la base de los argumentos que permitieron la elaboración del cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### 3.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El calentamiento de la atmósfera y la disminución de los ecosistemas naturales son las problemáticas ambientales de mayor impacto en el ámbito mundial. El aumento de la temperatura global y su efecto en los cambios de los climas locales y regionales representa para los diversos países, en especial los de en vía de desarrollo, altos costos por la atención de desastres naturales. Sin embargo, es la pérdida de los ecosistemas naturales derivada de estos trastornos climáticos el mayor impacto futuro en el desarrollo de dichos países, e incluso de naciones industrializadas, debido a la pérdida de los recursos naturales para la subsistencia que ofrecen estos.

El cambio climático es reconocido como uno de los desafíos más relevantes que enfrentan los gobiernos, las industrias y los ciudadanos en el actual siglo. Este tiene implicaciones tanto para los humanos como para el medio ambiente y ocasiona cambios en el empleo de los recursos, las formas de producción y las actividades económicas. Esta problemática mundial ha conllevado a la generación de iniciativas internacionales, nacionales y locales con el fin de disminuir y controlar las emisiones de gases efecto invernadero, en adelante GEI, en el ambiente. Algunas de estas iniciativas se basan en la medición y monitoreo de estas emisiones con el objeto que los sectores industriales y especial las empresas puedan ejercer controles sobre ellas (ICONTEC 2006).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”* (CMNUCC 1992).

Según Jeffrey Sachs este fenómeno ha producido diferentes alteraciones en el planeta, entre ellas el periodo más caluroso registrado en el mundo entre 1995 y 2006. De la misma manera, al cambio del clima se le atribuye aumentos en las frecuencias de las sequías en todo el mundo y la aparición de fuertes huracanes como el Katrina en 2005 (SACHS 2008).

### **3.1.1 Causas del Cambio Climático**

Una de las principales causas del cambio climático es la acumulación de GEI en la atmósfera principalmente el dióxido de carbono. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) se ha previsto un aumento promedio global de la temperatura de 1,4°C a 5,8°C entre 1990 y 2100 como consecuencia a las tendencias actuales de emisiones y concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera. (IPCCa, 2007).

Existe un consenso, por parte de la mayoría de la comunidad científica y una creciente cantidad de grupos sociales, políticos y empresariales, en atribuir a las actividades humanas el acrecentamiento del cambio climático través de la emisión de gases a la atmósfera, en especial el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), provocando un mayor efecto invernadero en el planeta (WRI-WBCSD, 2010).

En los últimos 60 años se ha presentado un continuo crecimiento de CO<sub>2</sub>. Las mediciones realizadas por diversos estamentos destacan el rápido aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera desde la segunda mitad del S XX coincidiendo con los periodos de mayor expansión industrial (IPCCa, 2007).

#### **3.1.1.1 El Efecto Invernadero**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) entre otros gases, son catalogados gases efecto invernadero (GEI) y su concentración progresiva en la atmósfera provocan el cambio climático antropógeno. El efecto invernadero se produce debido a que estos gases actúan como una especie de invernadero, es decir, permiten que la radiación solar ingresen al planeta, sin embargo, no dejan escapar el calor resultante.

En suma, los GEI son transparentes a la radiación ultravioleta (de longitud de onda corta) que vienen procedentes del sol y que cruzan la atmósfera de la tierra. Dicha radiación genera un proceso de calentamiento del planeta, que conlleva a una transferencia al espacio de energía infrarroja (de longitud de onda larga). Los gases atmosféricos adsorben cierta parte de la radiación infrarroja que se desprende y mantienen energía calorífica en la atmósfera, generando un calentamiento en la Tierra (ERICKSON 1992).

El efecto invernadero es un fenómeno que ha estado presente desde el origen mismo del planeta, su presencia permite en parte la presencia de vida cuando su generación es de índole natural y no presionada por factores externos como las actividades humanas.

Hoy en día, el CO<sub>2</sub> existente en la atmósfera está aumentando de modo no natural debido a las actividades humanas, y en particular por la combustión de

combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural que liberan carbono. Así pues, hay una dicotomía entre el efecto invernadero natural (común en el planeta) y el estimulado por las actividades humanas (crecimiento desbordado) (IPCCa, 2007).

De forma evidente, un elemento relevante en los incrementos de las cantidades de CO<sub>2</sub> en la atmósfera está referido al crecimiento de la población mundial, desde 1850 hasta 1950 la población mundial se incrementó en 1.316 millones de personas. Para el 2005 la población se estimaba en unos 6000 millones de persona (PNUD 2007). Este aumento poblacional se tradujo en avances científicos, tecnológicos, económicos y sociales derivados de la industrialización, pero de igual forma en mayores cantidades de producción de bienes con sus subsecuentes externalidades, como mayores emisiones de GEI.

Una característica fundamental de los GEI es su tiempo de permanencia de manera activa en la atmósfera, la cual puede ser cientos de años, por lo cual se les ha catalogado de larga permanencia. Lo anterior indica que los GEI generados y emitidos hoy permanecerán durante varios años produciendo el efecto invernadero. Se ha determinado que del CO<sub>2</sub> que ha llegado a la atmósfera el 50% tardará 30 años en dispersarse, un 30% subsistirá varios siglos y el 20% remanente perdurará miles de años (IPCCa 2007).

Según el IPCC la tendencia de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico presentó un rápido incremento desde el período antecedente a la industrialización (1.750) donde se registró un valor de 280 ppm. Para 2005 los registros alcanzaron las 379 ppm. Se calcula que un 66% de las emisiones procedían de la combustión de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón, mientras que un 33% proviene del cambio del uso del suelo, donde se incluye la deforestación para diversas funciones como la agricultura (IPCCa 2007).

Cabe señalar que no solamente en la atmósfera se está ensanchando la concentración de CO<sub>2</sub>, también está sucediendo en los océanos y en la biosfera. El 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub> se quedan en la atmósfera, mientras que el 30% es absorbido por los océanos y el 25% sobrante se transfiere a la biosfera terrestre (IPCCa 2007).

### 3.1.1.2 Gases de Efecto Invernadero

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático los Gases de Efecto Invernadero son *“aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja”* (CMNUCC 1992). Los Gases de Efecto Invernadero aceptados y contenidos en el Protocolo de Kioto son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>). Cabe anotar que expertos señalan el vapor de agua (H<sub>2</sub>O) como uno de los gases de mayor incidencia en el efecto invernadero debido a su potente absorción de rayos infrarrojos (ERICKSON 1992).

Las principales causas de los progresivos incrementos de las concentraciones de los GEI en la atmósfera son atribuidas a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y diversos cambios en el uso de suelo como las actividades agropecuarias. De igual manera, los procesos industriales, en distintos sectores económicos, son considerados como altos generadores de estos gases (WRI-WBCSD, 2010). En la siguiente tabla (Tabla 1) se relacionan los GEI y sus principales fuentes de generación a partir de actividades humanas. Tres de los seis gases mencionados: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O están vinculados a las actividades de producción de alimentos.

Tabla 1 .Determinantes de los Gases de Efecto Invernadero

Gas de efecto invernadero	Determinante
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	<p>Quema de Combustibles fósiles como carbón, gasolina, queroseno, gasóleo de calefacción y gas natural.</p> <p>La deforestación presenta un efecto similar a la quema de combustibles fósiles y con mayor impacto si se realizan quemas para transformar zonas boscosas en áreas de cultivo o pastizales.</p>
Metano (CH <sub>4</sub> )	<p>La digestión por parte de bacterias de compuestos de carbono que ocurren en actividades agrícolas como la siembra de arroz (entre otros alimentos) y la cría de ganado. Los vertederos orgánicos son también catalogados como altos aportantes de generadores de metano.</p> <p>De igual forma, en las vetas de carbón, en los campos petrolíferos y de gas y en la quema de biomasa se registran liberaciones de gas metano.</p>
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	El uso extendido en la agricultura de fertilizantes a base de nitrógeno como la urea.
Hidrofluorocarbonos (HFC) y Perfluorocarbonos (PFC)	El uso en aires acondicionados de líquidos refrigerantes. De igual manera, se liberan estos gases en agentes extintores y propelentes para aerosoles.
Hexafluoruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )	Se liberan cantidades significativas de SF <sub>6</sub> en la industria de producción de magnesio, empresas eléctricas y en la fabricación de productos electrónicos.

Fuente: Elaboración de los autores

### 3.1.2 Cambio Climático y su Impacto en el Medio Ambiente

El cambio climático es un concepto que abarca las modificaciones del clima global de la Tierra como consecuencia de factores naturales y de origen antropogénico. El resultado de este cambio son transformaciones en los componentes del clima como la temperatura y la precipitación.

Según el Informe Stern sobre la economía del cambio climático (Stern Review on the Economics of Climate Change) algunos de estos efectos pueden ser la escasez de agua que afectaría entre 75 y 250 millones de personas, el incremento de especies animales y vegetales en vía de extinción conllevando a su desaparición, el derretimiento generalizado de los glaciares y de las superficies nevadas lo que propiciará desplazamientos humanos y el recrudecimiento de desastres naturales asociados a los cambios de temperatura. De igual forma, en materia económica se ha calculado pérdidas en promedio entre el 5 y 10% del PIB mundial y superiores al 10% del PIB en países de bajos ingresos. (STERN 2007).

Las consecuencias más graves que se han registrado producto del cambio climático son: aumentos en la temperatura de la tierra, incremento del nivel del mar, intensificación del número de huracanes de gran intensidad y crecimiento de cambios abruptos del clima (CARABIAS 2010).

Los incrementos de la temperatura promedio de la superficie del planeta han generado un paulatino derretimiento de los casquetes polares y de los glaciares de las cadenas montañosas más altas del mundo. El deshielo del casquete polar del Ártico alcanza un 40% actualmente. Estos derretimientos conllevan al incremento del nivel del mar, que según el Cuarto Informe del IPCC provocaría un aumento en el nivel del mar después del año 2100. Los modelos aplicados por dicho organismo estiman pérdidas de las masas de hielo más rápidamente que las ganancias compensadas por las lluvias. De continuar el desbalance de las masas superficiales se produciría la completa eliminación de las aglomeraciones de hielo en Groenlandia lo que generaría un aumento en el nivel del mar de cerca de 7 metros perjudicando a los habitantes de cercanos a los deltas del sureste asiático, en pequeñas islas y en Egipto (IPCCb, 2007).

Además de los aumentos del nivel del mar, el derretimiento de las masas de hielo conlleva a la reducción del caudal de los ríos en diversas partes del mundo (Europa y América Latina), afectando a las poblaciones y centros urbanos que utilizan estas fuentes para el consumo humano, la generación de energía, la agricultura y la industria (CARABIAS 2010).

El IPCC prevé un aumento de la temperatura global entre 1,5 y 2,5°C para el 2050 afectando los ecosistemas de alta montaña debido al derretimiento de los glaciares, esto generará una escasez de agua teniendo efectos directos especialmente en América Latina (IPCCb 2007).

Con respecto al abastecimiento de alimentos, la FAO afirma que el incremento de la temperatura prevista afectará de manera sustancial la producción de alimentos en los países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, traduciéndose eventualmente en sequías y hambrunas. En los países ubicados en las latitudes

más bajas, la probabilidad de disminución el rendimiento de las cosechas es alta, conllevando a la reducción de la producción agrícola. (FAO 2009)

El IPCC también pree fruto del calentamiento global la generación de huracanes o ciclones tropicales, los cuales afectarían regiones costeras densamente habitadas especialmente en Europa, donde rara vez se presentan este tipo de fenómenos. Así mismo, los modelos empleados por el IPCC muestran una proliferación de tormentas las cuales al combinarse con los niveles crecientes del mar pronosticados podrían ser catastróficos para muchos emplazamientos costeros (IPCCb 2007).

De igual forma que para el contexto global, el cambio climático representa inminentes efectos para Colombia no muy lejanos de los que se han descrito anteriormente.

### **3.1.3 Efectos del Cambio Climático en Colombia**

Colombia se configura como uno de los países altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, debido a la población ubicada en zonas costeras inundables y en regiones con suelos inestables de las partes altas de las cordilleras (PNUD 2010).

En el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia se plantea, a través de los escenarios climáticos considerados, una tendencia creciente de la temperatura media entre 2 y 4°C al 2070 y una alteración de las condiciones hidrológicas, con disminución de las precipitaciones en algunas regiones de hasta un 30%<sup>2</sup>.

También se espera que el país pueda vivir un impacto a causa del cambio climático sobre la calidad de vida de la población colombiana en general y en especial de los habitantes de las zonas rurales, debido a la afectación de la agricultura y el abastecimiento de alimentos. De igual forma, se pueden precipitar los procesos de desplazamiento y migraciones internos. Lo que se traduce en dificultades para los programas en pro de la lucha contra la pobreza intensificando la vulnerabilidad de poblaciones y grupos marginales y excluidos (PNUD 2010).

En la Tabla 2, se resumen los más importantes efectos esperados por el cambio climático en Colombia.

---

<sup>2</sup> COLOMBIA. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá, Colombia. 2010.

Tabla 2. Efectos esperados por el cambio climático en Colombia

Salud	Aumento de la incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores (malaria y dengue). Las regiones andinas son las más propensas a estas nuevas epidemias por ser zonas de malaria inestable, pero también indirectamente a causa del deterioro de los recursos hídricos y de las condiciones de habitabilidad.
Sector agropecuario	Gran parte de los agroecosistemas del país son vulnerables a los efectos de la aridización, la erosión de suelos, la desertificación y a los cambios en el régimen hidrológico. También se estima un mayor riesgo de inundaciones en cultivos y de otros eventos naturales que afectan la producción agrícola (vendavales, granizadas, etc.).
Recursos hídricos	Se proyectan aumentos de la escorrentía en las regiones costeras, en los llanos orientales y en los departamentos donde en las últimas décadas hubo inundaciones y deslizamientos. En contraste, se prevé una disminución de la escorrentía en la región andina y el norte del país, que puede causar problemas en el suministro de agua y déficit en los embalses, lo cual disminuye la generación de hidroenergía.
Sistemas costeros	Con la elevación prevista del nivel del mar millones de habitantes quedarían expuestos a las inundaciones en las zonas costeras, así como los asentamientos industriales, la infraestructura e instalaciones turísticas, y los cultivos. También son vulnerables las fuentes de agua, por una mayor intrusión salina.
Ecosistemas	Preocupa la reducción del área de nevados y páramos y, por tanto, de sus servicios ambientales. Los corales pueden sufrir por el aumento de la temperatura media del mar, y afectar así la biodiversidad y los recursos pesqueros asociados. Los impactos sobre los bosques pueden ser considerables, pero existe todavía incertidumbre sobre la resiliencia de éstos.
Vivienda y asentamientos	La infraestructura en todo el país y los asentamientos precarios y en zonas de riesgo pueden verse afectados por la mayor frecuencia de eventos extremos (en especial inundaciones, lluvias fuertes, tormentas tropicales, vendavales y deslizamientos), lo que deteriorará aún más las condiciones de habitabilidad y la calidad de vida de poblaciones desplazadas y pobres.

Fuente: PNUD, 2010.

### 3.1.4 Mecanismos para enfrentar el Cambio Climático

Desde la aceptación internacional de la problemática del cambio climático creciente debido a actividades de carácter antropogénico, las Naciones Unidas ha desarrollado cuatro importantes cumbres donde se han establecido y acordados las estrategias pertinentes para mitigar y detener el calentamiento de la atmosfera.

Estas cumbres conocidas como las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (Cumbres de la Tierra), fueron unas reuniones de carácter internacionales. La primera se realizó en Estocolmo Suecia en 1972, la segunda en Río de Janeiro Brasil en 1992. La tercera cumbre se llevó a cabo en Johannesburgo, Sudáfrica en 2002 y la cuarta y última cumbre se realizó veinte años después nuevamente en Rio de Janeiro motivo por el cual se le llamó Río+20.

De estas cumbres se han derivado los elementos más influyentes en política internacional que han impactado las diversas normativas y leyes locales alrededor del mundo en medio ambiente, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, el cual gira en torno al cambio climático, constituyéndose como el acuerdo internacional más importante en pro de las reducciones de la emisiones de GEI.

#### **3.1.4.1 Cumbres de la Tierra**

Uno de los resultados relevantes del desarrollo de las cumbres organizadas por la Naciones Unidas ha sido el desarrollo de la política internacional del medio ambiente.

Sin lugar a dudas, la cumbre de mayores resultados en acuerdos y tratados, fue la cumbre de Rio de 1992, de la cual se derivó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual fue adoptada en 1992 y entró en funcionamiento en 1994. Esta convención marco, ha servido para desarrollar y como el instrumento de cohesión del tratado con mayores repercusiones en política ambiental hasta el momento: Protocolo de Kioto.

#### **3.1.4.2 Protocolo de Kioto**

El Protocolo de Kioto es un tratado que se derivó de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMNUCC y un pacto internacional de diversos países (incluyendo países desarrollados y en vía de desarrollo). Este tiene por objeto disminuir las emisiones de GEI de los países signatarios en un porcentaje aproximado de alrededor del 5% (en relación a sus emisiones registradas en 1990) en un periodo comprendido entre 2008 y 2012 (CMNUCC 1994).

En principio el protocolo fue firmado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto (Japón) y entró en vigor el 16 de febrero de 2005, generando una serie de cambios y obligaciones de las naciones subscritas entre los que se destaca la generación de normativas locales para promover la disminución de las emisiones de GEI (SACHS 2008). Actualmente el protocolo vive una segunda etapa que se renovó durante la decimoctava Conferencia de las Partes (COP 18) sobre cambio climático desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020<sup>3</sup>.

El Protocolo de Kioto contiene la definición de los Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Los MDL tienen como objetivo ayudar a las partes no incluidas en el anexo A del Protocolo de Kioto (países en desarrollo) a alcanzar un desarrollo sostenible y contribuir con el fin último de la mitigación del cambio climático, así como facilitar a las partes incluidas en el anexo A del protocolo (países industrializados) a dar ejecución a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones de GEI (NACIONES UNIDAS 1998).

### **3.1.4.3 Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es uno de los mecanismos de diseñados para la reducción de GEI establecidos en el Protocolo de Kioto. El MDL es un conjunto de estrategias diseñado para impulsar la inversión en proyectos que disminuyan o capturen emisiones de GEI en países en vía de desarrollo. Se considera el principal mecanismo del protocolo de Kioto que promueve las alianzas entre países desarrollados y en vía de desarrollo (VAN HOOFF 2007).

En rigor, los proyectos MDL son aquellos cuyo desarrollo y puesta en marcha conllevan a la reducción de GEI. Las iniciativas de MDL se clasifican en proyectos fuente y proyectos sumidero. Los proyectos de tipo fuente son los que disminuyen las emisiones de GEI directamente en la fuente que los origina, por medio de mejoras en la eficiencia energética, la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, la reconversión de combustibles, entre otras. Por otro lado, los proyectos denominados de tipo sumidero son aquellos que permiten absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo fijan como biomasa. Comprende la forestación como la reforestación.

Paralelo a los proyectos mencionados, se ha consolidado un mercado en donde se comercian las cantidades de carbono que se han evitado emitir a la atmósfera. En este comercio, los países desarrollados pueden adquirir las reducciones de carbonos, realizadas en países en desarrollo, por medio de la compra de bonos. De esta manera, los proyectos que logren disminuir los GEI en países en desarrollo pueden vender un título de carbono denominado Certificados de Reducción de Emisiones (Certified Emission Reductions, CERs), conocidos como

---

<sup>3</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático <http://unfccc.int/>.

Bonos de Carbono. Esta venta de bonos, facilita la financiación de los proyectos que lograron las disminuciones de emisiones de GEI. De forma conjunta, el principal objeto de los compradores de los bonos (países industrializados) es el poder cumplir con los compromisos de reducción de emisiones impuestos en el Protocolo de Kioto.

#### **3.1.4.4 Rol de la Empresa en el Cambio Climático**

El funcionamiento de las actividades industriales lo largo de todo el ciclo de producción conlleva a efectos sobre el medio ambiente. En particular la explotación y extracción de materias primas, su posterior transformación en bienes y servicios, los consumos de energía, la generación de residuos y el uso y disposición de los bienes por parte de los consumidores, son todos elementos de un conjunto de efectos sobre el medio ambiente que tienen como común denominador el funcionamiento de la empresa (BUSTOS 2010).

La influencia en el ambiente de forma específica de cada industria depende del tipo de producto elaborado, del proceso con el cual se realice, de las materias primas empleadas, de la intensidad en el uso de los recursos, del tamaño, la localización de la fábrica o planta de producción, de la tecnología adoptada, de las particulares del entorno y de la calidad y eficiencia de las medidas ejercidas para la mitigación de la contaminación.

El entendimiento de la empresa como un agente activo en la causa o solución de las problemáticas ambientales y especial del cambio climático, han hecho que sea presionadas a un tipo de gestión donde los impactos al ambiente sea cada vez menores. También se presenta una proliferación de gobiernos proclives a constituir regulaciones más estrictas y que tengan como fin reducir los inventarios de GEI repercutiendo en la operación de las empresas, las cuales debe hacer ajustes y alinearse a una producción más responsable con el ambiente. De igual forma, los consumidores con una visión más consciente exigen en los productos que consumen un mayor respecto con el medio ambiente, es decir, las expectativas de la sociedad se trasladaron al producto y a la manera como este es elaborado, presionando a las empresas a contralar de forma adecuada las variables que impactan el ambiente (KIMURA 2010).

Los mercados han incentivado el tema del medio ambiente como un actor relevante de marketing y comunicación en diversas esferas, donde también se ha impulsado un esquema de premio, donde las organizaciones que demuestren ser responsables con el ambiente, son beneficiadas con la adquisición del producto (SCHNEIDER 2010).

Sin embargo, la postura de las empresas, más allá de resistirse a las imposiciones regulatorias, están valiéndose del tema del cambio climático como un elemento para propiciar cambios en la dirección estratégica, con el objeto de satisfacer las nuevas expectativas de los clientes. Para ello miden sus emisiones de GEI, implementan programas de reducción de emisiones, y transforman radicalmente su oferta de productos y servicios. Estos procesos vienen acompañados de beneficios, como disminuciones en los costos operativos, menores riesgos en la gestión de las materias primas, y capitalización de oportunidades de crecimiento en los mercados emergentes (LARSON 2009).

Estas nuevas tendencias no han sido ajenas al entorno colombiano, donde diversas industrias se ven enfrentadas a nuevas exigencias legales y de los consumidores, las cuales condicionan los procesos productivos y las características de los productos finales que llegan al mercado. De igual forma, muchas industrias se han beneficiado de exenciones tributarias y han obtenido créditos en los mercados de carbono (ARANGO 2000)

Un nuevo elemento que se ha presentado en el panorama de las empresas, adicional al reto de gestionar correctamente su impacto ambiental, es la exclusión en la entrada de sus productos a países donde la preocupación por el medio ambiente ha llevado a la consolidación de estándares y normativas para la medición y etiquetado de la huella de carbono de productos y servicios<sup>4</sup>.

En este orden de ideas, el escenario que vive la empresa ha de la regulación: cumplimiento de las normas y leyes ambientales derivadas de los políticas internacionales, a una autorregulación: adopción de los estándares y requerimientos necesarios que les permita permanecer en el mercado.

### **3.1.4.5 Cambio Climático y Colombia**

Como mecanismo para la preparación de políticas con miras a enfrentar los efectos inminentes del cambio climático, Colombia ha adoptado diversos acuerdos y compromisos desde la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que se derivaron de la primera Cumbre del Tierra de Rio de Janeiro (1992) y se han aprobado y refrendando a través del Protocolo de Kioto (1997). Los acuerdos internacionales frente al cambio climático han convergido en leyes para Colombia pues las directrices derivadas de estos tratados deben tornarse en hechos concretos. Las leyes más importantes que han surgido en torno a tratados internacionales se relacionan en la siguiente Tabla 3.

---

<sup>4</sup> COLOMBIA. Consejo. Nacional de Política Social y. Económica CONPES. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. Documento 3700. Bogotá D.C. Colombia, Departamento de Planeación Nacional. Bogotá, Colombia, 2011.

Tabla 3. Tratados Internacionales en Leyes para Colombia

Tratado	Instrumento de Ratificación Nacional
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC – 1992	Ley 164 de 1995
Protocolo de Kioto - 1997	Ley 629 de 2000

Fuente: COLOMBIA. IDEAM. Educación para Enfrentar el Cambio, Síntesis para maestros sobre la segunda comunicación nacional de Colombia ante la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el cambio climático. Bogotá. Colombia. 2010.

Entre las directrices aceptadas por Colombia en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se han realizado dos informes nacionales donde se analizan los riesgos por efecto del cambio climático, y el análisis de reducción de emisiones. Estos informes se han recopilado en los documentos denominados Comunicación Nacional (CN), en donde se han adjuntado el inventario nacional de gases de efecto invernadero para Colombia<sup>5</sup>. Un compendio de las diversas normativas e instrumentos regulatorios generados en Colombia en torno al cambio climático se detallan en la Tabla 4.

---

<sup>5</sup> Colombia por sus condiciones de desarrollo económico, le corresponden las directrices para las Partes no incluidas en el Anexo I de la convención. La realización de comunicaciones en torno al GEI está incluida en el Inciso a) del párrafo 1 del artículo 4 y en el inciso a) del párrafo 1 del artículo 12 de la Convención.

Tabla 4. Normatividad sobre Cambio Climático en Colombia

Año	Instrumento	Objetivo/Observaciones
1994	Ley 164	Aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático CMNUCC. Esta ley busca adelantar acciones para abordar la problemática del cambio climático.
2000	Le y 629	Aprobar el protocolo de Kioto
2000	Estudio de Estrategia Nacional	El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT- elaboro un estudio con el fin de impulsar la implementación de los Mecanismo de Desarrollo Limpio –MDL-
2001	Primera Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC	Se presentan los primeros avances en posibles medidas de adaptación y el inventario nacional de GEI para los años 1990 y 1994.
2002	Lineamientos de Política de Cambio Climático	El Ministerio del Medio Ambiente y el Departamento Nacional de Planeación plantearon las principales estrategias para la mitigación y adaptación al fenómeno en el marco de la CMNUCC, del Protocolo de Kioto y de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.
2002	Creación de la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático	Esta oficina tiene como fin ser el ente promotor de todos los proyectos MDL que surgieran en Colombia, favoreciendo la consolidación de proyectos competitivos y eficientemente económicos que pudieran ser transados en el mercado mundial de la Reducción de emisiones CO <sub>2</sub>
2003	CONPES 3242	Este CONPES titulado “Estrategia Nacional para la venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático”, es complementario a las iniciativas generadas y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos MDL dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.
2004	Resoluciones No. 0453 y No. 0454.	Expedidas por el MAVDT . Res. 0453 tiene por objeto adoptar principios, requisitos y criterios y establecer el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al MDL.  La Res. 0454 permite regular el funcionamiento del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental.
2010	Segunda	Se presentan los primeros avances en posibles

	Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC	medidas de adaptación y el inventario nacional de GEI para los años 2000 y 2004.
2011	CONPES 3700	Este CONPES titulado Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia tiene como objeto generar los insumos para priorizar las medidas para hacer frente al cambio climático
Fuente: Elaboración autores		

### 3.1.4.6 Sector Alimenticio

Se estima que las actividades relacionadas con la industria alimenticia presentan una alta generación de GEI y por ende una representativa contribución al cambio climático. Los grandes monocultivos y la ganadería son las dos actividades relacionadas con la producción de alimentos de mayor impacto ambiental gracias a sus intensivos consumos de recursos, como la tierra y el agua y la generación de grandes cantidades de gases como el óxido nitroso.<sup>6</sup>

En Colombia la tendencia es similar, según el Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero, realizado por el IDEAM, el sector agroalimentario (agricultura y producción de alimentos), aporó más del 38% del total de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) en el 2004, superando sectores como el transporte, industrias de la energía y manufactureras (IDEAM, 2009).

La industria de alimentos constituyó el 23% de la producción total de la industria colombiana en el 2012. De igual forma, este sector aportó el 3% del PIB de Colombia para el año en mención. La elaboración de bebidas es la principal actividad de esta rama industrial al generar 3,6 billones de pesos por encima de actividades como la elaboración de aceites y chocolate, la elaboración de productos lácteos y la producción azucarera<sup>7</sup>.

El mercado de las bebidas en Colombia se caracteriza por las ventas de bebidas alcohólicas, gaseosas o bebidas carbonatadas, agua embotellada, café, jugos y otras bebidas como el té. Específicamente, el 32% de las bebidas que consume un colombiano promedio son jugos, el 17% son bebidas carbonatadas, el 16% es

<sup>6</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. [En Línea]: Livestock a major threat to environment. Noviembre de 2006. [Consultado 23 de junio de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000448/index.html>

<sup>7</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. [En Línea]: PIB por ramas de actividad corrientes y constantes 1990 – 2005. Febrero 2013. [Consultado 25 de febrero de 2013] Disponible en Internet: <http://www.dane.gov.co>

agua potable, el 11% es café y el 24% corresponde a otras bebidas no alcohólicas. Este grupo de productos han presentado un mayor crecimiento en el global del consumo de las familias, un 2.5% para el 2012. Cabe señalar que el mercado de jugos se divide en cuatro, las naranjadas, los jugos o refrescos de fruta, los néctares y los jugos naturales. El segmento de refrescos de fruta es el de mayor valor en la industria pues genera el 46,7% de los ingresos<sup>8</sup>.

En materia de huella de carbono, el sector agroindustrial en general y específicamente la industria de alimentos son los más sensibles a las medidas vinculadas con la medición de GEI, en especial las empresas que exportan sus productos. Los productos, y por ende sus empresas, más susceptibles a la incorporación de este instrumento, motivadas por las políticas internacionales y accesos a mercados, son café y sus derivados, los productos base, los productos elaborados para alimentación animal, los productos procesados para consumo humano y las frutas y vegetales. (CEPAL 2010)

---

<sup>8</sup> Revista Dinero. [En Línea]: Estrategia Jugosa. Marzo 3 de 2010. [Consultado 24 de junio de 2013] Disponible en Internet: <http://www.dinero.com/negocios/articulo/estrategia-jugosa/92030>

## **4. MARCO CONCEPTUAL**

### **4.1 HUELLA ECOLÓGICA**

Según Doménech (2006) “la huella ecológica es una importante herramienta para establecer tanto el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema, como las medidas correctoras para paliar dichos impactos”.

La huella ecológica convierte todos los consumos de materiales y energía a hectáreas de terreno productivo (cultivos, bosques, mar, suelo construido o absorción de CO<sub>2</sub>) suministrando un registro de los impactos de la operación de una empresa sobre el ambiente. La huella se constituiría en un indicador "final" ya que transforma cualquier tipo de unidad de consumo (toneladas, kilovatios, litros, entre otros), así como los residuos generados, en un valor único, perceptible a análisis.

### **4.2 HUELLA DE CARBONO**

La huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases que contribuyen al cambio climático a través de actividades de producción o consumo. Su construcción puede ir desde emisiones directas de CO<sub>2</sub>, a las asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de GEI, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes.

Comúnmente la huella es expresada en el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>, como equivalente de los gases de efecto invernadero, emitidos ya sea por una industria o incluso personal de una empresa. La huella de carbono es un concepto que se desprende del de huella ecológica, incluso, se puede decir que la huella de carbono es un sub producto de dicha huella (SCHENEIDER 2009)

En el ámbito empresarial la medición de GEI más aplicada es la huella de carbono corporativa, la cual registra la cantidad de emisiones de GEI asociadas con la producción de bienes y servicios a nivel global de una empresa, descrito en unidades dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>eq) (DOMÉNECH 2009).

El principal uso que el sector empresarial ha dado a las diversas metodologías para medir las emisiones de GEI, es decir para calcular la huella de carbono corporativa, es llevar a la práctica planes que permiten disminuir las emisiones de dichos gases por unidad de negocio (DOMÉNECH 2009).

#### **4.2.1 Huellas de carbono industrias de alimentos y bebidas**

En general los cálculos y generaciones de mediciones de huella de carbono son incipientes y paulatinamente su uso ha ido creciendo. Sin embargo hay casos representativos de la emisión de gases relacionados con la industria de alimentos.

##### *Huella de Carbono del Jugo de Naranja de la Florida.*

Spreen (2010) establece una línea base del impacto de la emisión total de gases de efecto invernadero relacionada con la producción y el consumo de jugo de naranja disponible en la forma de no concentrado y jugo concentrado congelado en Florida (EE.UU.) expresado en CO<sub>2</sub>eq por galón.

Valiéndose del enfoque de ciclo de vida y la medición de los GEI (huella) se consideraron todos los eslabones de la cadena de suministro desde los viveros de cítricos hasta el punto donde realiza el cliente la compra (tienda de alimentos). El estudio calculó que las emisiones totales de GEI en un galón de jugo de naranja producido, en los escenarios de: con reposición de árboles (producto de los cultivos de naranja) y sin reposición de árboles, fue de 1,92 y 1,60 libras de CO<sub>2</sub>eq, respectivamente.

##### *Emisiones de CO<sub>2</sub> en la cadena de verduras frescas*

Caracciolo (2012) realizó una investigación donde evaluaron la incertidumbre de las estimaciones de la huella de carbono para la cadena de las verduras frescas en Italia. El trabajo contiene una descripción estadística significativa de los resultados de una amplia colección de estudios asociados a la medición de huella de carbono de esta cadena.

Los resultados encontrados mostraron una amplia variabilidad en las estimaciones que se evaluaron de estudios empíricos, y de igual forma, se encontró una gran cantidad de metodologías para las estimaciones huella las cuales dependen directamente características específicas de cada cálculo y de la metodología adoptada. En este sentido la unificación de métodos para este tipo de alimentos hay es insipiente.

##### *Huella de Carbono en la Industria del Vino*

Pattra (2010) desarrollo un estudio por medio de la Organización Internacional de la Viña y el Vino con el fin de desarrollar una metodología estándar y una herramienta relacionada con el cálculo de la huella de carbono robusta para el sector del vino.

En este estudio se aplicó esta herramienta a un vino analizado previamente utilizando la metodología de evaluación del ciclo de vida (LCA). Con el fin de poner a prueba la herramienta en lo que respecta tanto a sus potenciales y posibles limitaciones, y por lo tanto para evaluar su idoneidad como herramienta estándar.

A pesar de la facilidad de uso de la herramienta, se observaron una serie de limitaciones como la falta de datos de referencia precisos, una frontera parcial del sistema y la imposibilidad de hacer frente a la cuestión de la multifuncionalidad. Cuando la huella de carbono y los resultados del análisis del ciclo de vida se comparan en términos absolutos, las grandes discrepancias se hacen evidentes debido a una serie de supuestos diferentes, así como la estructura del modelo adoptado.

No obstante, en términos relativos, los resultados parecen ser consistentes. Sin embargo, una limitación importante de la metodología de la huella de carbono fue su enfoque en un solo tema, que puede conducir a sesgos. En conclusión, el estudio confirma la necesidad tanto de mejora y adaptación a los contextos adicionales y nuevos estudios para validar el uso de esta herramienta en diferentes empresas.

### **4.3 METODOLOGÍAS PARA EL CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA**

#### **4.3.1 Metodologías Disponibles (Estándares y Guías)**

Actualmente no hay un marco metodológico genérico y uniforme de medición de las emisiones de GEI en forma voluntaria, excepto algunas herramientas aprobadas por el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL y el EU-ETS (European Union Emissions Trading Scheme) que son propias de proyectos particulares y son empleadas con criterios y en procesos inherentes a programas circunscritos al protocolo de Kioto.

En consecuencia, en un corto periodo han surgido gran cantidad de metodologías que tienen como objeto la medición de emisiones de GEI, generadas ya sea por compañías, productos o servicios, regiones, eventos o personas. En la siguiente tabla (Ver Tabla 5) se resumen algunas de las más importantes a nivel de huella corporativa o de organización.

Tabla 5. Metodologías de Huella de Carbono Corporativa.

Herramienta	Autor	Carácter	Conformidad	Gases	Alcance	Libre
<b>GHG Protocol</b>	WBCSD - WRI	Sociedad Civil	ISO 14064/14065	6 GEI Kioto	Directas + indirectas	SI
<b>ISO 14064: 2006</b> (Partes 1 y 3)	ISO	Privado	Inspirado en GHG Protocol	Todos GEI	Directas + indirectas	PARCIAL
<b>Bilan Carbone</b>	ADEME	Público	ISO 14064/14065, GHG Protocol	Todos GEI	Directas + indirectas	PARCIAL
<b>PAS 2060</b>	Carbon Trust - British Standard Institute	Privado	ISO 14064/14065, GHG Protocol	Todos GEI	Directas + indirectas	NO
<b>CARROT</b>	Estado de California	Público	Inspirado en GHG Protocol	6 GEI Kioto	Directas + indirectas	SI
<b>Emissions Logic</b>	Carbonsim PTY Ltd.	Privado	EU ETS, GHG Protocol, US DOE 1605b, UK CCA, IPCC	6 GEI Kioto + NOX, SOX	Directas + indirectas	NO
<b>Carbon Management</b>	Carbon Trust	Privado	N/A	6 GEI Kioto	Directas + indirectas	SI
<b>CarMan/CarMon</b>	Ecofys	Privado	EU ETS	CO2	Directas + indirectas	NO
<b>Emission Manager</b>	Envirosoft Products Inc.	Privado	NPRI*	6 GEI Kioto + CO	Directas	NO
<b>Greenhouse Gas Suite</b>	Environmental Software Providers	Privado	ISO 14001, EU ETS, US1605b, GRI	6 GEI Kioto	Directas + indirectas	NO
<b>GEMS</b>	ICF International	Privado	Todas	CO2, CH4, NO2	Directas + indirectas	NO
<b>Greenware's Greenhouse</b>	Greenware Environmental System Inc.	Privado	GHG Protocol	CO2	Directas + indirectas	NO
<b>CO2 Navigator</b>	NTT Data Corporation	Privado	N/A	GEI Kioto	Directas + indirectas	NO
<b>SOFIEM</b>	PE international	Privado	EU ETS	CO2	Directas + indirectas	NO
<b>Carbon View</b>	Supply Chain Consulting	Privado	N/A	CO2	Directas + indirectas	NO
<b>Umberto</b>	Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH	Privado	Todas	CO2, CH4, N2O, HFC, PFC	Directas + indirectas	NO
<b>ISI Tool</b>	Ministerio del Ambiente de Bade-Wurtemberg	Público	GHG Protocol	Todos GEI	Directas + indirectas	NO
<b>Carbon Balance Sheet</b>	Carbonetworks Corporation	Privado	N/A	CO2	Directas + indirectas	NO

Fuente: Autores a partir de CEPAL (2010).

Como se puede apreciar en la Tabla 5, las metodologías referidas se diferencian entre por si:

- Autor: desarrollador de la metodología.
- Carácter: es decir si su origen es público (estatal), privado o sociedad civil (entidades con representatividad de la sociedad).
- Conformidad: las metodologías en las que está inspirado o se relaciona.
- Gases: número de GEI que considera.
- Alcance: si permite la evaluación de emisiones directas e indirectas.
- Libre: considera el libre acceso a la herramienta (instrumentos y guías). Si es “si” representa que tanto las guías como instrumentos son de acceso común. “No” indica que en ya sea en las guías o instrumentos su acceso es controlado. Y “parcial” se refiere a un acceso reducido de la metodología. Este aspecto involucra las licencias y los pagos a sus desarrolladores.

De las metodologías identificadas sobresale el GHG Protocol del WBCSD y WRI. Entre los elementos relevantes de dicho estándar está que es un método que ha inspirado otras herramientas, es decir es la base para otros instrumentos de medición de GEI. De igual forma su carácter de sociedad civil hace que su acceso sea libre en todos los aspectos (tanto guías y manuales) sin el pago de licencias o derechos de uso. De igual forma, el GHG Protocolo permite la evaluación de los 6 gases efecto de invernadero contenidos en el protocolo de Kioto con alcances directos e indirectos.

En este sentido la CEPAL (2010) identifica los sistemas centrales para el cálculo de emisiones de GEI los cuales por sus características y nivel aceptación en mercados americanos y europeos podrían ser empleados en América Latina y Colombia. Las metodologías enfocadas en el cálculo a nivel general de empresa son: GHG Protocol., ISO 14.064, Bilian Carbone y PAS 2060.

En la siguiente Tabla 6 se muestran las características identificadas por el Observatorio de la Sostenibilidad de España (2011), que son adicionales a las ya expuestas, y permiten incluir más elemento en la escogencia de una herramienta de cálculo en el entorno local.

Tabla 6. Metodologías de Huella de Carbono e Iniciativas de Huella más utilizadas en el mundo en el ámbito corporativo

GHG Protocol. WBCSD/WRI	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente reconocida; base para otros estándares.
ISO 14064: 2006 (Partes 1 y 3)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar Internacional verificable.
Bilan Carbone	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida.
PAS 2060	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Aplicación emergente.
Fuente: Adaptación de los autores a partir de Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad de España -OSE-, 2011.	

Tanto el GHG Protocol, la ISO 14.064, la Bilian Carbone y el PAS 2060 son métodos de aplicación voluntaria, sin embargo el GHG Protocol y la ISO 14.064 son de amplia difusión mundial (los otros dos métodos tienen difusión amplia en Europa). De los cuatro solamente el desarrollado por la ISO permite un proceso de verificación de tercera parte (certificación), lo que hace que sus guías sean licenciadas. Cabe señalar nuevamente que el GHG Protocol se reconoce como la base de otras guías en cálculo de huella.

A partir de lo exhibido se expondrán las reseñas de los cuatro estándares de mayor adaptabilidad en el entorno local:

#### *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*

El Greenhouse Gas Protocol fue implementado en el 2001 mediante la publicación del "*Corporate Standard*". Es una iniciativa del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y del World Resources Institutes (WRI). Se plantea como una colaboración conjunta entre empresas, ONGs y gobiernos (el GHG Protocol está apoyado por el USAID y el USEPA) que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de GEI.

El GHG Protocol suministra un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas de cálculo de emisiones de GEI. En particular, los métodos Bilan Carbone y PAS 2050, de alta aplicación en el mundo siguen las líneas de recomendación del protocolo GHG. Así también la norma ISO 14.064, desarrollada por el International Organization for Standardization (ISO), que apunta de nuevo a la definición de líneas generales de cuantificación de emisiones de GEI.

Cabe señalar, que el GHG Protocol se ha empleado en proyectos que se centran en las emisiones atribuibles directamente a la empresa. Por ejemplo, el alcance y

ámbito de aplicación 1 y 2 son requeridos por el programa *Climate Leaders* de la EPA. De igual forma, las normas ISO 14.064 para la verificación y contabilización de GEI basan sus directrices en el protocolo mencionado (RANGEL 2012).

De igual forma el GHG Protocol, además de constituirse como referente en términos de lineamientos generales, también ha desarrollado un conjunto de herramientas (software) para el cálculo de la huella de carbono inicialmente de empresas y luego de productos. La popularidad y el reconocimiento del GHG Protocol, y por supuesto el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas.

#### *International Organization for Standardization –ISO-*

El International Standard Organization (ISO) ha desarrollado y está desarrollando estándares relacionados con la medición de emisiones de GEI. Estos se inspiran en general, en estándares y metodologías desarrollados previamente, y tienen como objetivo ser un marco reconocido de confianza a los operadores de proyectos de medición de emisiones de GEI. A continuación se detallan los dos estándares más relevantes proporcionados por ISO relacionados con la huella de carbono.

#### *ISO 14.064 e ISO 14.065*

Las normas ISO 14.064 e ISO 14.065 tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI (en particular en el caso de empresas sometidas a obligaciones de reducciones de emisiones, en el marco del Protocolo de Kioto, el EU-ETS). Las normas pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Se pueden aplicar a todos los tipos de GEI, no estando limitadas al CO<sub>2</sub>.

Mientras el ISO 14.064 (implementado en el 2006) se divide en tres partes y se enfoca en la contabilización, reducción y verificación de GEI de empresas y administraciones, el ISO 14.065 (implementado en el 2007) apunta a entregar confiabilidad en los procesos de verificación y validación, definiendo requisitos a las organizaciones que realizan validaciones o verificaciones de emisiones de GEI.

## *Bilan Carbone™*

Bilan Carbone™ es un método de cálculo de emisiones de GEI desarrollado por la ADEME, organismo público francés. Sus primeras versiones fueron implementadas en el 2004 y responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14.064 y GHG Protocol. Con el apoyo de subvenciones estatales otorgadas a las entidades que utilizan este método para medir las emisiones de GEI (en Francia) el Bilan Carbone™ se transformó en la referencia metodológica en este país para las empresas, los particulares (existe una aplicación específica) y las colectividades territoriales. También se expandió, en grado menor, a los países limítrofes.

El Bilan Carbone™ se caracteriza por una visión amplia muy completa a través de distintos módulos que permite trabajar a nivel de empresas y eventos pero también de territorios y productos.

Esta metodología está basada en un programa en formato Excel, acompañado de guías de utilización. Se caracteriza por contar con los factores de emisión (en muchos casos determinados por numerosos países en el mundo) y de las fórmulas utilizadas, garantizando transparencia. Si bien la ADEME no vende licencias del Bilan Carbone™, los utilizadores deben seguir una capacitación, cuyo costo cercano a los 2.000 Euros. Así consiguen el conjunto de herramientas Bilan Carbone™ y pueden realizar análisis bajo la certificación Bilan.

## PAS 2060

El PAS 2060 fue elaborado en 2009-2010 por los mismos organismos que el PAS 2050. Está dedicado al cálculo de las emisiones de organismos (administración, empresas, sitio de producción), colectividades territoriales y particulares. Responde a las normativas del ISO y del GHG Protocol. Está disponible en internet bajo licencia paga y actualmente está en fase inicial de implementación.

Al igual que su símil 2050, el PAS 2060 se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios determinantes y que se debe tomar en cuenta para medir los GEI. Constituye una herramienta que suministra buenas prácticas de compensación de emisiones y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono.

### 4.3.2 Metodología para el Caso Colombiano

Unos de las organizaciones que se ha encargado de la difusión y aplicación de la huella de carbono en Colombia ha sido el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible CECODES, calidad del capítulo colombiano del Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD por sus siglas en inglés. Entre las metodologías adoptadas por este organismo a sus empresas de directorio se encuentran el GHG Protocol y la ISO 14.064<sup>9</sup>.

A sí mismo, en un estudio realizado para el caso colombiano de medición de huella de carbono (RANGEL 2012), donde se analizaron 8 de las 10 empresas más grandes de Colombia con el objeto de calcular su huella de carbono corporativa<sup>10</sup> se empleó la metodología GHG Protocol del WBCSD y WRI, donde se recalca su funcionalidad para la contabilidad de los GEI a través de los límites de la organización, permitiendo el seguimiento de las emisiones a través del tiempo, constituyéndose como una herramienta de un uso propicio a nivel corporativo.

Cabe señalar que el GHG Protocol está alineado con las directrices del IPCC para la elaboración de mediciones de emisiones de GEI que son requeridas de forma nacional. Su estructura contiene permite la aplicación de factores de emisión genéricos para la medición directa, siendo esto un gran avance en la práctica, ya que en algunos casos los factores no son de fácil acceso, incluso de alto costo para su adquisición.

Es así como, a través del GHG Protocol se pueden estimar emisiones de GEI por medio de factores de emisión recolectados de archivos históricos suministrados por organismos alrededor del mundo, incluso Colombia. El otro insumo que emplea esta metodología es la información particular de cada empresa de sus consumos energéticos: electricidad consumida, combustibles y uso de gases refrigerante.

---

<sup>9</sup> Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible CECODES. [En Línea]: Huella de Carbono. Enero de 2012. [Consultado 24 de junio de 2013] Disponible en Internet: <http://www.cecodes.org.co/index.php/beneficios/huella-de-carbono.html>

<sup>10</sup> Production and Operations Management Society POMS.[En Línea]:Carbon Footprint Analysis in Latin America: Colombian Case. Mayo de 2012. [Consultado 24 de junio de 2013] Disponible en Internet: <http://www.pomlearning.org/reno/fullpapers/020-0800%20Carbon%20Footprint%20Analysis.pdf>

En resumen, se puede decir con lo expuesto anteriormente, que una de las metodologías que más se acoplan al caso colombiano, y en particular al presente documento (cálculo de huella corporativa), es el GHG Protocol, por su acceso libre (guías y manuales), reconocimiento por entidades naciones, su difusión generalizada en los países demandantes de información de GEI, su alineamiento con la directrices del IPCC y Protocolo de Kioto y por el uso de insumos de costos moderados.

## 5. METODOLOGÍA

A partir de la revisión de la literatura y el perfil de la empresa en la cual se realiza el análisis<sup>11</sup>, se propone como método de medición el marco contable GHG Protocol desarrollado por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI). Este método de cuantificación abarca los seis GEI promulgados en el Protocolo de Kioto<sup>12</sup>.

A partir del protocolo se plantea el siguiente proceso de medición de la huella de carbono corporativa:

Ilustración 1. Proceso de Medición de la Huella de Carbono Corporativa



Fuente: Autores

### 5.1 DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES (SCOPES)

De acuerdo con el Protocolo GHG hay tres esferas principales para el cálculo de emisiones. Cada una implica diferentes límites (scopes) en los que la empresa puede medir sus emisiones (WRI-WBCSD 2010):

<sup>11</sup> La empresa analizada transforma materias primas para la fabricación de refrescos a base de fruta. Esta terceriza la producción de otra compañía dedicada a la producción de alimentos.

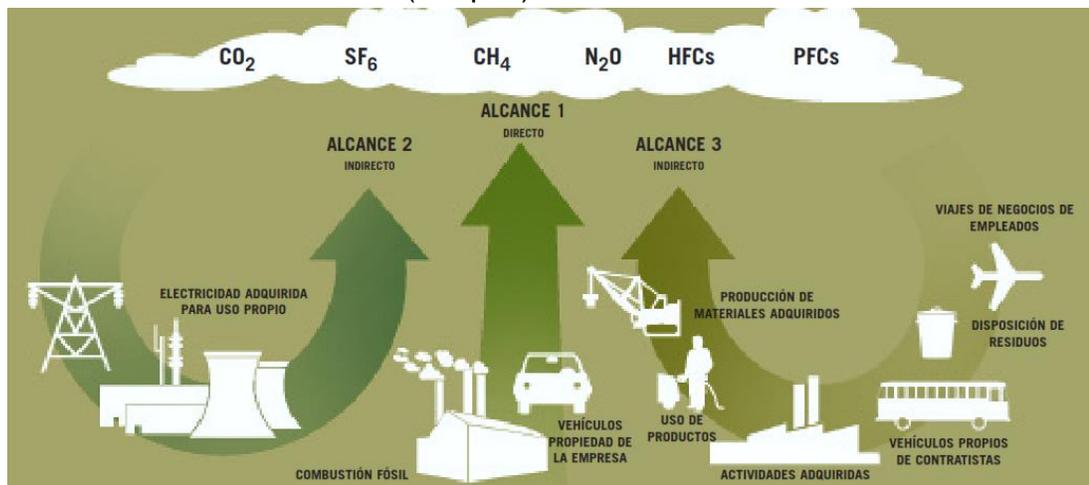
<sup>12</sup> Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Clorfluorocarbonados (CFC grupo de varios compuestos), Perfluorocarbonados (PFC grupo de varios compuestos), y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Scope 1: concierne a las emisiones directas, las cuales se generan en la esfera de influencia de la unidad o agente analizado, por ejemplo para una compañía, el consumo interno de energía, combustibles y residuos.

Scope 2: corresponde a las emisiones indirectas asociadas con la utilización de energía, por ejemplo el consumo de energía suministrada a través de redes interconectadas.

Scope 3: son todas las otras emisiones indirectas, por ejemplo, las emisiones asociadas a los proveedores de insumos y el uso y disposición final de los bienes generados.

Ilustración 2. Alcances (Scopes) considerados en el GHG Protocol



Fuente: (WRI-WBCSD 2010)

La huella de carbono corporativa se refiere a las emisiones de GEI, directas e indirectas de fuentes que son propias o controladas por la empresa, lo que significa que alcance 1 más alcance 2, sobre el cual se centrara el análisis del presente trabajo.

En suma, el alcance 1 incluye las emisiones directas procedentes de la quema de combustibles en calderas y hornos o vehículos de la empresa. El alcance 2 incluye las emisiones indirectas que se generan de la electricidad adquirida y consumida por la empresa.

Como se mencionó, el alcance (scope) 3 incluye el resto de las emisiones indirectas derivadas de las actividades de proveedores de insumos y el empleo y disposición final de los productos, siendo este cálculo esencial en la huella de producto.

Para esta esta parte del proceso de medición se emplean fuentes de información de la compañía que permitan contextualizar su operación, como tipo de actividad, operaciones que realiza la compañía y que tipos de consumos energéticos realiza. Para ello se emplean herramientas complementarias como la descripción de la Cadena de Abastecimiento<sup>13</sup> y el Ecomapa<sup>14</sup>.

## 5.2 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Para la metodología empleada la medición del consumo energético de la empresa es importante en relación con la posterior medición y reducción de las GEI ya que la utilización de diversos combustibles y fuentes de energías son las principales generadoras de dióxido de carbono.

En esta parte del proceso es necesario establecer el consumo directo e indirecto de energía, para ello se debe conocer las cantidades de combustibles empleados y los consumos de energía eléctrica reportados en la operación de la empresa.

Las fuentes de información son:

- Sistemas de facturación (facturas y registros de medición) y contabilidad y reporte de las áreas de compras o suministros.
- Registros internos de producción y de gestión de residuos.
- Los proveedores de energía y de servicios (especificaciones energéticas de maquinaria, bombillas, etc.)
- Sistemas de Gestión Ambiental, donde se realizan mediciones internas del consumo de energía.

---

<sup>13</sup> PIRES Silvio, CARRETERO Luis. Gestión de la Cadena de Suministros [Libro]. - [s.l.] : McGraw Hill/interamericana de España, 2007. P. 23-29.

<sup>14</sup> Ecomapping [En línea]: Our Tools & Methods. Bruselas: Ecomapping© Heinz Werner Engel, 2002 [Consultado 10 de febrero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.ecomapping.com/en/tools-methodes/ecomapping.html>

### **5.3 VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

Con el objetivo de estimar las emisiones generadas por las diversas fuentes de combustión en el ámbito mundial el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) propuso el empleo factores de emisión según el caso (región, país, tipo de actividad y tipo de producto).

Los factores de emisión son instrumentos que permiten hacer cálculos de la cantidad de emisiones de un determinado contaminante a partir de la fuente que se evalué. Estos factores cambian según el tipo de combustible y la actividad analizada, por ejemplo, según los sectores a evaluar como los dedicados a la generación de energía o sectores dedicados a procesos industriales. De igual forma se considera la tecnología utilizada como por ejemplo el uso de calderas, hornos y estufas.

El GHG Protocol se vale de estos factores para realizar los cálculos de las emisiones CO<sub>2</sub> derivadas de la actividad de una empresa, según los tipos de consumos de energías realizados, es decir empleo de combustibles fósiles y energía eléctrica.

Para la validación de los factores que puedan ser empleados en el análisis de la empresa de estudio se deben establecer los aplicables para el caso colombiano. Para tal fin se extraen de fuentes suministradas por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) y la Agencia Internacional de Energía (IEA).

En la siguiente Tabla 7 se muestran los factores de emisión de carbono para los combustibles más comunes, adoptados el IPCC y su equivalente como factores de emisión de CO<sub>2</sub>, calculado a través de la relación estequiométrica.

Tabla 7. Factores de emisión de carbono y CO<sub>2</sub> por combustible (kg/GJ)

Combustible	Estado	Factor de emisión (kg C/GJ) <sup>a</sup>	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ) <sup>b</sup>
Carbón	Sólido	26.8	94.53
Crudo	Líquido	20	73.28
Diesel	Líquidos	20.2	74.01
Gasolina		18.9	69.25
Kerosene		19.5	71.45
Gas propano GLP	Gas	17.2	63.02
Natural gas	Gas	15.3	56.06

a. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual IPCC, Bracknell, U.K.  
b. Calculado a partir de la ecuación estequiométrica: C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>

Fuente: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). UPME. Factores de emisión de los combustibles colombianos, 2003.

#### 5.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

Para el cálculo de las emisiones de GEI en la empresa evaluada, se emplea el proceso del GHG Protocol definido para consumo eléctrico y consumo de combustible. Este proceso indica que se deben convertir a unidades de CO<sub>2</sub> los gastos energéticos globales de la compañía, para así ser totalizados y constituir un único indicador, que puede ser calculado por distintos periodos, lo más común es que sea anual. En la Ilustración 3 se resume el proceso desde una óptica macro.

### Ilustración 3. Proceso de Cálculo de Huella



Fuentes: Autores

El proceso de transformar los consumos de combustibles y energía eléctrica en CO<sub>2</sub> puede resumirse de la siguiente manera:

- Emisiones por consumo eléctrico:

$$CE * FE * FC = \text{Emisiones de CO}_2 \text{ electricidad}$$

Donde,

CE: Consumo Eléctrico (KWh)

FE: Factor de Emisión Local o Nacional (gCO<sub>2</sub>/KWh)

FC: Factor de Conversión

- Emisiones por consumo de combustibles:

$$CU * LHV * EF * FC = \text{Emisiones de CO}_2 \text{ combustible}$$

Donde,

CU: Combustible Utilizado

LHV: Poder Bajo Calórico del combustible (Low Heating Value)

EF: Factor de Emisión del Combustible

FC: Factor de Conversión

Una vez calculado por consumo energético las emisiones de CO<sub>2</sub> (por tipo de energía y combustible empleado) se procede a totalizar los registros y consolidar un solo dato, que se constituye como el indicador de la huella total corporativa, en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente, de sus emisiones derivadas de la operación conjunta.

## **5.5 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE REDUCCIÓN**

Con los resultados obtenidos se pueden realizar análisis en pro de la identificación de escenarios que permitan la reducción de GEI de la siguiente manera:

- Emisiones de CO<sub>2</sub>e por alcance (scope)
- Emisiones de CO<sub>2</sub>e por fuente (combustibles, electricidad, refrigerantes)
- Evaluación de escenarios por sustitución de energías

El GHG Protocol recalca la medición de la huella por periodos definidos, para realizar su trazabilidad a lo largo del tiempo (meses, semestres y años). De igual forma establece la definición de un año base, que sirva como punto inicial para la comparación de las emisiones en la empresa.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para realizar la aplicación de la metodología del GHG Protocol se estimó la huella de carbono en una empresa que tiene como principal actividad la fabricación jugos de fruta, como referente de una compañía que elabora productos de alimento de consumo masivo, en el sector de alimentos colombiano.

### 6.1 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA EMPRESA PRODUCTORA DE JUGOS DE FRUTA

El proceso llevado a cabo se resume en la Tabla 8:

Tabla 8. Proceso Seguido para el Cálculo de Huella

Etapa	Objetivo	Actividades
1	Contextualizar el entorno de la empresa productora de jugos para definir los alcances de estudio.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caracterización de la empresa</li><li>• Definición cadena de abastecimiento</li><li>• Ecomapa</li><li>• Definición de los alcances de estudio</li></ul>
2	Recolección de la información de consumos energéticos y validación de los factores de emisión.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recolección de los datos referentes a consumos de combustibles y electricidad.</li><li>• Identificación factores de emisión</li></ul>
3	Cálculo por fuente de energía de las emisiones de CO <sub>2</sub> , totalización de la huella y análisis de registros de CO <sub>2</sub> obtenidos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollo de calculadora para la huella</li><li>• Definición año base</li><li>• Análisis de los resultados</li></ul>

Fuente: Autores

Como se mostró Para la estimación de los gases de efecto invernadero y el posterior cálculo de la huella de carbono en la empresa seleccionada se realizó un proceso que consta de tres etapas.

En la etapa uno se realiza una identificación de los componentes esenciales de la cadena de suministro del proceso productivo de los refrescos, más específicamente en la elaboración de jugo de fruta. De igual forma se aplica un ecomapa, ambas actividades con el fin de identificar plenamente los límites

organizacionales que permiten la caracterización y estimación de los gases emitidos.

En la etapa dos se recolecta la información correspondiente al consumo de combustibles y de energía eléctrica por área de la empresa, empleando los insumos obtenidos de la etapa uno, para la correcta identificación de la planta de producción, identificando maquinarias, actividades consumidoras de combustibles, así como emisoras de GEI a partir del uso de aires acondicionados que participan en la producción.

Finalmente en la etapa 3 con la información capturada se aplica una conversión para ser analizados bajo una misma unidad (emisiones de carbono equivalentes CO<sub>2</sub>e) y ser constitutivos del cálculo total de la huella de carbono. Para dicha conversión se utilizan los factores de emisión, los cuales son suministrados por estudios previos y entidades encargadas de su elaboración.

Las estimaciones son consolidadas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, donde se calcula por consumo de combustible y gasto de energía eléctrica de la compañía y se realiza su correspondiente conversión a emisiones de carbono equivalente CO<sub>2</sub>e. Por último todas las emisiones de carbono serán sumadas para obtener el total de unidades de carbono equivalentes de todo el proceso productivo, teniendo como resultado la huella de carbono del jugo de fruta por año.

Un elemento que permite análisis posteriores con la huella de carbono es el establecer un año base de las mediciones. Con la información seleccionada se estableció como año base el 2008 de los cinco años en consideración (de 2008 a 2012) para revisar tendencias y la gestión de los recursos que afectan de una u otra manera la generación de emisiones en la empresa y por ende del resultado final de la huella.

Un factor importante que se debe considerar en el sector de los alimentos, y en especial en la producción de bebidas no alcohólicas, es el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales son generadoras de emisiones de GEI, en especial de metano.

En el presente estudio el tratamiento empleado con las aguas residuales es a partir de un método aerobio, el cual es libre de emisiones. En este caso en particular, no hay generación de gases de efecto invernadero vía metano. En otros casos las plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan el método anaerobio generan grandes cantidades de dichos gases.

## **6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA**

La aplicación del cálculo huella se realizó a una empresa ubicada en Colombia, que hace parte de la industria de alimentos de consumo masivo. Su producto está catalogado dentro de la sección de bebidas no alcohólicas<sup>15</sup>. Por razones de confidencialidad su nombre es omitido.

La empresa realiza transformación de materias primas para la elaboración de refresco a base de fruta y opera tercerizando la producción de una importante multinacional dedicada a la producción de alimentos. La empresa tiene trece años de funcionamiento y cuenta con más de ciento cincuenta empleados en su mayoría residentes de zonas aledañas donde funciona.

La empresa está certificada en tres importantes normas ISO 9001, ISO 14001 y OSHAS 18001. Esto como parte a las exigencias y alineamientos con la compañía dueña de la producción.

La operación de la empresa consiste en recibir de la multinacional (dueño de la producción) las materias primas, insumos y materiales de empaque para realizar un proceso de transformación de las mismas a través de procedimientos industriales, que garanticen las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas exigidas por el dueño de la producción.

La empresa dueña de la producción es la encargada de planear las cantidades de producción desde su área de planeación. La producción está determinada por la capacidad de la planta y la demanda del producto elaborado. El producto final es distribuido nacionalmente y a otros países como Ecuador y Aruba.

## **6.3 COMPONENTES DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO**

El ciclo productivo de los refrescos inicia con la entrada de las materias primas a la bodega en donde se almacenan mientras el proceso productivo lo requiera. El equipo de aseguramiento de calidad se encarga de realizar muestreo de los materiales, materias primas e insumos con el fin de asegurar que estos correspondan según lo definido en las fichas técnicas. Seguidamente de la evaluación de la anterior actividad se procede a realizar la liberación de los materiales para que el área de producción haga uso de estos dependiendo del orden del programa de producción asignado por el área de abastecimiento.

---

<sup>15</sup> Corresponde a la actividad 1104 del código CIIU. Código Industrial Internacional Uniforme – Revisión 4 (adaptación para Colombia).

En el área de producción se cuenta con zonas que se dispones exclusivamente para la preparación de producto, en donde se cuenta con mezcladores, homogeneizadores, equipos de *vehiculización* de materias primas y *microingredientes*, pasteurizadores, *ultrapasteurizadores*, enfriadores, baterías de CIP (Cleanning in Place) que abastece los productos de limpieza, desinfección y aguas de enjuague de dichos lavados.

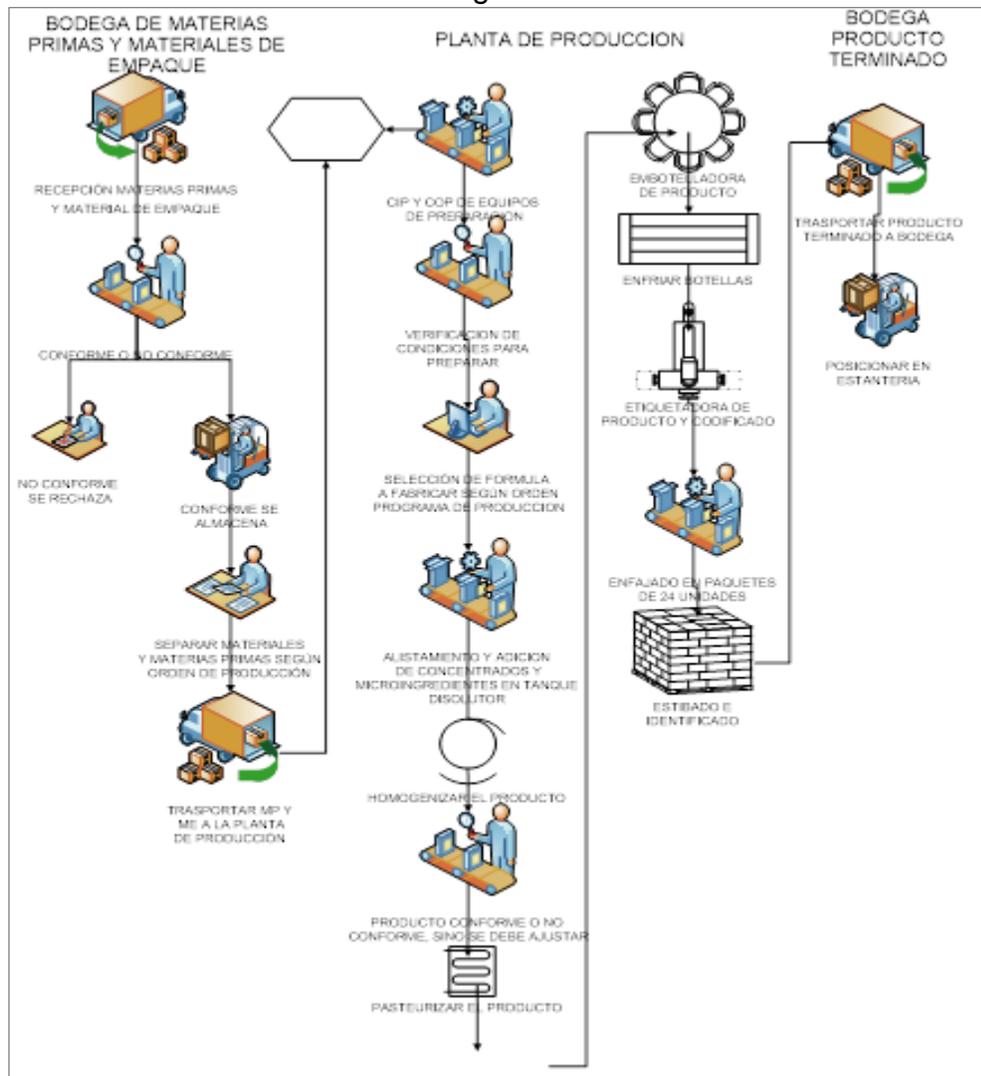
Para el funcionamiento de los equipos anteriormente mencionados, se requiere contar con el área de servicios industriales que suministre, aire, vapor y frio, para ello se cuenta con compresores, calderas los cuales son los consumidores de energía eléctrica y combustibles.

El proceso inicia con la descongelación de los concentrados de fruta a temperatura ambiente, las cuales deben cumplir con tiempos establecidos según las frutas a preparar. Dichos concentrados son transportados al área de preparación y se vierten en equipos tipo marmita. Paralelo a lo anterior se preparan los *microingredientes* según la formulación de cada referencia que son vehiculizados mediante un tornillo sin fin con el azúcar. Estos ingredientes son enviados a un primer tanque en donde se realiza la homogenización durante tiempos establecidos. Inmediatamente se cuenta con el jarabe homogéneo, se toman muestras para análisis fisicoquímicos revisando que se encuentren dentro de parámetros para liberar el *batch* (lote de producto) y proceder al proceso de pasteurización con las temperaturas definidas. Después se deben tomar nuevamente muestras para evaluaciones de calidad para envió del producto a las máquinas de embotellado.

Los refrescos son empacados en botellas PET, que han sido previamente lavadas con máquinas especializadas. El proceso siguiente es tapar, enfriar cuando el producto es empacado en caliente, codificar y etiquetar con etiquetas *termoencogibles* que requieren pasar las botellas por hornos de vapor para que se adhieran las etiquetas a la botella. Finalmente se cuenta con máquinas *enfajadoras* que son la que agrupan las botellas para tener más practicidad en el embalaje y transporte del producto terminado tanto internamente como en el mercado.

El producto terminado es entregado al área logística para que sea transportado y almacenado en las posiciones de la bodega para contabilizar dentro de los inventarios hasta que el dueño de la producción la requiera para despacho a sus centros de distribución (ver Ilustración 4).

Ilustración 4. Proceso Productivo del Jugo de Fruta

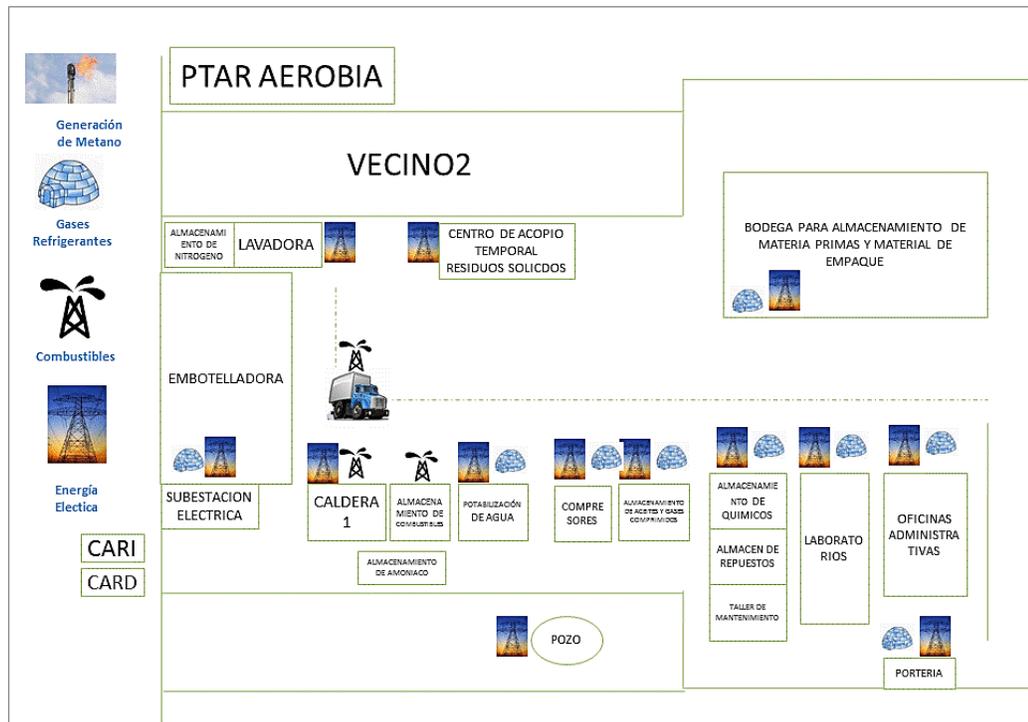


Fuente: Autores

## 6.4 ECOMAPA

Para una identificación más rigurosa de los lugares en donde hay consumos energéticos (energía eléctrica y combustibles fósiles) se aplicó la herramienta Ecomapa, en la Ilustración 5 se puede apreciar el resultado aplicado a la empresa evaluada.

Ilustración 5. Ecomapa Empresa de Productora de Jugos de Fruta



Fuente: Autores

A continuación se describirán las operaciones y procesos productivos que se realizan al interior de la empresa evaluada, incluyendo su planta de producción, donde se identifican y caracterizan las fuentes de consumo más importantes.

Los consumos generados en la planta de producción se pueden clasificar en cinco grandes grupos:

- **Servicios Industriales:** Incluye los consumos de combustibles en Calderas para transformar el agua en vapor, consumo de energía en sistema de torres de enfriamiento y banco de hielo, consumo de refrigerantes en

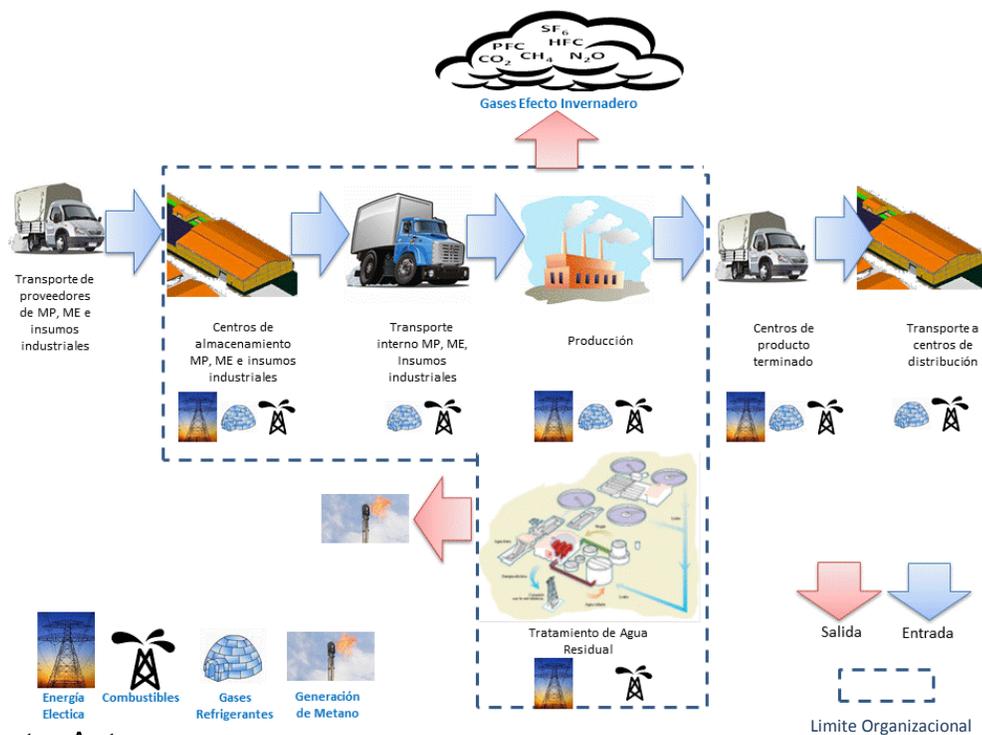
pasteurizadores, enfriadores, homogenizadores y algunas mordazas de sellado. Con respecto a los refrigerantes usados en pasteurizadores se tuvo en cuenta el uso de amoníaco y glicol, los cuales no están incluidos dentro de los listados de productos que generen gases de efecto invernadero o que son considerados como carbono neutro.

- CIP: La Planta cuenta con un sistema de limpieza en sitio CIP (Cleanning in Place) centralizado, que abastece los productos de limpieza, desinfección y aguas de enjuague de dichos lavados. Los consumos de energía se deben al empleo de bombas, motores, variadores, sistemas de medición de flujo en línea, entre otros.
- Producción: incluye el consumo de energía y refrigerantes en la fabricación de los productos por el uso de los equipos pasteurizadores, homogenizadores, mezcladores y empacadores. También se contabilizan los consumos energéticos de otros equipos de apoyo zonas generales de trabajo. Adicionalmente existen algunos equipos, líneas y tanques que tienen sus propios sistemas independientes y generan consumos de energía y refrigerantes.
- Transporte Interno: Se consumen combustibles como gasolina y Diésel dentro de la planta dado por la realización de traslados internos de materiales, materias primas y producto terminado de la bodega a la planta y viceversa. También hay presencia de equipos como montacargas para realizar maniobras en patios, los cuales también consumen Diésel.
- Transporte Externo: es importante aclarar que para efectos de este trabajo no se tendrán en cuenta los consumos de combustibles y refrigerantes por el transporte de la planta al cliente final, debido a que este transporte está a cargo de proveedores y corresponden a un alcance tipo 3, que tal como se ha definido anteriormente, no hace parte la actual contabilidad de gases de efecto invernadero.
- Otros Consumos: Son los consumos anexos a la producción, inherentes a la estructura y facilidades de la Planta. Incluyen el uso de energía eléctrica en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Potable, los laboratorios, el Tratamiento de Agua del Pozo Profundo, las instalaciones en general (bodegas, CAT, zonas de acopio, patios de maniobras, lavado de cubetas, oficinas, el casino, cafetería, los baños, el taller de mantenimiento, etc).

## 6.5 DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES ORGANIZACIONALES

En la Ilustración 6 se detalla los límites organizacionales de la empresa analizada. De igual forma se identifica las variables (fuentes de emisiones directas e indirectas, fijas y móviles, que consumen combustibles fósiles o generadoras de gas metano) que serán evaluadas dentro del proceso de estimación de GEI.

Ilustración 6. Límites Organizaciones



Fuente: Autores

Cada una las actividades que hacen parte de los límites organizacionales consume determinados recursos según sus necesidades para su operación.

Como se puede apreciar los centros de almacenamiento de materias primas, material de empaque e insumos industriales tiene presencias de consumo de energéticos a partir de consumo de refrigerantes y consumo de los combustibles.

Se consideró el consumo de refrigerantes y combustibles ligados al transporte interno de materias primas, material de empaque, insumos industriales, que son llevados de los centros de almacenamiento o bodegas a la planta de producción y a su vez el producto terminado que es trasladado de la planta de producción a los centros de almacenamiento.

En producción hay consumos tanto de combustibles fósiles, energía eléctrica como de refrigerantes.

Aunque en la línea punteada del mapa de proceso (Ilustración 6) se tiene en cuenta, la generación de metano por el tratamiento de aguas residuales, dentro de la estimación realizada no hay registro de dichas emisiones, debido a que la empresa en donde se realizó la aplicación cuenta con una planta anaerobia en donde este tipo de gases de efecto invernadero es neutro.

Sin embargo, dentro del modelo en la calculadora de huella, hoja de cálculo, se incluirá para que las empresas del mismo sector, en caso de contar con emisiones de metano, lo puedan contabilizar y a su vez hacer la estimación de la huella de carbono con esta variable.

No se consideró el consumo de combustibles por el transporte del producto terminado al cliente o consumidor final, debido a que los vehículos utilizados para tal fin pertenecen a un *outsourcing* contratado por la compañía dueña de la producción.

## **6.6 DEFINICIÓN DE LOS ALCANCES (SCOPES)**

Dentro de los límites organizacionales considerados se identifican los alcances (scopes) que se tendrán en cuenta para la estimación de la huella de carbono. Estos alcances también son conocidos como límites operaciones.

### **6.6.1 Alcance 1**

Contabilización de las emisiones generadas por los consumos de combustible fósiles de las cuales la compañía tenga control operativo. Incluye:

- Operación sede única que comprende consumos energéticos de planta de producción (fuente fija), centro de almacenamiento (fuente fija), transportes internos (fuente móvil), y planta de tratamientos de aguas residuales (fuente fija).

### **6.6.2 Alcance 2**

Incluye la contabilización de los consumos generados por electricidad comprada para este el caso analizado:

- Operación sede única que comprende de planta de producción (fuente fija) y centro de almacenamiento (fuente fija).

### **6.6.3 Alcance 3**

En este alcance contabilizan las emisiones generadas por actividades fuera de los límites administrativos y de control de la compañía. La operación de estas actividades está ejercida por la compañía dueña de la producción.

## **6.7 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La recolección de la información se hizo con de fuentes de información la compañía a partir de su sistemas de gestión de la calidad y ambiental.

Las inputs usados fueron de información son:

- Facturas
- Registros de medición
- Informes de contabilidad
- Registros de producción
- Fichas técnicas de maquinarias
- Los proveedores de energía y de servicios

Para el levantamiento de la información pertinente se realizaron visitas para conocer detalladamente el funcionamiento de las instalaciones de la empresa y su planta de producción, de igual forma para definir los alcances de medición a considerar. Las visitas permitieron la verificación de los métodos utilizados para obtener información de las variables de interés.

Entre los hallazgos de las visitas se pudo constatar que la empresa cuenta con medidores de consumo de energía calibrados y confiables, también se encontró que el combustible tiene un estricto control del consumo y por ende el inventario del mismo es de manera rigurosa.

Para el inventario de las sustancias refrigerantes se evidencio que la compañía a través de proveedores realiza las labores de reposición y cambio de gases refrigerantes. Estos controlan, miden y llevan el inventario de dichos gases con implementos calibrados y debidamente certificados. Cabe anotar que la empresa

al no medir estos gases refrigerantes por cuenta propia no posee en tiempo real su cuantificación.

La validación realizada en la compañía permite dar la certeza que la información empleada sea confiable y que los resultados obtenidos puedan ser usados para orientar el mejor uso de factores de producción dentro de todo el proceso y reducir la huella de carbono a posteriori.

## **6.8 VALIDACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN Y PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE EMISIONES**

### **6.8.1 Validación Factores de Emisión**

Con el fin de estimar las emisiones generadas por las diversas fuentes de combustión el GHG Protocol establece el uso de factores de emisión apropiados para cada caso. Los factores de emisión que se deben emplear, así como sus correspondientes fuentes son suministrados por entidades nacionales e internacionales, como IPPC, IEA, GHG protocol, Informe de inventarios GEI nacionales, entre otros.

Para estimar la cantidad de emisiones de un determinado combustible es necesario el uso de los factores de emisión dependiendo del tipo combustible utilizado y a la actividad en donde se realice su combustión y / o tecnología usa para ello.

La Tabla 9 muestra los factores de emisión de carbono para los combustibles más comunes, electricidad y gases refrigerantes suministrados por la UPME (basados en metodología propuesta por la metodología IPCC), la International Energy Agency y el estudio de Calm y Hourahan (2001).

Tabla 9. Factores de Emisión Empleados

<b>Diésel*</b>	LHV	42,67	MJ/kg
	Factor emisión CO <sub>2</sub>	73.920	kg/TJ
	Densidad 15°C	842,5	kg/m <sup>3</sup>
<b>Oil crude*</b>	LHV	39,64	MJ/kg
	Factor emisión CO <sub>2</sub>	79.019	kg/TJ
	Densidad 15°C	816	kg/m <sup>3</sup>
<b>Gas Natural Genérico*</b>	LHV	33,8	MJ/Nm <sup>3</sup>
	Factor emisión CO <sub>2</sub>	55.101	kg/TJ
<b>Gas Propano*</b>	LHV	123,88	MJ/kg
	Factor emisión CO <sub>2</sub>	66.254	kg/TJ
	Densidad relativa líquido	0,507	Adimensional
<b>Aguas residuales*</b>	Factor emisión CH <sub>4</sub>	0,25	kg CH <sub>4</sub> /kg DQO
<b>Metano*</b>	GWP	25	Adimensional
<b>Gasolina*</b>	LHV	42,44	MJ/kg
	Factor emisión CO <sub>2</sub>	74.570	kg/TJ
	Densidad 15°C	723,5	kg/m <sup>3</sup>
<b>Electricidad**</b>	Factor emisión CO <sub>2</sub>	0,153	kg CO <sub>2</sub> /kWh
<b>Refrigerantes***</b>	R22	1.700	tCO <sub>2</sub> eq

Fuentes:

\* Unidad de Planeación Minero Energético. UPME. Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos FECOC (2003). Tabla FECOC. Tomado de [www.siam.gov.co](http://www.siam.gov.co)

\*\* International Energy Agency. IEA. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2012). Emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de electricidad y generación de calor en Colombia. Promedio 2008-2010

\*\*\* Refrigerant Data Summary (2001). James M. Calm and Glenn C. Hourahan. Engineered Systems, 18(11):74-88, Noviembre 2001.

## 6.8.2 Calculo de Emisiones Combustibles Fósiles

Para los consumos de combustibles fósiles, se realizó la consolidación de la información del consumo de combustibles líquidos y gaseosos en unidades de volumen y con las fichas técnicas de los combustibles adquiridos por la compañía.

Se obtuvo su densidad para contar con información en unidades de kilogramos que son propias para realizar la multiplicación por los factores de emisión

correspondientes a cada combustible y así obtener las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Las emisiones generadas por la quema de combustibles líquidos corresponde a su uso en hornos, calderas y en otros equipos (como las plantas de generación de emergencia, compresores y cocinas de los casinos).

Dentro de las emisiones provenientes de fuentes fijas se encuentra el consumo de combustibles gaseosos, como el gas natural, los cuales se obtuvieron, de igual manera que los líquidos, en unidades de volumen. Al igual que para los combustibles líquidos, para obtener su equivalente en CO<sub>2</sub>, deben ser transformados por medio de su factor de emisión.

Los factores de emisión escogidos para procesar la información de combustibles líquidos y gaseosos (ver Tabla 9) provienen de los Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos (herramienta o tabla FECOC<sup>16</sup>).

En las tablas 10 y 11 se describen los pasos realizados para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto para los combustibles líquidos y gaseosos.

---

<sup>16</sup> Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). UPME. Factores de emisión de los combustibles colombianos, 2003.

Tabla 10. Calculo de Emisiones de CO2 por Quema de Combustibles Líquidos

	Consumo de combustibles líquidos en kilogramos	
Recolectar información		
	Pedir al proveedor la densidad del combustible	
Convertir las unidades de densidad a Kilogramos / metros cúbicos $\frac{kg}{m^3}$		
<p>La masa de combustible resulta de Multiplicar consumo en metros cúbicos (m3) por la densidad</p> $masa\ de\ combustible\ consumido\ kg = m^3 \times \frac{kg}{m^3}$		
Encontrar el poder calorífico inferior LHV		
<p>Para Calcular la energía consumida, multiplicar el poder calorífico inferior por los kilogramos de combustible consumidos</p> $LHV \left( \frac{MJ}{kg} \right) \times kg = MJ$		
Escoger en la tabla de FECOC el factor de emisión correspondiente		
<p>Para Calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, multiplicar la energía consumida por el factor de emisión, pero antes convertir todos en iguales unidades de medida</p> $MJ\ Consumida \times factor\ de\ emision\ \frac{kg}{TJ} = kg\ de\ CO2$ $kg\ de\ CO2 \times \frac{1}{1000} = toneladas\ de\ CO2$		

Fuente: Autores

Tabla 11. Calculo de Emisiones de CO<sub>2</sub> Consumo de Combustibles Gaseosos en m<sup>3</sup>

	Recolectar información	
--	------------------------	--

	Encontrar el poder calorífico inferior LHV	
--	--	--

	Escoger en la tabla de FECOC el factor de emisión correspondiente	
--	---	--

<p>Para Calcular la energía consumida, multiplicar el poder calorífico inferior por los kilogramos de combustible consumidos</p> $LHV \left( \frac{MJ}{Nm^3} \right) \times V Nm^3 = MJ \text{ consumidos}$
---

<p>Para Calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, multiplicar la energía consumida por el factor de emisión, pero antes convertir todos en iguales unidades de medida</p> $MJ \text{ Consumida} \times \text{factor de emision} \frac{kg}{TJ} = kg \text{ de CO}_2$ $kg \text{ de CO}_2 \times \frac{1 \text{ Ton}}{1000} = toneladas \text{ de CO}_2$ $1 \text{ TJ} = 1000000 \text{ MJ} ; 1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$
--

Fuente: Autores

Aunque no aplica en el caso de estudio actual, en la tabla 12 se especifican los pasos a seguir en caso de contabilizar un proceso anaerobio de tratamiento de aguas residuales. De igual manera se deberá revisar si se requiere la cuantificación de emisiones provenientes de los biodigestores de lodos.

Tabla 12. Cálculo de las emisiones de metano provenientes del tratamiento anaerobio de aguas residuales

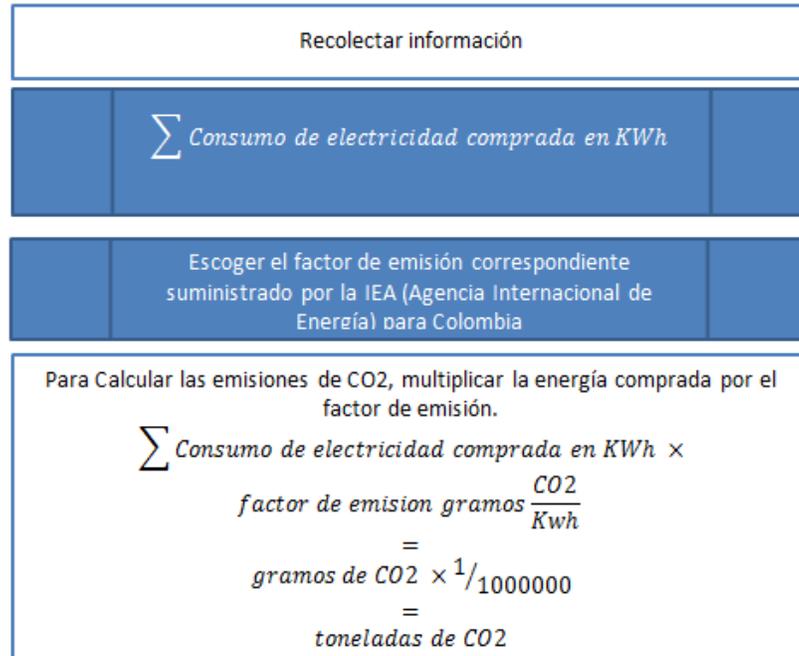
Recolectar información		
	Calcular el caudal: DQO del afluente DQO del efluente	
	Calcular el caudal: SST del afluente SST del efluente	
	Calcular la remoción anual del DQO $\sum \text{remoción de DQO En Kg}$	
<p>Para Calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, multiplicar la DQO removida por el factor de emisión.</p> $\frac{\sum \text{remoción de DQO En Kg} \times \text{factor de emisión [kg CH}_4 \div \text{kg DQO]}}{1000}$ <p style="text-align: center;">= toneladas de CO<sub>2</sub></p>		

Fuente: Autores

### 6.8.3 Cálculo de Emisiones Energía Eléctrica

Se independizó el consumo de la energía eléctrica dentro de la base de datos de la información de la empresa en unidades de kilowatios hora para de esta manera determinar el factor a usar según la información de factores de emisión suministrado por la agencia internacional de energía para Colombia (ver tabla 9), este factor esta dado en unidad de gramos de CO<sub>2</sub> por kilowatios hora y se multiplica por el consumo de energía eléctrica total. En la Tabla 13 se describen los pasos realizados para el cálculo de las misiones de CO<sub>2</sub> por consumo de electricidad adquirida.

Tabla 13. Cálculo de la Emisiones de CO<sub>2</sub> por Consumo Eléctrico



Fuente: Autores

## 6.9 APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Para el cálculo de la huella de carbono se desarrolló una aplicación en una hoja de cálculo bajo el programa Excel. Esta permite ingresar la información de los consumos energéticos de una compañía, en nuestro caso la empresa analizada, para operar de forma automática los factores de emisión y calcular la huella total de carbono.

La herramienta fue alimentada con los métodos de cálculo descritos en la sección anterior y la información suministrada por la empresa evaluada.

Debido a la generalidad del sector es posible desde la aplicación adicionar o modificar las bases de datos que contienen los consumos de diferentes combustibles y calcular huellas de carbono en otras compañías (ver Anexos).

## **6.10 DEFINICIÓN AÑO BASE**

Se tomó el primer año para el que se realiza el inventario de los GEI como año base. Esto permite hacer comparaciones a lo largo del tiempo y así evaluar las posibles reducciones y el desempeño que se pueda lograr con proyectos de reducción de emisiones.

Tal y como se mencionó anteriormente, dentro de la compañía se identificó que la información es totalmente confiable a partir del año 2008 y por lo tanto fue este el año preciso para definirlo como base para el proyecto.

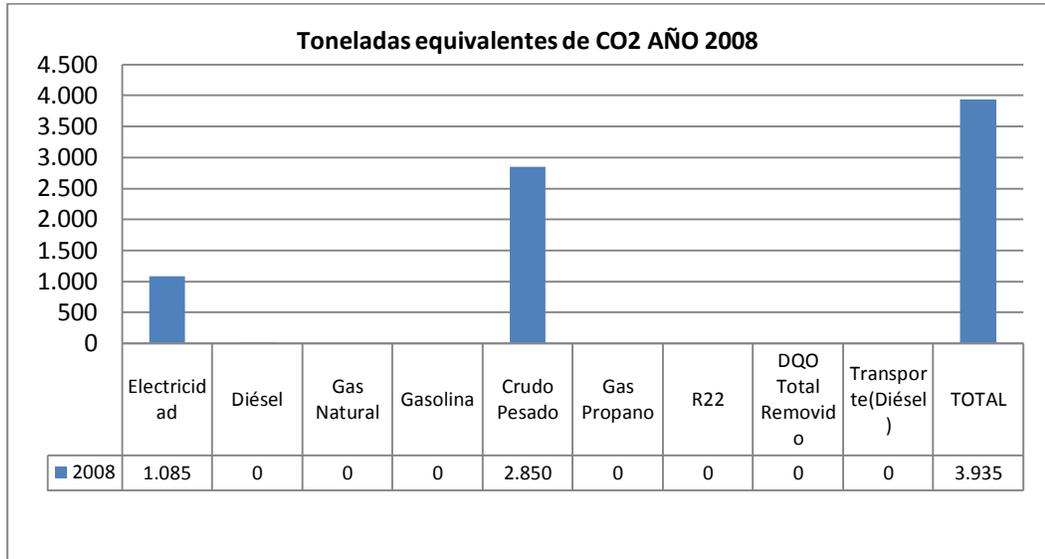
## **6.11 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LA HUELLA**

Gracias a los resultados obtenidos se identificó que existen un gran porcentaje de emisiones generadas por la empresa que provienen del consumo de combustibles fósiles y de emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, es decir que serán esta dos variables a las que la empresa en principio debe concentrar su mayor atención para la aplicación de programas o iniciativas que reduzcan la emisiones de gases efecto invernadero.

El año base establecido (2008) representa un punto de partida para plantear las estrategias para minimizar las toneladas equivalentes de gases de efecto invernadero y así identificar las variables más críticas de cara a la reducción de dichos gases.

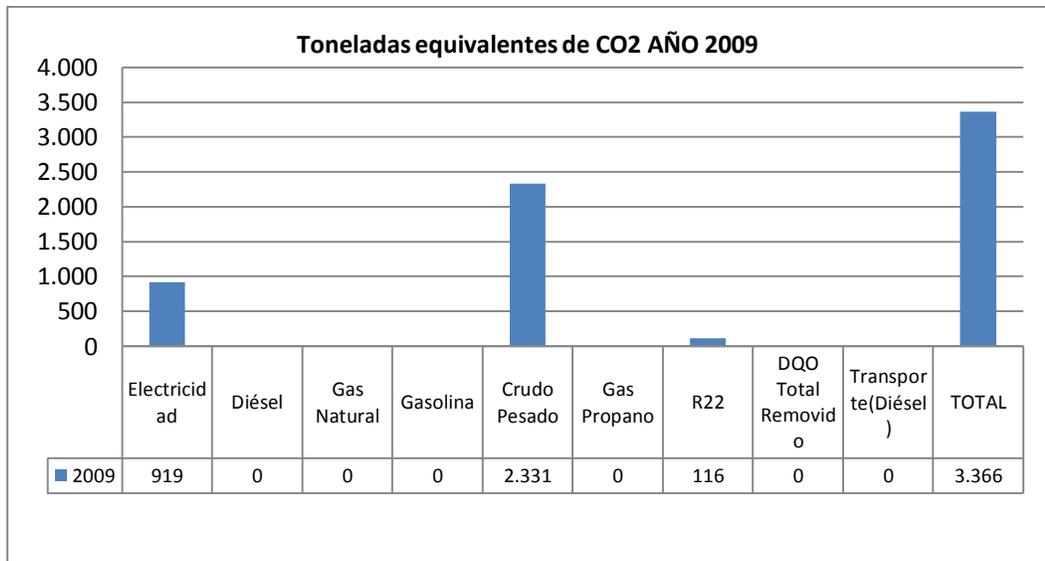
Una vez establecidos los parámetros de medición adecuados para usarse en la estimación de la huella (GHG Protocolo) identificada la información necesaria se estimó la huella de carbono de la planta productora de bebidas (jugo de fruta) con los siguientes resultados que se pueden apreciar en de las Ilustraciones 7 a la 10. Un mayor detalle de las resultados se encuentra en los Anexos.

Ilustración 7. Resultados Huella de Carbono año 2008



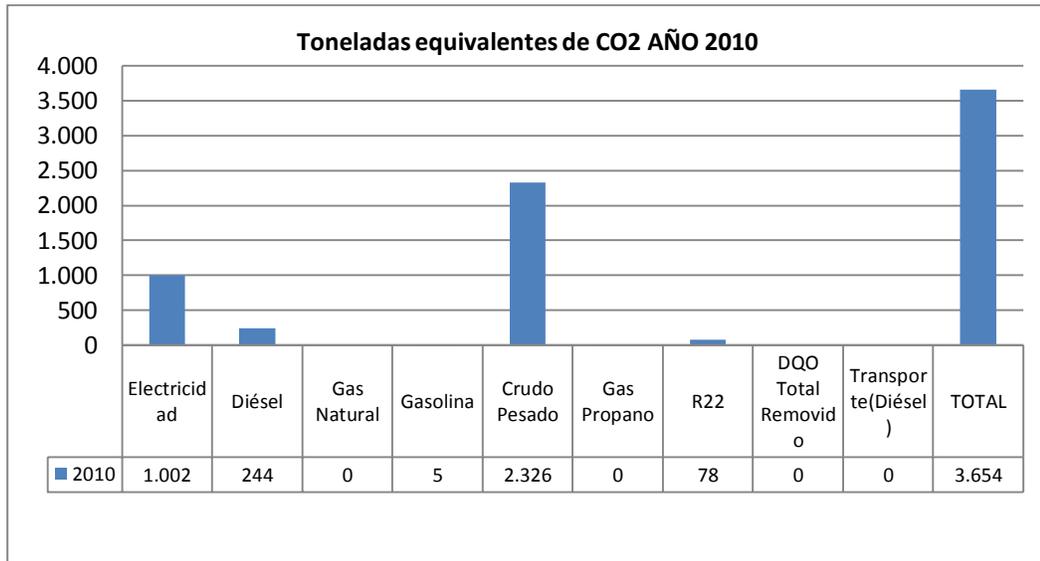
Fuente: Autores

Ilustración 8. Resultados Huella de Carbono año 2009



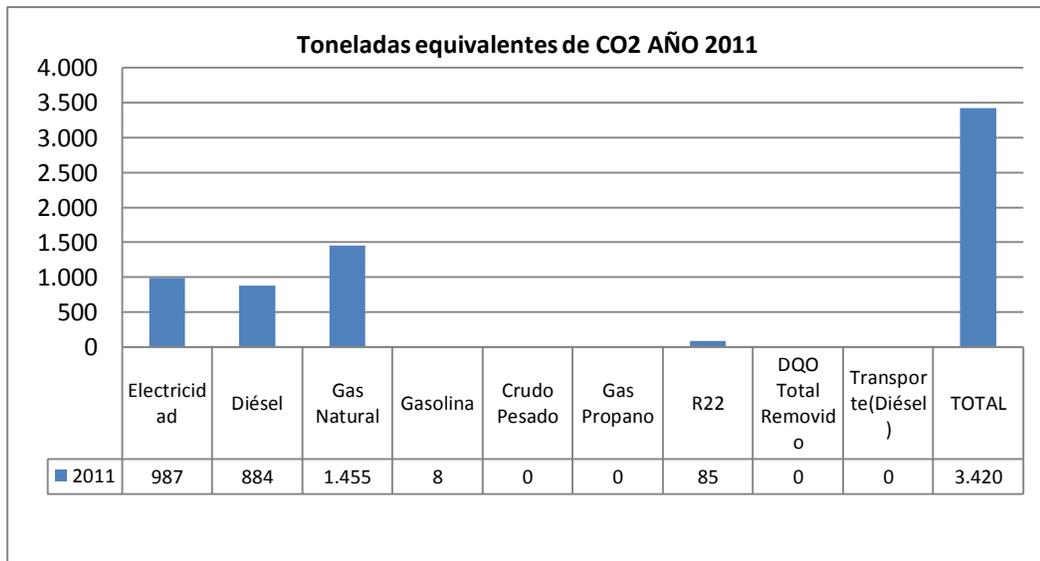
Fuente: Autores

Ilustración 9. Resultados Huella de Carbono año 2010



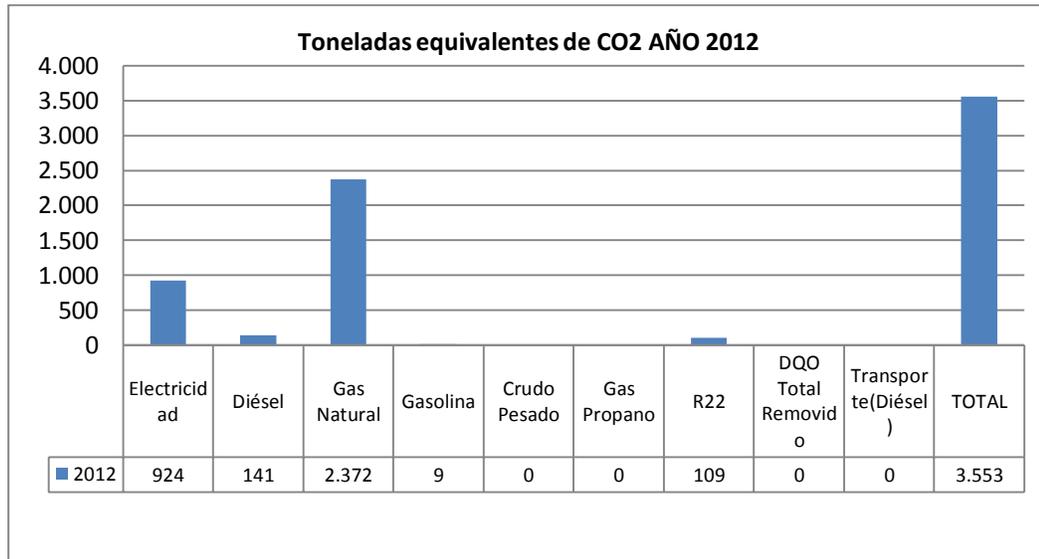
Fuente: Autores

Ilustración 10. Resultados Huella de Carbono año 2011



Fuente: Autores

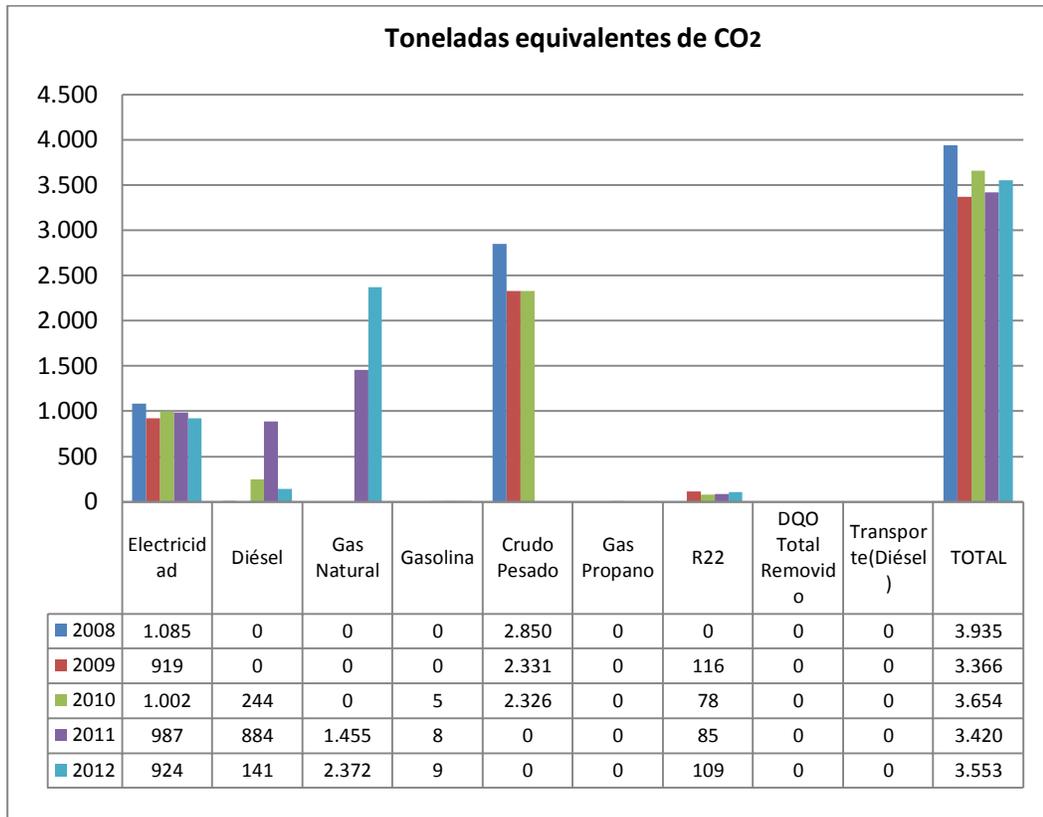
Ilustración 11. Resultados Huella de Carbono año 2012



Fuente: Autores

Como se puede observar en las ilustraciones no se encontró uso de biomasa o energías alternativas en los procesos incluidos dentro de los límites operacionales.

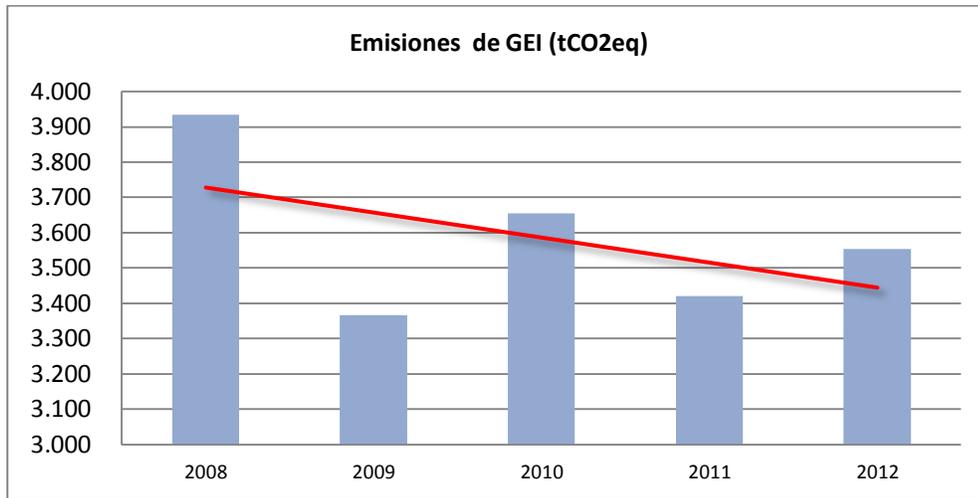
Ilustración 12. Resultados Huella de Carbono años 2008 a 2012



Fuente: Autores

Las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> anuales han presentado una tendencia decreciente (ver ilustración 13), en el año 2008 se registraron 3.935 t, en 2009 3.366 t, para 2010 se emitieron 3.654 t y 3.420 t en 2011. Finalmente en 2012 las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzaron las 3.553 toneladas.

Ilustración 13. Tendencia Huella de Carbono



Fuente: Autores

Una de las causas que explica la reducción de la huella de carbono es la sustitución de crudo pesado por otros combustibles con menor generación de gases como el gas natural, esto gracias a la reconversión tecnológica que se implementó en las calderas de la compañía. Estos equipos se usan en la planta para la generación de vapor y tenían uno efecto relevante en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

También los ahorros en consumo de energía eléctrica implica menor huella para la compañía a lo largo del período evaluado. El uso del gas natural fue estimulado, además de su menor costo, por los incentivos tributarios consignados en la Ley 697 de 2001 la cual pretende fomentar el uso eficiente y racional de la energía y promover el uso de energías alternativas.

El comportamiento de los consumos de energía eléctrica se mantuvo con bajos cambios y por ende las emisiones registradas de CO<sub>2</sub> para esta también. Los cálculos nos muestran que las emisiones se mantuvieron en una banda entre los 919 y las 1.085 tCO<sub>2</sub>eq. Esto se debe a que la adquisición de energía eléctrica es inelástica debido a su dificultad por ser sustituida por otro tipo de energía. En general esta energía es usada a lo largo del proceso y sus reducciones se generan por el reemplazo de equipos obsoletos por nuevos con mejor desempeño energético, lo que implica inversiones para la compañía.

Uno de los combustibles fósiles que aportó desde 2010 una importante suma de CO<sub>2</sub> al total de la huella fue el Diésel. A partir del 2010 la compañía usa vehículos de manera interna que se encargan del traslado de materias primas, material de

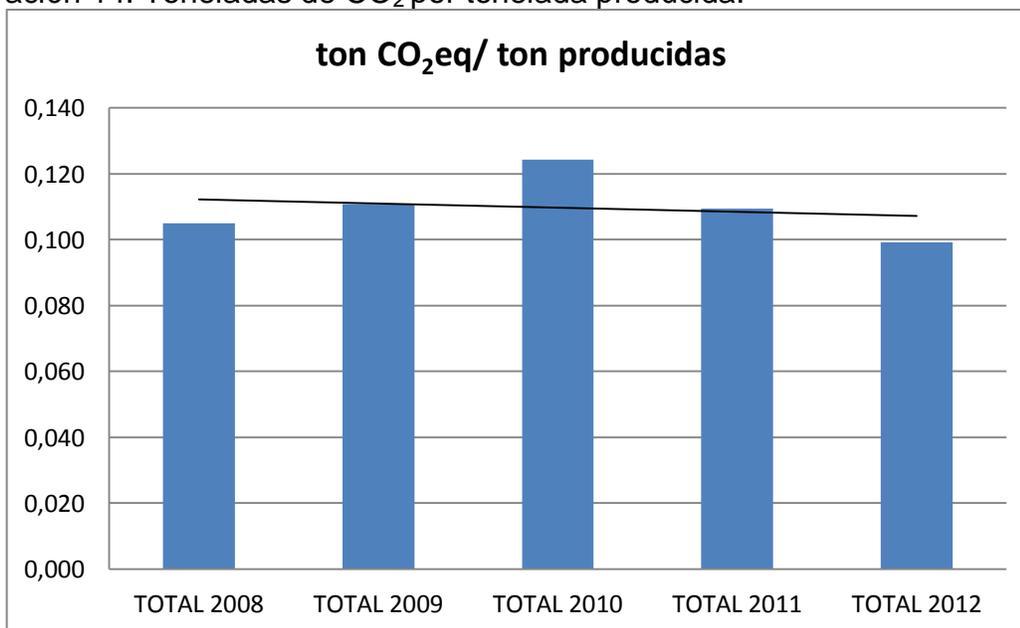
empaques y productos terminados, esto debido a la construcción de una nueva bodega que requirió el transporte de los elementos mencionados.

La industria de los refrescos evaluada emplea en gran medida combustibles fósiles (líquidos y gaseosos) y energía eléctrica para su proceso de fabricación. La preparación de los jugos y el embotellamiento llevan a que los consumos energéticos (tanto directos como indirectos) sean el principal foco de atención para la reducción de la huella de carbono.

Las emisiones derivadas del gas refrigerante R22 aparecen en los cálculos a partir del 2009 ya que en el 2008 no se contaron con mediciones de este. Este gas es empleado para los aires acondicionados de las instalaciones de la planta donde se albergan más de 150 colaboradores.

Fundamental señalar que para la empresa evaluada, la necesidad de encontrar alternativas para reemplazar el uso de R-22 en la refrigeración y equipos de aire acondicionado. En razón a los compromisos adquiridos en los tratados internacionales para reducir su consumo y sustituirlo por completo 2030. Un sustituto es el amoníaco como gas, que cuenta con un Potencial de Calentamiento Global (GWP) menor a 1 a más de 100 años y su contribución al total de las emisiones fugitivas es menor que cero.

Ilustración 14. Toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada producida.



Fuente: Autores. Toneladas Equivalentes de CO<sub>2</sub> sobre producción total de la compañía.

Al considerar la producción de la empresa (en toneladas), se identifica el 2010 que fue el año de mayores emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada producida. El valor registrado alcanzo las 3.654,1 ton CO<sub>2</sub> eq versus la producción total reflejada de emisiones de 0,124toneladas de CO<sub>2</sub>eq por tonelada producida. Para el 2008 y 2012, se registraron las menores emisiones por producción, con 0.105 0.099 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por una tonelada de producción respectivamente.

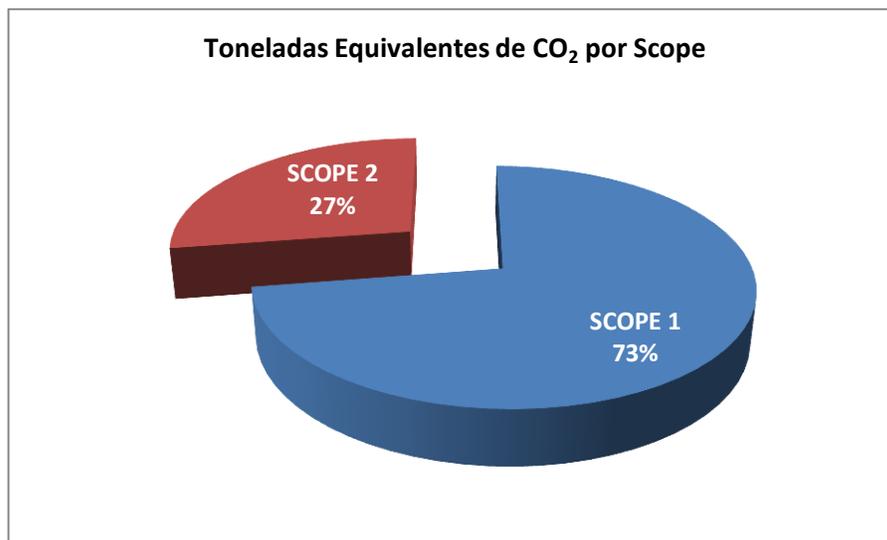
A pesar de que el análisis por tonelada emitida total de CO<sub>2</sub> por año versus toneladas emitidas por tonelada de producción no guardan una exacta armonía, si se mantiene el quiebre a partir del aumento en el uso de combustibles con menor carga contaminante, es decir el paso de crudo pesado a gas natural, ya que tanto 2011 como 2012 registraron menores emisiones, tanto totales como por tonelada producida, con respecto a las emisiones calculadas para 2010.

Esto ratifica la importancia de proyectos clave para la reducción de la huella de carbono como la sustitución de crudo pesado por otros combustibles con menor generación de GEI como el gas natural.

Como se pudo derivar de la información recolectada un factor que permite la reducción de una huella de carbono, en el sector evaluado, es el uso de una planta de tratamiento de aguas residuales con carbono neutro, como es el proceso de digestión aeróbica, la cual permite el tratamiento de las aguas sin impactos significativos en la generación de GEI.

En la Ilustración 15 se muestra los pesos porcentuales, en virtud de las emisiones totales considerando el periodo 2008-2012, de los alcances evaluados (scope 1 y 2). Para la empresa el scope 1 representa el 73% de la huella de carbono, de las cuales 97% se generan por la quema de combustibles fósiles. El 3% corresponde a emisiones fugitivas liberados durante el uso de la refrigeración y aire acondicionado.

Ilustración 15. Peso Porcentual de los Alcances en el total de la huella (2008-2012)



Fuente: Autores

De igual forma, se puede decir para la ilustración 15 que la quema de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de GEI en la empresa evaluada (scope 1). Como se vio (Ilustración 12) el diésel, crudo pesado y gas natural suplen la mayor parte de las necesidades de energía en el procesos productivo.

## 7. CONCLUSIONES

- Los parámetros de medición seleccionados fueron obtenidos del GHG Protocolo debido a su sencillez en la aplicación y manejo de resultados en el campo corporativo. Así mismo la difusión generalizada de estos estándares en el ámbito internacional.
- El uso de biomasa o energías alternativas en los procesos incluidos dentro de los límites operacionales fue nulo en la compañía evaluada.
- Se desarrolló una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en una hoja de cálculo obteniendo los siguiente resultados para la compañía evaluada: 2008, 3.935 tCO<sub>2</sub>eq; 2009, 3.366 tCO<sub>2</sub>eq; 2010, 3.654 tCO<sub>2</sub>eq; 2011, 3.420 tCO<sub>2</sub>eq y 2012, 3.553 tCO<sub>2</sub>eq.
- Con la herramienta desarrollada e implementada, la empresa queda en la capacidad de estimar la huella de carbono año a año para revisar sus tendencias y el cumplimiento de las metas que se proponga para la reducción de los GEI y también de iniciar el proceso de recolección de la información correspondiente al alcance 3 para implementar estrategias que permitan continuar reduciendo los GEI generados por terceros y/o cubrir completamente la cadena de valor de la organización.
- Los consumos de combustibles fósiles, tanto líquidos como gaseosos generan la mayor carga de emisiones de GEI en la compañía evaluada. Por consiguiente aportan el mayor peso en el total de la huella por año.
- Las reducciones más significativas en emisiones de GEI en la compañía analizada, se debieron a la sustitución entre combustibles. En este caso en particular el paso de crudo pesado a gas natural en operación de las calderas.
- La energía eléctrica es usada a lo largo del proceso productivo, presentando pocas reducciones en los periodos evaluados. Esto se debe a su dificultad de reemplazo y a los elevados costos de cambios de equipos con mejores desempeños en término de consumo de energía.
- El uso de plantas de tratamiento de aguas residuales con procesos de digestión aeróbica permiten el tratamiento de aguas sin impactos significativos en la generación de GEI.

- Puede plantearse que las empresas de alimentos, y en especial la industria de los refrescos, concentran sus mayores consumos en combustibles fósiles (líquidos y gaseosos) y energía eléctrica para su proceso de fabricación. Esto se debe a la preparación de los jugos y el embotellamiento a que los consumos energéticos (tanto directos como indirectos) sean significativos.

## 8. RECOMENDACIONES

Es importante incorporar la rutina de la medición GEI dentro de las actividades de la empresa con el fin de asegurar la repetición de las mediciones realizadas, para ello se sugiere:

- Crear Procedimiento para la gestión de la calidad del inventario de GEI siguiendo los lineamientos mencionados en el capítulo 7 del documento: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero – Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. WBCSD y WRI.
- Definir dentro de la organización el área y responsables específicos encargados de la recolección de la información para que los registros se archiven siguiendo los lineamientos de los procedimientos para el control de registros para asegurar la trazabilidad de los mismos.
- Se debe definir una rutina para la recolección de la información y el medio por el cual se gestionaran los datos. Esto implica contar con la existencia de un procedimiento de recolección de la información.
- Se debe crear un equipo de trabajo dentro de la organización que se responsabilice de administrar la información, de generar resultados, proponer estrategias de reducción, gestionar los recursos y realizar la divulgación de los resultados para involucrar a toda la organización.
- Se debe incluir dentro del sistema de gestión ambiental un documento normativo en el que se recopilan los procedimientos y documentos relacionados con el inventario de GEI.

En cuanto a opciones de mejoramiento para la disminución de las emisiones se puede considerar:

- Crear un programa capacitación en donde relacionen temas de huella de carbono para generar conciencia en todos los colaboradores de la organización.
- Crear un programa de participación activa de todos los colaboradores para que contribuyan de manera positiva realizando propuestas y/o estrategias enfocadas a la reducción de GEI desde cada una de sus actividades.

- Estudiar la posibilidad del uso de combustibles limpios y biogás como fuentes alternativas de energía.
- Continuar con el reemplazo progresivo de combustibles líquidos por gas natural o GLP en calderas.
- Desarrollar estrategias enfocadas a mejorar la eficiencia logística programando rutas tanto de producto terminado como de materias primas de tal manera que se logren disminuir rutas o acortar distancias que permitan contribuir a la reducción de los GEI generados por tonelada movilizada.
- Evaluar la posibilidad de la modernización de los vehículos de transporte de materias primas, materiales de empaque y producto terminado haciendo uso de fuentes alternativas como gas natural, motores híbridos o eléctricos. Además se puede evaluar la implementación del uso de biocombustibles.
- Se recomienda iniciar con una estrategia para el cambio de los refrigerantes usados, debido a que actualmente todos los equipos que consumen refrigerantes están operando con R22 que tiene un potencial de calentamiento global alto y es dañino para la capa de ozono. Es recomendable reemplazarlos por unos con menos efecto invernadero.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANGO C., GUZMÁN E. y CORREA M. Producción Más Limpia en Colombia. Centro Nacional de Producción Más Limpia. 2000.

BALAN, C. Carbon-Footprint Policy of the Top Ten Global Retailers: Contribution to Sustainable Development. En Amfiteatru Economic, Vol XII. No. 27, EE.UU. 2010

BRENTON, Edwards y JENSEN, Friis. Carbon Labelling and Low-income Country Exports: A Review of the Development Issues. En Development Policy Review. EE. UU. 243P. 2009

BUSTOS, Fernando. Manual de Gestión y Control Ambiental. Quito: RECAI, 2010.

CARABIAS, J., MOLINA, M., SARUKHÁN, J. El cambio climático causas, efectos y soluciones. México. Secretaria de Relaciones Exteriores de México. 2010.

CARACCIOLO, Francesco; CICIA, Gianni; MENNA, Imma; y CEMBALO, Luigi. CO<sub>2</sub> Emission in the Fresh Vegetables Chains: A Meta-Analysis Department of Agricultural Economics and Policy, University of Naples Federico II, Italy. 2012

Centro Nacional de Producción Más Limpia CNP. Manual de Introducción a la Producción Más Limpia en la Industria. 2000.

CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Normas privadas: el nuevo desafío para las exportaciones de los países en desarrollo. Serie 85. Santiago de Chile, Chile. 2008.

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. Documento de trabajo. Santiago de Chile, Chile. 2010

CMNUCC, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York el 9 de mayo de 1992. CMNUCC. 1992

CMNUCC, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. New York. CMNUCC .1994

COLOMBIA. Consejo. Nacional de Política Social y. Económica CONPES. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. Documento 3700. Bogotá D.C. Colombia, Departamento de Planeación Nacional. Bogotá, Colombia, 2011.

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible.. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

COLOMBIA. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000-2004. Bogotá, Colombia. 2009.

COLOMBIA. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá, Colombia. 2010.

COLOMBIA. IDEAM. Educación para Enfrentar el Cambio, Síntesis para maestros sobre la segunda comunicación nacional de Colombia ante la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el cambio climático. Bogotá. Colombia. 2010.

DOMÉNECH J. Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. Terceros Encuentros Internacionales sobre “Desarrollo sostenible y población” eumed.net. Universidad de Málaga; julio, 2006

DOMÉNECH J. Huella ecológica y desarrollo sostenible. 2. Ed. Madrid: Aenor (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2009

ERICKSON, J. El Efecto Invernadero. El desastre de mañana, hoy, Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. 1992.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Perfil para el cambio climático. Roma, Italia. 2009.

ICONTEC, (2006). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14064-1. Bogotá, Colombia.

IPCC a Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Informe del primer grupo de trabajo (WGI): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Ginebra: Cambridge University Press. IPCC, Ginebra, Suiza. 2007

IPCC b, Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza.2007

KIMURA, A., WADA, Y., KAMADA, A., MASUDA, T., OKAMOTO, M., GOTO, S., TSUZUKI, D., CAI, D., OKA Y T., DAN, I. Interactive effects of carbon footprint information and its accessibility on value and subjective qualities of food products. *Appetite*, Volume 55, Issue 2. 2010, Pág. 271-278. 2010

LARSON A. y TEICHMAN W., Corporate Greenhouse Gas Accounting: Carbon Footprint Analysis. Publicado abril 23. University of Virginia Darden School Foundation, Charlottesville. 2009.

NACIONES UNIDAS. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York, EE.UU. 1998.

PATTARA Claudio, RAGGI Andrea y CICHELLI Angelo . Cycle Assessment and Carbon Footprint in the Wine Supply- Chain. Received: 23 November 2010 / Accepted: 7 March 2012 / Published online: 11 April 2012. Springer Science+Business Media, LLC. 2012.

PNUD, (2007). Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York, EE.UU.

PNUD, (2010). El Cambio Climático en Colombia y en el Sistema de las Naciones Unidas. Enero de 2010. Bogotá, Colombia.

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Informe Anual 2009. [www.unep.org/annualreport](http://www.unep.org/annualreport). 2010

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Global Environment Outlook: Latin America and the Caribbean GEO LAC 3. 2010.

RANGEL, Vivian; BLANCO, Edgar y AGUDELO, Isabel. Carbon Footprint Analysis in Latin America: Colombian Case. POMS 22nd Annual Conference . EE.UU. 2012.

ROTZ, C., Montes, F., & Chianeset, D. (2009) The Carbon footprint of dairy systems through partial life cycle assessment. *Journal Dairy Science Association*, Vol 93 no. 3, 2010.

SCHNEIDER, H., y SAMANIEGO, J. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Tesco. (2008). Home Panel Survey. 2010.

SPREEN, Thomas; DWIVEDI, Puneet; GOODRICH-SCHNEIDER, Renée. Estimating the Carbon Footprint of Florida Orange Juice. Universidad de Florida. 2010.

STERN, N. Stern Review: La Economía del Cambio Climático. HM Treasury y Foreign and Commonwealth Office. Reino Unido. 2007.

VAN HOOFF, Bart; MONROY, Nestor y SAER, Alex. Producción más Limpia: Paradigma de gestión ambiental. Bogotá: Alfaomega Colombiana, Universidad de los Andes. Facultad de Administración, 2007.

WRI-WBCSD. GHG Protocol Initiative. World Business Council for Sustainable Development / World Resources Institute . 2010.

## 9. ANEXOS

### Anexo A. Pantalla Principal. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono



Fuente: Autores

### Anexo B. Pantalla Ingreso de Información. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono

EMPRESA DE REFRESCOS			AÑO				
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD, COMBUSTIBLES Y REFRIGERANTES		Unidad	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Electricidad Adquirida</b>	Electricidad	[kWh/año]	7.091.159,88	6.006.647,14	6.546.658,00	6.449.687,30	6.037.206,24
<b>Combustibles Fósiles</b>	Diésel	[gal/año]	4,00	0,00	24.250,00	87.914,20	13.990,89
	Gas Natural	[m <sup>3</sup> /año]	0,00	0,00	0,00	781.432,39	1.273.539,57
	Gasolina	[gal/año]	0,00	0,00	565,00	929,91	984,95
	Crudo Pesado	[gal/año]	294.552,00	240.889,00	240.411,00	0,00	0,00
	Gas Propano	[gal/año]	0,00	0,00	1.540,00	0,00	0,00
<b>Gases Refrigerantes</b>	R22	[lb/año]	0,00	150,00	100,00	110,00	140,00
<b>Tratamiento Aguas Residuales</b>	DQO Total Removido	[Kg DQO/año]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Transporte Primario</b>	Transporte(Diésel)	[gal/año]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Autores

### Anexo C. Pantalla Resultados. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono

EMPRESA DE REFRESCOS			EMISIONES					
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD, COMBUSTIBLES Y REFRIGERANTES		Unidad	2008	2009	2010	2011	2012	Unidad
<b>Electricidad Adquirida</b>	Electricidad	[kWh/año]	1.085	919	1.002	987	924	t CO <sub>2</sub> eq
<b>Combustibles Fósiles</b>	Diésel	[gal/año]	0	0	244	884	141	t CO <sub>2</sub> eq
	Gas Natural	[m <sup>3</sup> /año]	0	0	0	1.455	2.372	t CO <sub>2</sub> eq
	Gasolina	[gal/año]	0	0	5	8	9	t CO <sub>2</sub> eq
	Crudo Pesado	[gal/año]	2.850	2.331	2.326	0	0	t CO <sub>2</sub> eq
	Gas Propano	[gal/año]	0	0	0,024	0	0	t CO <sub>2</sub> eq
<b>Gases Refrigerantes</b>	R22	[lb/año]	0	116	78	85	109	t CO <sub>2</sub> eq
<b>Tratamiento Aguas Residuales</b>	DQO Total Removido	[Kg DQO/año]	0	0	0	0	0	t CO <sub>2</sub> eq
<b>Transporte Primario</b>	Transporte(Diésel)	[gal/año]	0	0	0	0	0	t CO <sub>2</sub> eq
<b>TOTAL</b>			<b>3.935</b>	<b>3.366</b>	<b>3.654</b>	<b>3.420</b>	<b>3.553</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>

Fuente: Autores

### Anexo D. Pantalla Pesos Porcentuales. Aplicación para el Cálculo de la Huella de Carbono

EMPRESA DE REFRESCOS			PESO PORCENTUAL				
CONSUMOS DE ELECTRICIDAD, COMBUSTIBLES Y REFRIGERANTES		Unidad	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Electricidad Adquirida</b>	Electricidad	[kWh/año]	27,6%	27,3%	27,4%	28,9%	26,0%
<b>Combustibles Fósiles</b>	Diésel	[gal/año]	0,0%	0,0%	6,7%	25,9%	4,0%
	Gas Natural	[m <sup>3</sup> /año]	0,0%	0,0%	0,0%	42,6%	66,7%
	Gasolina	[gal/año]	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,2%
	Crudo Pesado	[gal/año]	72,4%	69,2%	63,7%	0,0%	0,0%
	Gas Propano	[gal/año]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Gases Refrigerantes</b>	R22	[lb/año]	0,0%	3,5%	2,1%	2,5%	3,1%
<b>Tratamiento Aguas Residuales</b>	DQO Total Removido	[Kg DQO/año]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Transporte Primario</b>	Transporte(Diésel)	[gal/año]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autores