

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---



**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO MEDIANTE EL MÉTODO COMPUESTO POR CUENTAS CONTABLES (MC3), EN LA LINEA DE *Ananás comosus* (L). *Merr* DE UNA EMPRESA DEL SECTOR HORTOFRUTICOLA DE COLOMBIA**

**Dilson David Goethe Flórez.**

Administración Ambiental

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC.**

*Febrero de 2016, Barranquilla; Colombia*



**PROYECTO DE GRADO:**

*“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO MEDIANTE EL MÉTODO COMPUESTO POR CUENTAS CONTABLES (MC3), EN LA LINEA DE LA Ananás comosus (L). Merr DE UNA EMPRESA DEL SECTOR HORTOFRUTICOLA DE COLOMBIA”*, PARA OBTENER EL TITULO DE ADMINISTRADOR AMBIENTAL.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

GESTIÓN AMBIENTAL

**TESISTAS:**

DILSON GOETHE

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

JOSÉ LUIS ESCÁRCEGA

**CO-DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO.**

MARGARITA CASTILLO

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC.  
FEBRERO DEL 2016.**

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**FEBRERO DE 2016**

## **DEDICATORIA.**

### **A Dios,**

*Por haberme permitido forjar mi futuro, por llenarme de sabiduría, constancia y perseverancia cada día de mi vida. Por iluminar mí camino cuando sentía que la nube gris atormentaba mi sol, por enseñarme el valor del sacrificio y la importancia de la amistad, por colocará ángeles en cada camino que emprendo.*

### **A Mis Padres,**

*A Elena Flórez Ramos y a Dilson Goethe Correa, mis referentes de vida, a ustedes les doy las gracias por todo el apoyo que me brindaron en esta etapa.*

### **A Mi Hermana,**

*Angie Paola Goethe Flórez, mi genuina fuente de inspiración, a ti por ser el motor de mis días, la hermana, amiga, alcahueta y consejera que todo hermano desearía tener.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Para mí es de gran satisfacción poder culminar este proyecto, que empezó como proyecto de aplicación y que termino como una experiencia única de aprendizaje. Lo parecido a una montaña rusa con altos y bajos y con muchos desafíos en el camino. Un tanto retador para mí como profesional, pero siempre con la convicción de lograrlo. De antemano mis agradecimientos a Msc Wendy Morgado Gomero, por su constante apoyo y asesoría, más que una tutora, una amiga que siempre me acompañó en el proceso y en honores el resultado de la presente investigación se lo debo a ella.

A mis tutores de investigación, Msc Margarita castillo y Msc José Luis Escárcega por su asesoría contante, la motivación y el apoyo técnico en todo el proceso.

Al Gerente, Directivos y personal de las organizaciones en las cuales se realizó la presente investigación, por la confianza otorgada para con los proyectos y la constante disponibilidad de cada una de las partes para el desarrollo de cada actividad.

Y por último a CarbonFeel (España) y Fundación Fusiona; por todo el apoyo técnico y científico en el desarrollo y adaptación de la metodología, en especial al Doctor Sebastián Labella, por todo el compromiso mostrado en el proceso.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

### **Resumen.**

La presente investigación tiene como objetivo general estimar la huella de carbono en la línea A.comosus, comúnmente conocida como la piña, a través de la adaptación del método compuesto por cuentas contables (MC3) en dos matrices de estudio ubicadas en los departamentos del Atlántico y Santander, categorizados como matriz A y B, respectivamente. Esta fue guiada bajo los factores y métodos publicados por el Panel intergubernamental del Cambio Climático-IPPC y la ISO 14040.

La metodología contempla la aplicación del Análisis de Ciclo de vida- ACV de la A. Comosus, y un posterior análisis de los impactos ambientales generados, así mismo, se evalúa el potencial de afectación de los compuestos de agroquímicos utilizados en la etapa de siembra de la piña, teniendo en cuenta las categorías de Ecoinvent (2010) a través de la aplicación del software Simapro 8.0.

Posterior a ello, se partió a cuantificar la incidencia de la piña para con la emisión de gases de Dióxido de carbono- CO<sub>2</sub>, esta se obtuvo a través de la adaptación del MC3 en el contexto colombiano, arrojando como conclusión final que 43.1 toneladas CO<sub>2</sub> generadas en la ciclo de vida de la piña en el territorio nacional, en donde el 98% a aquellas, son de alcance 2 según lo establece el IPPC.

### **Palabras Claves.**

*Ananás Comosus, ACV, Simapro 8, CO<sub>2</sub>, Atlántico, Santander.*

**Abstract**

This research has the general objective to estimate the carbon footprint in the A. comosus line, commonly known as the pineapple, dare adaptation of the method composed of financial accounts (MC3) in two arrays of study in the departments of the Atlantic and Santander, categorized as matrix A and B, respectively. This was guided on the factors and methods published by the intergunamental Panel of Climate Change IPPC and ISO 14040.

The methodology involves the application of life-cycle analysis of the A. Comosus stroke, and further analysis of the environmental impacts generated, also, the potential involvement of the compounds of chemicals used in the process of planting is evaluated pineapple, taking into account the categories of Ecoinvent (2010) dare SIMAPRO 8.0 application software.

Subsequently, they are left to quantify the incidence of pineapple for the emission of carbon dioxide CO<sub>2</sub>, this was obtained through the adaptation of MC3 in the Colombian context, throwing as a final conclusion that CO<sub>2</sub> generated 43.1 tons in the life cycle of pineapple in the country, where 98% of those are Scope 2 as established by the IPPC.

**Keywords.**

Ananas comosus, stroke, SIMAPRO 8, CO<sub>2</sub>, Atlántico, Santander.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>13</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN. ....</b>	<b>15</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
4.1 GENERAL.....	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>5. MARCO TEORICO.....</b>	<b>18</b>
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA <i>A. Comosus L (Merr)</i> . ....	18
5.1.1 Asimilación del Carbono por la Piña. ....	19
5.2 HUELLA DE CARBONO. ....	20
5.2.1 CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO. ....	22
5.2.2 Métodos top-down y bottom-up.....	23
5.3 METODOS ACTUALES. ....	25
5.3.1 Protocolo de Gases Efecto Invernadero ....	26
5.3.2 Balance de Carbono ....	27
5.3.3 Especificaciones Públicamente Disponibles, PAS 2050 ....	27
5.3.4 Método Compuesto de las Cuentas Contables .....	28
<b>6. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>29</b>
<b>7. METODOLOGÍA. ....</b>	<b>31</b>
7.1 LA FASE INICIAL(A Y B) .....	32
7.2 FASE FINAL (C) .....	34
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE MATRIZ A (CASO SANTANDER).....	37
8.3.1 Preparación del terreno. ....	38
8.3.2 Propagación. ....	39
8.3.3 Vivero de Propagación.....	40
8.3.4 SIEMBRA. ....	41
8.3.5 COSECHA.....	48
8.2 ANÁLISIS DEL INVENTARIO. ....	49
8.2.1 Preparación del terreno y siembra de la <i>Ananas Comosus (L) Merr.</i> ...	49

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

8.2	ANALISIS DE CICLO DE VIDA- Matriz A.....	58
8.3.1	Preparación del terreno. ....	58
8.3.2	Propagación: Desarrollo y clasificación de material de siembra. ....	60
8.3.3	Siembra; Plantación.....	61
8.3.4	Mantenimiento de Cultivos.....	62
8.3.5	Cosecha. ....	63
8.3	DESCRIPCION GENERAL DE LA MATRIZ B ( ATLÁNTICO). ....	64
8.3.1	Procesos administrativos. ....	65
8.3.2	Procesos operativos. ....	65
8.3.3	Análisis de inventario. ....	66
8.4	SINTESIS DEL ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA CADENA DE VALOR. ....	69
8.5	ADAPTACIÓN DE MC3. ....	71
8.6	CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO. ....	77
9.	<b>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.</b> .....	82
10.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> ....	86
10.1	CONCLUSIONES. ....	86
10.2	RECOMENDACIONES. ....	88
11.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

**LISTAS DE ILUSTRACIONES.**

<b>Ilustración 1:</b> A. Ananas comosus; B.Morfología del fruto de la A. Comosus, o comúnmente denominada Piña Gold.....	<b>18</b>
<b>Ilustración 2:</b> Explica el proceso de asimilación del Dióxido de carbono- CO <sub>2</sub> , por parte de las plantas de la línea A. Comosus.....	<b>19</b>
<b>Ilustración 3 :</b> Enfoque Top Down Para la estimación de la Huella de Carbono Corporativa – HdC. ....	<b>24</b>
<b>Ilustración 4:</b> Enfoque Bottom – Up, Para la estimación de la Huella de Carbono Corporativa – HdC.....	<b>24</b>
<b>Ilustración 5;</b> Metodología y herramientas a desarrollar. ....	<b>31</b>
<b>Ilustración 6;</b> Las fases de un Análisis de Ciclo de Vida- ACV.....	<b>33</b>
<b>Ilustración7:</b> Material de Siembra empleado en los cultivos comerciales de la línea A. Comosus.....	<b>40</b>
<b>Ilustración 8:</b> Especie de <i>Dysmicoccus brevipes</i> , comúnmente conocida como cochila, una hemiptera cusante de la subcion de la savia y debilitacion de la planta en los cultivos de la A. Comosus. ....	<b>44</b>
<b>Ilustración 9:</b> Especie de Artrópodos, generan las vías de entrada de hongos y bacterias en los cultivos comerciales de la A. comosus tras la perforación de tallos y frutos.. ....	<b>45</b>

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

<b>Ilustración 10;</b> Especie de <i>Pratylenchus brachyurus</i> , causantes de la generación de puertas de entrada para los hongos y bacterias en las raíces de las plantas. ....	<b>46</b>
<b>Ilustración 11:</b> Especies generadoras de enfermedades en los cultivos de la <i>A. Comosus</i> .....	<b>47</b>
<b>Ilustración 12:</b> Integración entre la Entrada – proceso- Salida y Entorno.....	<b>56</b>
<b>Ilustración 13:</b> Flujo de procesos en la preparación del terreno para la siembra de la <i>A. Comosus</i> ; desarrollado en la Matriz A.....	<b>59</b>
<b>Ilustración 14:</b> Flujo de procesos en propagación: desarrollo y clasificación de material de siembra de <i>A. Comosus</i> ; desarrollado en la Matriz A.....	<b>61</b>
<b>Ilustración 15:</b> Flujo de procesos de las fases de propagación y Siembra: Plantación desarrollados en el Cultivo comercial de la <i>A. Comosus</i> en la Matriz A.....	<b>62</b>
<b>Ilustración 16:</b> Flujo de proceso de en la fase de mantenimiento de cultivos en la etapa de siembra de la <i>A. Comosus</i> en la Matriz A .....	<b>63</b>
<b>Ilustración 17:</b> Flujo de proceso de la etapa de cosecha desarrollada en los cultivos comerciales de la <i>A Comosus</i> en la Matriz A.....	<b>64</b>
<b>Ilustración18:</b> Diagrama de Flujo en donde se representan las entradas y salidas por procesos productivo en la Matriz A: Atlántico. ....	<b>68</b>
<b>Ilustración 19:</b> Paso a paso de la adaptación de la MC3 en el contexto nacional tras la configuración de la metodología y la validación de su aplicación .....	<b>71</b>
<b>Ilustración 20:</b> Paso a paso para la configuración de la estructura analítica en la aplicación de la MC3 en la agroindustria. ....	<b>72</b>
<b>Ilustración 21:</b> Modificación de la estructura analíticas de la MC3 al contexto de estudio. ....	<b>72</b>
<b>Ilustración 22:</b> Configuración de las entradas de la Matriz A en la adaptación de la estructura analítica con base al análisis en mención. ....	<b>73</b>
<b>Ilustración 23:</b> Configuración de las entradas de la Matriz B en la adaptación de la estructura analítica con base al análisis en mención. ....	<b>74</b>
<b>Ilustración 24:</b> Panel de configuración de unidades de consumo de la MC3 en el caso de la <i>A. Comosus</i> . ....	<b>75</b>
<b>Ilustración 25:</b> Factores de emisión empleados en el cálculo de la huella de carbono de la <i>A. Comosus</i> .....	<b>76</b>
<b>Ilustración 26:</b> Relación de la producción de la <i>Ananas Comosus</i> (L) Merr con el medio ambiente y la sostenibilidad del sector Agrícola en Colombia..... ¡Error! Marcador no definido.	
<b>Ilustración 27:</b> Potencia de calentamientos globales por tipo de GEI, tenidos en cuenta en el alcance del cálculo de la huella de carbono.....	<b>98</b>
<b>Ilustración 28:</b> Patrones de Calculo tenidos en cuenta en la configuración básica y la estructura analítica para el cálculo de la huella de carbono .....	<b>99</b>

### **LISTAS DE TABLAS.**

<b>Tabla 1:</b> Los cuatro métodos más relevantes para la determinación de la Huella de Carbono ..	<b>25</b>
<b>Tabla 2:</b> Abaco para la contabilización de emisiones CO <sub>2</sub> Equivalente.....	<b>26</b>
<b>Tabla 3;</b> Articulación de los objetivos con las actividades a desarrollar en el marco del cumplimiento del objetivo general descrito en el apartado 3.1.....	<b>32</b>
<b>Tabla 4:</b> Matriz CLUM para la implementación del método compuesto por cuentas contables – MC3.....	<b>36</b>
<b>Tabla 5:</b> Etapa o Fase del ACV desarrolladas en la Matriz A.....	<b>37</b>
<b>Tabla 6:</b> Elementos, dosis y aplicación de fertilizantes en la etapa de siembra de los cultivos de <i>Ananas comosus</i> .....	<b>43</b>
<b>Tabla 7:</b> Ficha Eco-toxicológica de los compuestos utilizados en la preparación del terreno y siembra de la <i>Ananas Comosus</i> (L) Merr.....	<b>50</b>

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

<b>Tabla 8:</b> Criterios para la clasificación toxicológica de sustancias químicas empleados por la OMS .....	<b>51</b>
<b>Tabla 9:</b> Ficha de dosis y proporciones de sustancias químicas empleadas en la siembra .....	<b>52</b>
<b>Tabla 10:</b> Dosis de fertilizantes por hectárea de cultivo de Ananas Comosus (L) Merr. ....	<b>52</b>
<b>Tabla 11:</b> Criterios de Agotamiento de los recursos naturales según la IPCC y el Ecoinvent 2.2 (2010).....	<b>53</b>
<b>Tabla 12:</b> Categorías de impactos adaptados para el análisis de ciclo de vida de la Ananas Comosus L (Merr) según Ecoinvent. 2.2 (2010).....	<b>54</b>
<b>Tabla 13:</b> Categorías enmarcadas dentro del Ecoinvent 2.2 .....	<b>55</b>
<b>Tabla 14:</b> Proporciones de Emisión por tipo de contaminantes según las Normas Euros por Km recorrido a motor Diésel con inyección directa. Fuente: Tomado de UE, 2011.....	<b>58</b>

### **LISTAS DE GRAFICAS.**

<b>Grafico 1:</b> Representa el potencial de contaminación de los herbicidas, pesticidas y fertilizantes, utilizados en el proceso de siembra del cultivo comercial e invernadero de la Ananas Comosus (L) Merr. ....	<b>57</b>
<b>Grafico 2:</b> Porcentaje de participación de la emisión de indirectas y otras emisiones en la producción y comercialización de la A. Comosus. ....	<b>77</b>
<b>Grafico 3:</b> Huella de carbono neta generada por tipo de emisión en la producción y comercialización de la A. Comosus en el departamento de Santander y Atlántico respectivamente.....	<b>78</b>
<b>Grafico 4:</b> Huella de Carbono de la A. Comosus por fuentes de emisión .....	<b>79</b>
<b>Grafico 5:</b> Huella de carbono por fuente de emisión en materiales no orgánicos, consumo eléctrico y consumo de recurso hídrico. ....	<b>79</b>
<b>Grafico 6:</b> Huella de carbono por objeto; esta ilustra la incidencia de cada matriz de estudio con relación a la totalidad de toneladas de CO <sub>2</sub> emitidas en toda la cadena de valor de la línea A. Comosus.....	<b>80</b>

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El calentamiento global así como el efecto invernadero, han sido en gran medida el resultado de los problemas sociales, económicos y ambientales en raizados a los modelos de desarrollo existentes, dado que según investigaciones hechas por Olph, (1992) cerca del 72% de los gases del fenómeno invernadero -GEI, están compuestos por CO<sub>2</sub>, y más del 30% de la temperatura media global se ha incrementado en los últimos 50 años desde los inicios de la revolución industrial. No obstante el aumento de natalidad, el incremento de la dinámica de consumo, la migración de poblaciones, la tecnificación de los procesos productivos, la sobreexplotación de los recursos naturales y la falta de políticas sectoriales; constituyen aspectos relevantes que infieren paulatinamente al aumento de la Huella de Carbono de la humanidad.

Según Espíndola, (2012), la Huella de Carbono – HdC, representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción y/o consumo de bienes y servicios. Esta es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases. Sin embargo debido a la existencia de otros métodos y herramientas de cuantificación de los GEI de individuos, organizaciones, unidades administrativas, o territoriales; la HdC se ha convertido en un tema de debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, empresas, gobiernos, ONG y organizaciones internacionales, lo que ha llevado a que estos modifiquen sus patrones competitivos y de consumo impactado positivamente sobre la consolidación e implementación de herramientas que permitan conocer y gestionar el las emisiones de GEI, derivada de los procesos, bienes y/o servicios.

En el siguiente documento, se presenta la estimación de la huella de carbono de la línea *Ananás comosus*, mediante la adaptación del método compuesto por cuentas contables en una empresa del sector hortofrutícola de Colombia, en el cual se muestra de forma preliminar la problemática y el contexto de la producción de la piña (*A. comosus*) en el territorio nacional, la pertinencia de la investigación, los objetivos ,la metodología , el análisis y valoración de la información obtenida y por último la comunicación de los resultados. Así mismo se presenta el marco teórico de la huella de carbono, seguido de su importancia en el contexto de la agricultura nacional, y unos antecedes partiendo de la descripción detallada de la aplicación de los componentes del MC3.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Colombia, es el tercer país con mayor producción de frutas a nivel Latinoamericano. Se resalta que mediante el desarrollo de esta actividad, se generan aproximadamente 9.5 millones de Ton/año, con una participación estimada de 10.9% en mercados internacionales, alcanzando los 11.4% de total de envíos a nivel nacional por la exportación de la papaya, piña y mango (PTP, 2015), lo cual ha representado una utilidad neta en la última década de~ US\$ 918 millones (FAO, 2015).

Como consecuencia, el sector frutícola es el responsable de la emisión de cerca del 18.1% del total Gases de Efecto Invernadero (GEI), de acuerdo con el inventario de GEI realizado por IDEAM en el marco del plan nacional de adaptación al cambio climático (IDEAM, 2009). Abarcando cerca del 56% de la demanda total del recurso hídrico a nivel nacional (ASOHOFRUCOL, 2015), en la producción y comercialización de frutas y a pesar de que los GEI más significativos en el ámbito de la agricultura, son el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (CCI, 2012); en Colombia el sector agrícola es el responsable de la emisión de cerca del 72,4 % del total de gases de N<sub>2</sub>O, lo que es alarmante tanto para el sector público como privado ya que el potencial de calentamiento atmosférico de 1 kg de óxido nitroso es 298 veces superior al del CO<sub>2</sub>, (IPCC 2007b).

Ahora bien, según el Protocolo de Kioto la emisión incontrolada de estas intervenciones antrópicas causan modificaciones significativas en el sistema climático originando un efecto dominó y un impacto negativo sobre los ciclos biogeoquímicos (González Elizondo, 2003) la Biodiversidad (Araújo, 2011) el régimen hidrológico y la oferta Hídrica (Bedoya 2010) la economía local (Galindo, 2010) y la Salud Pública (Ballester, 2006).

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

En Colombia, la Agricultura y por ende la seguridad alimentaria también serán receptores de los efectos del Calentamiento Global tras el riesgo creciente e inmediato de la pérdida de cultivos por los periodos climáticos extremos, cada vez más frecuentes en los contextos nacionales (Altieri, 2009; FAO; 2015). Orozco et al. (2012) establece que el incremento de la temperatura y su interacción con los procesos fisiológicos de las plantas generará en muchas especies vegetales cultivables modificaciones en los procesos de respiración, relación hídrica, y regulación hormonal, trayendo de esta manera profundas consecuencias sobre la agroindustria, las cadenas de abastecimiento y la seguridad alimentaria y nutricional del país. (Charlotte Lau, 2013).

Por lo tanto, los cultivos perenes como el de la especie *Ananás comosus* (Piña) serán a su vez causantes y receptores de las consecuencias de la variabilidad de las temperatura ya que según las proyecciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MADS (2015) el 60% de las áreas actualmente cultivadas se verá impactado y cerca del 80% de los cultivos perenes de alto valor como el de la piña, sufrirán el mayor impacto en la degradación de suelo, pérdida de materia orgánica, pérdidas de nichos para siembra y cosecha, cambio en la prevalencia de plagas, enfermedades y estrés hídrico (Charlotte Lau, 2013).

### **3. JUSTIFICACIÓN.**

A partir del surgimiento de la revolución industrial como respuesta a una crisis económica, las organizaciones en general así como el medio ambiente, comenzaron a tener cambios en sus estructuras y morfologías (Hunt, 1996). No obstante, al emerger el término de sostenibilidad se expresa una condición de incertidumbre entre la gestión de las organizaciones y los recursos naturales de las futuras generaciones. En un ámbito globalizado, se connota que la gestión en las organizaciones cada vez es más compleja según las exigencias de los mercados desarrollados, la competitividad, la globalización, la productividad y la gestión ambiental empresarial.

A pesar de la existencia de políticas nacionales y tratados internacionales, los empresarios y/o productores aún no saben cómo afrontar los problemas del calentamiento global sobre la producción y comercialización de sus bienes y servicios. Así mismo, la dinámica de los mercados y las metas de la globalización cada vez toman conciencia sobre la importancia de producir más con menos y causar menores impactos, en ese sentido, mandatarios de países latinoamericanos con economías en su mayoría emergentes, motivan a sus empresarios a adoptar estrategias administrativas y de producción frente a las problemáticas, ya que estos pueden ser causa de posibles pérdidas de competitividad entre sus productores, quienes estarían compitiendo con otros exportadores con un costo de emisión menor que aquellos que no han asumido obligaciones climáticas (De La Torre et al., 2009).

De acuerdo con lo anterior, los requerimientos ambientales, se han convertido en exigencias de estado, mercado e incluso del consumidor final, las partes interesadas en muchas cadenas de producción son elementos claves para la demanda de un producto o servicio. Allí es donde radica la importancia del análisis de la variable ambiental, es por ello que la HdC simplificará la toma de decisiones y enfocará la solución a la raíz de la problemática identificada, evitando de esta manera costos de ineficiencia y adaptando el sistema productivo hacia una vertiente de sostenibilidad empresarial

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

En ese sentido, *“el suministro de información y creación de escenarios de colaboración permiten la implementación de herramientas científicas que facilitan la estimación bajo un criterio específico de las cargas ambientales generadas por el desarrollo de un bien o un servicio”*(CarbonFeel , 2015).

Actualmente existen muchas metodologías en el campo de la ingeniería y la administración que permiten obtener tal objetivo; *La Huella de Carbono - HdC, es una de ellas. De acuerdo con CarbonFeel,(2015), Empresa española autora de la validación técnico-científica del método compuesto por cuentas contables, la HdC más que una herramienta de gestión; es un indicador, que permite analizar la gestión organizacional de un bien o un servicio más allá de la productividad. HdC no solo establece un análisis integral entre la utilización de los recursos sino que además analiza las externalidades que para la organización representan un costo asociado a la gestión productiva del mismo.*

*En este sentido, la aplicación de un análisis integral de las cargas ambientales guiadas bajo la metodología compuesta por cuentas contables- MC3, ha sido de utilidad en la estimación de la HdC, en sectores vinícolas (Quezada, et al ,2013), de construcción (Cagiao,2011) y producción de papel (Granada Vanessa, 2012), encontrándose en todos los casos que proporciona un panorama sobre la incidencia de los productos sobre el medio, en el caso de la estimación de HdC en la línea *Ananás comosus*, proporciona un panorama y una vista global de la incidencia de este producto sobre el cambio climático tras la emisión de GEI facilitando la identificación de mejores prácticas a desarrollar mediante una orientación estratégica basada en la toma de decisiones bajo los principios de Desarrollo Sostenible y la Agroecología.*

*Este tipo de estudios permite dar orientación a la toma de decisiones en el eco-diseño de procesos, bienes y servicios, o en su defecto en la certificación de productos(Rizo, 2013). No obstante, es importante resaltar la pertinencia del desarrollo de este tipo de investigaciones, ya que aportan bases para la ejecución y aplicación de medidas derivadas de procesos de investigación, desarrollo e innovación en el sector agrícola, lo que contribuye al desarrollo de bienes y servicios que incorporan la variable ambiental como valor agregado en sus procesos.*

#### **4. OBJETIVOS.**

##### **4.1 General.**

Estimar la huella de carbono en la línea *A. Comosus*, mediante el método compuesto por cuentas contables (MC3).

##### **4.2 Objetivos Específicos.**

- ❖ Analizar la dimensión ambiental de la línea *Ananas comosus* a través de la aplicación del análisis de ciclo de vida (ACV)
- ❖ Calcularla totalidad de Toneladas de CO<sub>2</sub>eq/año emitidas directa e indirectamente en la cadena de valor de *A comosus*.
- ❖ Identificar aspectos de mejora en los procesos que conlleven a la reducción porcentual de la totalidad de toneladas de CO<sub>2</sub>eq/año, generadas en la línea *Ananás comosus*.

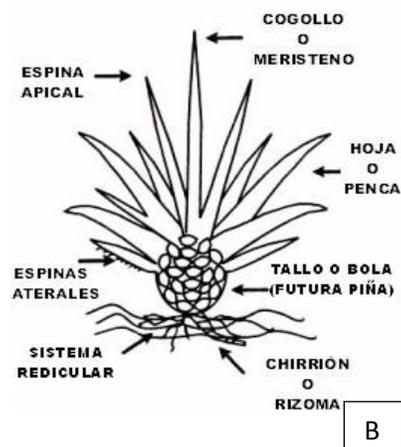
## 5. MARCO TEORICO.

### 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA *A. Comosus L (Merr)*.

La piña es una planta Herbácea perenne, monocotiledónea. La planta crece 1.5 a 2.0 mts, llegando a cubrir hasta 2 mts de dispersión foliar. **Las hojas** forman una roseta unida al tallo corto y carnoso, en el cual está completamente cubierto por hojas. La planta posee una inflorescencia terminal y una vez recolectado el fruto, las yemas axilares del tallo se desarrollan en ramas vegetativas con meristemo apical. El clima es de suma importancia para la producción de piña de óptima calidad. (Fruver AG, 2010)



A



B

Ilustración 1: A. Ananas comosus; Morfología del fruto de la *A. Comosus*, o comúnmente denominada Piña Gold. Fuente: Mayol (1980).

Los factores climáticos más importantes según Mayol, (1980) son:

- **Temperatura.** La temperatura óptima para la piña es entre 15.6° C y 26.2 °C. las temperaturas por encima de 30°C son preocupantes para el cultivo, causando quemaduras de frutas y baja calidad.
- **Pluviometría.** La piña resiste un clima hasta semiárido, pudiendo ser clasificada como verdadera xerofita, ya que puede cultivar sin irrigación en zonas de menos de 1.000 mm anuales de lluvia. La forma acanalada de la hoja permite recolectar agua, que es llevada directamente a las raíces que se encuentra en la base de las hojas inferiores

### 5.1.1 Asimilación del Carbono por la Piña.

La piña al igual que la sábila (Aloe Vera), es uno de los pocos cultivos comerciales que posee el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM). Este se caracteriza por grandes cambios diurnos en los ácidos (molico principalmente) en la hoja. La asimilación de ácido ocurre en la oscuridad y es asociada con asimilación no autotrófica del  $\text{CO}_2$ .

La piña, los ácidos orgánicos son acumulados durante el día. El nivel del ácido disminuye con un aumento de las cantidades de azúcares presentes. La piña posee un ritmo invernadero en la apertura de las estomas, a la vez que muestra una resistencia a la difusión de vapor de agua, que varía con la capacidad de ácido acumulado. Esta condición es importante porque permite a la piña adaptarse a regiones de baja precipitación

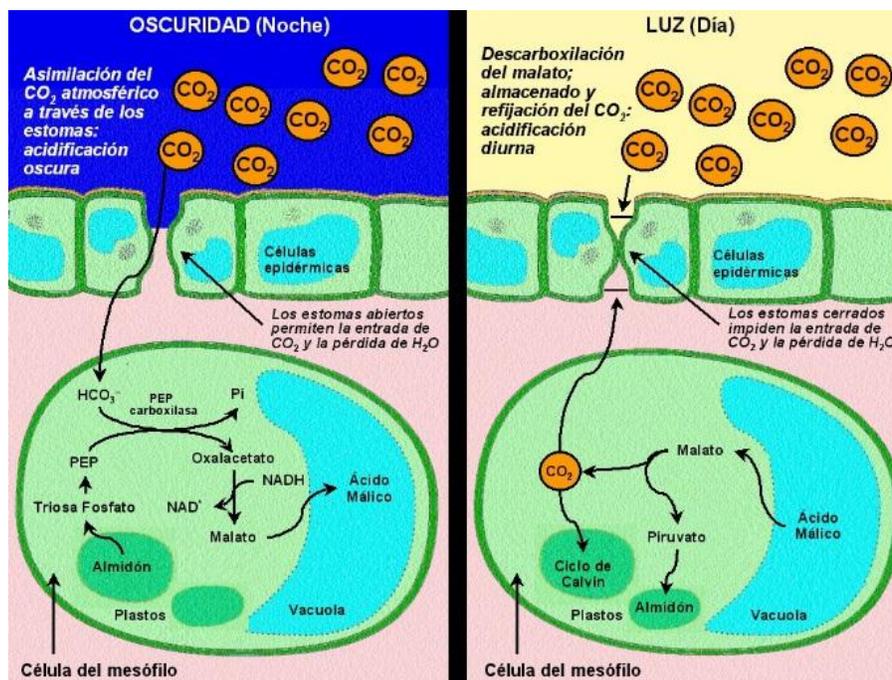


Ilustración 2: Explica el proceso de asimilación del Dióxido de carbono- $\text{CO}_2$ , por parte de las plantas de la línea A. Comosus, debido a que esta cuenta con un metabolismo ácido de las crasuláceas lo que le permite retener la pérdida de agua y la entrada de  $\text{CO}_2$ , durante el día e invirtiendo el mecanismo durante la noche. Fuente;(Universidad politecnica de Valencia).

## **5.2 HUELLA DE CARBONO.**

La Huella de Carbono (HdC), representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009),(Espíndola, 2012) no obstante la Global Footprint Network, define el mismo concepto como “la demanda de biocapacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles” (GFN, 2006). Mientras que la primera hace referencia a la consideraciones de la cuantificación de los GEI, definidos previamente en el protocolo de Kioto en el año 1997, la definición de Carbón Trust es mucho más amplia, al incluir “las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas, e incluso la eliminación del producto acabado” (CT, 2007).(Espíndola, 2012)

En los últimos años se han desarrollado diversas herramientas de cuantificación, que determinan el nivel de emisiones de GEI de individuos, organizaciones y unidades administrativas o territoriales, y la HdC es una de ellas (Padgett et al., 2008), la cual, se ha convertido en un tema de debate público sobre el cambio climático, atrayendo la atención de los consumidores, empresas gobiernos, ONG y organizaciones internacionales por igual (Hertwich y Peters, 2009), induciendo cambios en los patrones competitivos de las empresas. A pesar de su uso generalizado, la literatura reconoce la ausencia hasta hoy en día de una clara definición que sea comúnmente aceptada (Wiedmann y Minx, 2008). Este debate sobre el cambio climático y la utilidad de HdC, ha trascendido al comercio internacional y, es liderado por los países con compromisos de reducción de emisiones en base al Protocolo de Kioto (Plassmann et al., 2010)(Espíndola, 2012).y otros compromisos como los contraídos en la COP21 (2015) en donde se ratificó el compromiso de todas las naciones para con la metas de reducción de GEI a corto, mediano y largo plazo con el fin salvaguardar la sostenibilidad del aprovechamiento de los recursos naturales.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Según Espínola, (2012) El rápido incremento de la temperatura global es producto del "efecto invernadero", debido a la liberación de GEI de origen antropogénicas a la atmósfera. No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera. Si estos dos factores se consideran juntos, al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como "Potencial de Calentamiento Global" o PCG por sus siglas en inglés, el cual es obtenido matemáticamente y es expresado en relación con el nivel de (CO<sub>2</sub>), es decir, el PCG tiene por unidad al dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-e). En ese sentido se estima que un gramo de CFC13 produce un efecto invernadero de 14 mil veces más que lo que produce un gramo de CO<sub>2</sub>, pero como la cantidad de CO<sub>2</sub> es mucho mayor que la del resto de los gases, la contribución real del CO<sub>2</sub> al efecto invernadero resulta mayor (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009).(Espíndola, 2012)Así mismo el metano (CH<sub>4</sub>) y el refrigerante 134a, con una vida media parecida (12 y 14 años respectivamente) difieren grandemente en el potencial como GEI de 25 para el CH<sub>4</sub> a 1430 para el refrigerante 134a (CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>).

Estudios más recientes (Amírez, Lam, Manuel L & González, 2015) sugieren que el calentamiento tendrá efectos más acelerados sobre tierra firme que sobre los mares. Al principio los océanos más fríos tenderán a absorber una gran parte del calor adicional retrasando el calentamiento de la atmósfera. Sólo cuando los océanos lleguen a un nivel de equilibrio con los más altos niveles de CO<sub>2</sub> se producirá el calentamiento final.

Como consecuencia del retraso del efecto de los gases en la temperatura de los océanos más fríos, los científicos no esperan que la tierra se caliente más de 4 °C como se había previsto hace un tiempo, incluso si el nivel de CO<sub>2</sub> subiera a más del doble y se añadieran otros gases con efecto invernadero. En la actualidad el IPCC predice un calentamiento de 1.0 a 3.5 °C para el año 2100 (IPCC, 2011).

### **5.2.1 CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.**

Como se menciona al inicio de este capítulo, la HdC sólo ha surgido en el dominio público en los últimos años como una descripción bastante general de la emisión de gases de efecto invernadero totales asociados con la actividad humana. La literatura reconoce la ausencia de una clara definición que sea comúnmente aceptada (Wiedmann y Minx, 2008). Sin embargo, se encuentran antecedentes de marcos metodológicos utilizados para cálculo de la HdC desde los años 70 del siglo pasado (Daly, 1968; Leontief, 1970; Leontief y Ford, 1971; Victor, 1972, Espíndola, 2012).

A juicio de Carballo et al. (2009) y de la HdC nace huérfana, sin un concepto claro ni una metodología definida, lo que ha provocado que surjan diferentes interpretaciones del indicador. Una de estas diferencias se relaciona con los gases incluidos en el análisis ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ). Algunos estudios optan porque la HdC incluya varios gases de efecto invernadero, expresando la huella de carbono en toneladas equivalentes de  $\text{CO}_2$  (Dómenech, 2004; CT, 2007; POST 2008; BSI, 2008). Otros prefieren limitarse exclusivamente a un único gas, el  $\text{CO}_2$  (Wiedmann y Minx, 2008, Espíndola, (2012).

Según los mismos autores Para la aplicación de la HdC a las empresas, algunos estudios recomiendan que la HdC de bienes y servicios se limite a la estimación de las emisiones directas realizadas por la empresa que los produce. En otros casos, se consideran también las generadas indirectamente, considerando las emisiones producidas en la cadena de proveedores de los que se abastece la empresa para obtener sus insumos (Wiedmann y Minx, 2008).

Pese a lo anterior, las diversas interpretaciones del concepto de HdC ha llevado al desarrollo de metodologías de cálculo muy diferentes, situación que genera una excesiva controversia frente a un índice que ya goza de bastante popularidad (Carballo et al., 2009).

Algunos autores sostienen que una “huella”, por el significado del concepto, debe abarcar todos los efectos que deja tras de sí una actividad. En el caso de una HdC, debe incluir todas las emisiones de gases de efecto invernadero que se pueden asociar directa e indirectamente con una actividad, y por lo tanto el análisis debe abarcar todo el ciclo de vida de un producto o servicio, desde las materias primas e insumos hasta el producto o servicio final. Metodológicamente,

esta perspectiva de “todo el ciclo de vida” se ha abordado desde dos direcciones: enfoque de arriba hacia abajo o enfoque corporativo (top-down) y enfoque de abajo hacia arriba o enfoque de producto (bottom-up). El enfoque de arriba hacia abajo parte desde una visión global de una organización, para la obtención de una o más magnitudes específicas de HdC (Minx et al., 2010, Espíndola, 2012). El enfoque de abajo hacia arriba realiza un análisis específico de la magnitud de las unidades constituyentes de una organización, evento o proceso y va agregando magnitudes parciales, para obtener una magnitud global de HdC para la unidad en estudio, generalmente un producto o un servicio (Wiedmann, 2009, Minx et al., 2010)

### **5.2.2 Métodos top-down y bottom-up**

Los conceptos top-down y bottom-up (de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, respectivamente), son estrategias de procesamiento de información características de las ciencias de la información, especialmente en lo relativo al software. Por extensión se aplican también a otras áreas del conocimiento, como la economía, la gestión y la educación. En el análisis top-down (de arriba a abajo) se parte de la visión más amplia del mercado, para ir descendiendo en la cadena de análisis, hasta llegar a la visión más concreta de la empresa objeto de estudio (Minx et al., 2010).

De un contexto global pasan al valor concreto. En el análisis bottom-up (de abajo a arriba) se comienza el análisis por la parte del mayor detalle posible. Este enfoque, no reniega del conocimiento de la situación macroeconómica, aunque da prioridad al análisis de las empresas como objeto de estudio de oportunidades del mercado. La ilustración 3 clarifica estos conceptos.

El enfoque bottom-up, esquematizado en la Ilustración. 3, orienta al análisis del ciclo de vida de los productos en base al análisis de los procesos, intentando comprender los impactos ambientales de los productos individuales a lo largo de su proceso de transformación, es decir, desde la materia prima hasta su disposición final. Usando los datos específicos del proceso primario y secundario, este enfoque puede lograr resultados con alta precisión para los productos definidos y en cada uno de los procesos (Espíndola, 2012). Sin embargo, tiene que establecer un límite del sistema a analizar y por lo tanto, conduce a errores de truncamiento de tamaño desconocido. Debido a los requisitos de datos el análisis es generalmente una tarea que requiere de recursos y de costos más elevados que otros métodos (Minx et al., 2010).

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Como se observa en la figura, la decisión final en el enfoque bottom-up se toma basándose en decisiones individuales y no de globalidad. Una vez analizado el detalle, y en función del interés del analista, éste irá ascendiendo en la cadena del análisis, en sentido contrario al enfoque dado por el análisis top-down. Ver Ilustraciones 3 y 4.

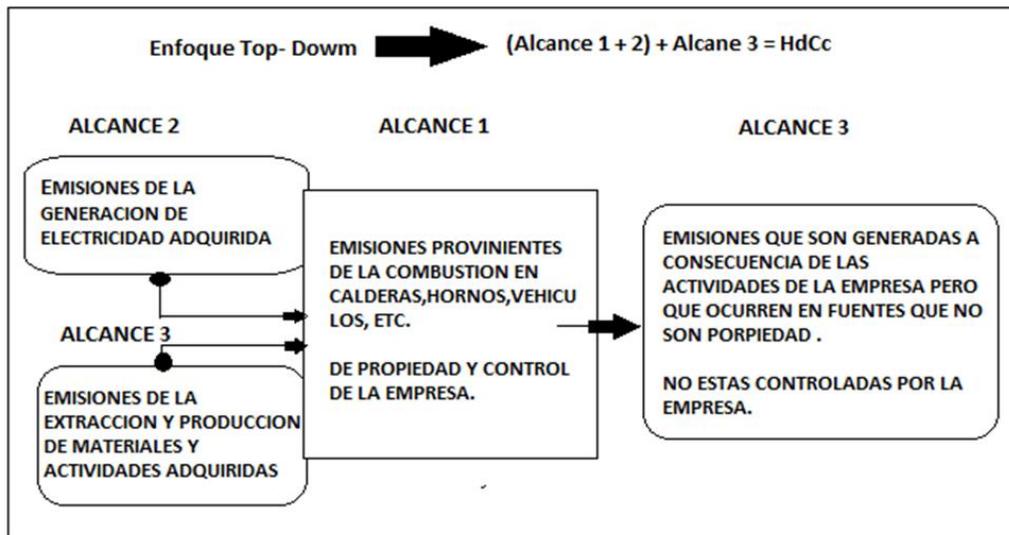


Ilustración 3 : Enfoque Top Down Para la estimación de la Huella de Carbono Corporativa – HdC. Fuente: Espíndola et al., (2012).

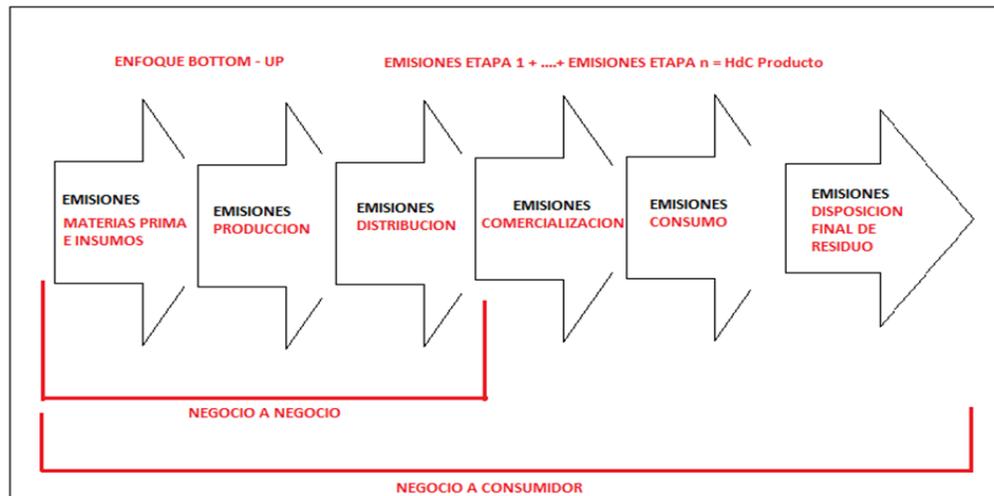


Ilustración 4: Enfoque Bottom – Up, Para la estimación de la Huella de Carbono Corporativa – HdC Fuente: Espíndola et al., (2012).

### 5.3 METODOS ACTUALES.

Según una reciente publicación de Espíndola, (2012); Existen cuatro métodos principales presentados en la literatura para el cálculo de la HdC en empresas, organizaciones, servicios, procesos y productos. Estos métodos utilizan un acercamiento muy similar para la obtención de datos como es el análisis de ciclo de vida del producto. Una vez que se esquematiza el ciclo de vida del producto, desde que se extraen las materias primas necesarias para su fabricación hasta el lugar de su disposición final, cada método usa un enfoque diferente. Ver tabla 1.

La primera diferencia tiene lugar en la limitación del alcance de la empresa, es decir hasta dónde las emisiones de otros procesos influyen en el proceso en estudio. Una vez que se tiene el proceso bien delimitado, se extraen datos diferentes del proceso, para cada método de determinación. Ver Tabla 1.

Tabla 1: Los cuatro métodos más relevantes para la determinación de la Huella de Carbono.

Metodologías	Enfoque	Escala	Unidades	Actividades	Referencia
Protocolo de Gases de Efecto invernadero	Corporativo	Empresa	kg CO <sub>2</sub> eq/año	Todas las Actividades de una organización	Protocolo GEI,2005
Balance De Carbono	Corporativo	Empresa, territorio y Producto	kg CO <sub>2</sub> eq/año, Kg COS eq/Unidad Funcional	Todas las Actividades de una organización	BC,2011
Especificaciones Públicamente Disponibles PAS 2050	Producto	Producto	Kg CO <sub>2</sub> eq/Unidad Funcional	Todas las Actividades de una organización	BSI,2008
Método Compuesto de las Cuentas Contables MC3	Corporativo + Producto	Empresa y Producto	kg CO <sub>2</sub> eq/año, Kg CO <sub>2</sub> eq/Producto. Ha Globales (Gha)	Todas las Actividades de una organización	Domenech, 2004

Fuente: Valderrama et al...2011.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

*Tabla 2: Abaco para la contabilización de emisiones CO<sub>2</sub> Equivalente.*

GHG Protocol y Bilan Carbone ( Enfoque Corporativo)		MC3 ( Enfoque Hidrico,Coporativo + Producto)	
<b>A1</b>	Alcance-1 ( Control directo)	<b>H1</b>	Huella de los Combustibles ( Emisiones Directas)
<b>A2</b>	Alcance-2 ( Control indirecto)	<b>H2</b>	Huella eléctrica ( Emisiones indirectas)
<b>A3</b>	Alcance -3 ( Control indirecto Subsidiario)	<b>H3</b>	Huella de los Materiales
<b>PAS 2050 (Enfoque Producto)</b>		<b>H4</b>	<b>H4</b>
<b>P1</b>	Extracción y Producción de Materias Primas	<b>H5</b>	Huella Agrícola y pesquera
<b>P2</b>	Trasporte de Materias primas	<b>H6</b>	Huella Forestal
<b>P3</b>	Producción o Provisión del Servicio	<b>H7</b>	Huella Hídrica
<b>P4</b>	Distribución	<b>H8</b>	Huella de uso del suelo
<b>P5</b>	Uso del Producto	<b>H9</b>	Huella de los Residuos , Vertimientos y Emisiones
<b>P6</b>	Disposición final/Reciclaje	<b>H10</b>	Contra Huella

Fuente; Espínola y Valderrama (2012b)

### **5.3.1 Protocolo de Gases Efecto Invernadero**

El Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GEI) fue implementado en el 2001 por el Consejo Mundial de Negocios por el Desarrollo Sustentable (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) y por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute, WRI) que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de los GEI. Es fruto de una colaboración multilateral entre empresas, organizaciones no-gubernamentales y gobiernos (WRI, 2004).

Esta iniciativa cuenta con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (UnitedStates Agency for International Development, USAID) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (UnitedStatesEnvironmentalProtection Agency, USEPA). El protocolo de GEI es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (software) de cálculo de emisiones de GEI. La popularidad y el reconocimiento del protocolo GEI, y por supuesto el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas (Pandey et al., 2010).

### **5.3.2 Balance de Carbono**

La metodología y a la vez herramienta Balance de Carbono, conocida internacionalmente como Bilan Carbone, fue desarrollada por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia, ADEME, en el año 2002 (BC, 2011).

La herramienta fue elaborada específicamente para convertir datos relativos a las actividades productivas (como el consumo de energía, la cantidad de camiones y la distancia manejada, las toneladas de acero adquiridas, entre otras) en emisiones, de forma rápida, usando factores de emisión. El método considera la contabilización de emisiones directas e indirectas de los GEI, relacionadas con las actividades industriales, empresariales, y de otras asociaciones y entidades administrativas. Permite clasificar las emisiones según fuente, siendo la base de la herramienta, una planilla Excel que calcula las emisiones asociadas a cada actividad de un proceso (ADEME, 2011; Jancovici, 2003)

### **5.3.3 Especificaciones Públicamente Disponibles, PAS 2050**

El método de las Especificaciones Públicamente Disponibles (Publicly AvailableSpecification), llamado PAS 2050, fue elaborado en el año 2007 por el Instituto Británico de Estandarización (BSI, 2008), con el apoyo del Consorcio del Carbono (Carbon Trust) y el Depto. para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), ambos organismos del gobierno inglés. El método está enfocado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas ISO 14040 referido al Análisis del Ciclo de Vida y 14067 Huella de carbono para productos (actualmente en preparación), así como a las recomendaciones del Protocolo GEI.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

La metodología PAS 2050 define inicialmente las fuentes de emisiones consideradas, además de seis grandes bloques de actividades, cuyas emisiones deben ser consideradas en la estimación del ciclo de vida de bienes y servicios. Con la enumeración de las fuentes de emisiones consideradas, realiza una acotación general del ámbito al que se aplica el indicador.

### **5.3.4 Método Compuesto de las Cuentas Contables**

El Método Compuesto de las Cuentas Contables-MC3; es una guía relativamente nueva en comparación con otras metodologías desarrolladas, que de la misma manera determina y/o cuantifica las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente a la producción de un bien o servicio. Fue desarrollada por Doménech ( 2004a ,2005b , 2007), partiendo de la necesidad de elaborar métodos que permitan cuantificar la Huella ecológica- HE de empresas y organizaciones , ofreciendo la posibilidad de expresar esa huella tanto en unidades de superficie, como el toneladas de CO<sub>2</sub>, de modo que se permita el cálculo de la Huella de carbono corporativa- HdC. La MC3, se originó a partir de la huella familiar (Wackemagel, et al., 2000); Se basó en una matriz de consumos y superficies presentes en una hoja de cálculo (Doménico, 2004a), en donde se recogen los consumos de las principales categorías de productos que una empresa requiere, existiendo de mismo modo apartados para el uso del suelo y la generación de residuos.

El Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) ha sido desarrollado por Dómenech y colaboradores a partir del año 2004 (Dómenech et al., 2010). En este método, la información fluye directamente de una organización a otra sin necesidad de contar con la colaboración de clientes o proveedores de la cadena de suministro para calcular la huella. Toda la huella de productos pasa de una entidad a otra, acumulándose progresivamente, y el estudio de huella se limita siempre a una única entidad. De este modo, el alcance organizacional queda perfectamente delimitado en todo momento. Por eso, MC3 nunca incorpora el uso del producto por parte de un consumidor, o la destrucción del mismo al final de su vida útil, ya que esto queda fuera del alcance organizacional.(Espíndola, 2012)

## **6. ESTADO DEL ARTE**

Se conoce que inicialmente el método compuesto por cuentas contables- MC3 fue implementada por la Autoridad Portuaria de Gijón (Doménech 2004) y que posterior a esto, fue testado y mejorado por el Grupo de Trabajo sobre Mejora de la Huella Ecológica Corporativa, coordinado por el mismo autor, en donde participaron 5 universidades españolas; Durante año y medio, el método ha sido aplicado a empresas de diferentes sectores económicos (Álvarez et al, 2008; Carballo Penela et al., 2008; Caselles et al., 2008; Coto et al., 2008; Doménech y Arenales, 2008; Marañón et al., 2008) comprobándose su robustez y utilidad para proporcionar información relevante para la mejora del desempeño ambiental de empresas de cualquier sector económico.” Llegando a la validación de la metodología y al reconocimiento de la oficina española del cambio climático y el concejo nacional del clima. Quienes ratificaron el MC3 como una metodología dinámica y con un amplio alcance. De este modo se comprobó su robustez y utilidad para proporcionar información relevante para la mejora del desempeño ambiental de empresas de cualquier sector económico. Pese a esto, los índices en su aplicación aumentaron paulatinamente. Con esto muchos sectores productivos comenzaron a incursionar en su aplicación por las ventajas de costos y utilidad temporal que esta proporciona.

Cagiao, (2011), en su investigación evalúan la sostenibilidad de una industria de cemento utilizando la herramienta MC3 en su segunda versión V.2.0. El estudio se basa en el análisis de tres plantas modelo: (A) una planta integral convencional, (B) una planta de molienda, y (C) una planta integral que ha introducido las mejores técnicas disponibles o las mejores técnicas disponibles en el proceso de fabricación. Por lo tanto, los dos escenarios más comunes en el mercado actual (A y B) se pueden comparar con otra planta del mismo tamaño (C) en el que las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen gracias a la aplicación de las mejores técnicas disponibles. Por último, se comparan los resultados en cada estudio de caso, el establecimiento de un diagnóstico de las debilidades y las oportunidades de cada sistema de producción, así como medidas específicas para la acción que debe aplicarse a cada eslabón de la cadena que conforma el proceso de producción.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

En otra instancia, en el contexto latinoamericano, investigadores de Chile, utilizaron la misma metodología para la determinación de la Huella de Carbono denominada Viña Modelo, al final se obtuvo como resultado una HdC de 0.2 Kg. de CO<sub>2</sub> por botella de vino producida. Se realizaron comparaciones con investigaciones desarrolladas bajo productos del mismo sector productivo y el resultado es inferior a otras mediciones similares realizadas en otros países del mundo y disponibles en la literatura. (Quezada, R., Hsieh, T., & Valderrama, J. O. (2013).

En Colombia, el objeto de estudio se basó en la determinación de la HdC de una empresa papelera, bajo la aplicación de la MC3, el análisis comprendió los procesos productivos asociados a la fabricación de la pulpa de papel en todas sus presentaciones, tras el análisis de la información se analizaron las emisiones directas e indirectas en toneladas de CO<sub>2</sub>, así como la capacidad de captura de la misma, obteniendo como resultado una HdC neta de 3550Tn CO<sub>2</sub>/año. (Granada Vanessa, 2012)

## 7. METODOLOGÍA.

El presente estudio se llevó a cabo dentro de los términos del tipo de investigación descriptiva, la cual se basó en la recolección de datos y en análisis de las características de la línea *Ananas comosus*, Caso Atlántico – Santander. Teniendo en cuenta lo anterior, se organizó la metodología del presente estudio, en cuatro fases:

- ❖ Recopilación y análisis de la información
- ❖ Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida.
- ❖ Calculo de la HdC y Síntesis de la información
- ❖ Identificación de aspectos de mejora/reducción

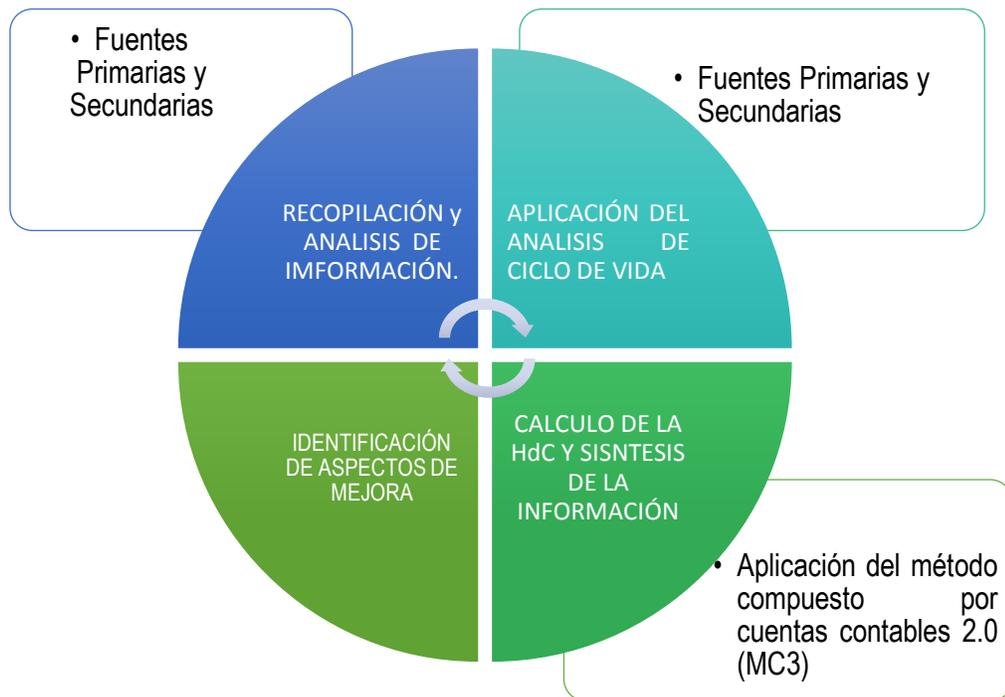


Ilustración 5; Metodología y herramientas a desarrollar mediante el análisis de la HdC de la compañía. Fuente: Elaboración Propia.

El presente estudio comprendió una metodología dinámica, en la cual se llevó a cabo la articulación de los objetivos con las actividades propias del proyecto. Para facilitar la comprensión del mismo se optó por organizar cada etapa en fases descentralizadas, denominadas A, B y C. Las dos primeras comprendieron los períodos de recolección, organización, análisis e interpretación de información.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

La fase terminal incluyó los aspectos de mejora para reducir la HdC de la línea en estudio. (Tabla No. 1)

Tabla 3: Articulación de los objetivos con las actividades a desarrollar en el *marco del* cumplimiento del objetivo general descrito en el apartado 3.1.

<b>FASE O ETAPA</b>	<b>OBJETIVOS</b>
A y B	Analizar la dimensión ambiental de la línea Ananas Comosus a través de la aplicación del análisis de ciclo de vida ( ACV)
C	Determinar la totalidad de Toneladas de CO <sub>2</sub> eq/año emitidas directa e indirectamente en la cadena de valor la unidad funcional. . Identificar aspectos de mejora en los procesos que conlleven a la reducción porcentual de la totalidad de toneladas de CO <sub>2</sub> eq/año, generadas en la línea Ananas comosus (L). Merr.

*Fuente: Elaboración Propia*

### **7.1 La Fase inicial(A y B)**

Comprendió el proceso de recolección de información de los procesos y las fuentes de información puntual de acuerdo con los enfoques establecidos por la metodología empleada (MC3). En dicha etapa se desarrollaron visitas de inspección realizándose un análisis del proceso, el inventario y/o caracterización de los residuos generados, análisis de flujo de materias primas, análisis de algunas cuentas de los balances financieros, análisis de históricos estadísticos, entrevistas con directivos y personal operativo y auditorías ambientales (de cumplimiento legal, de procesos por aspecto ambiental, de conformidad de procesos). Estas últimas se planificaron como resultado de una Revisión Ambiental Inicial- RAI, en la cual se identificaron los aspectos más relevantes con relación a la normal operación de la organización.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Así mismo, se realizó una búsqueda de referentes bibliográficos con el objeto de centrar el alcance del estudio. Cabe resaltar que alguna información se tomó de fuentes secundarias ya que en las primarias no se contaba con registros históricos de los mismos. En ese sentido, posterior a la recolección y análisis de la información requerida, se procedió a desarrollar el análisis de ciclo de vida – ACV de la línea de la *A Comosus*. El análisis se desarrolló en la aplicación de las herramientas de normalización ambiental; ISO 14040 en la cual se citan 4 fases; Objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación.

Así como lo muestra la ilustración 2 estas fases son secuenciales. El ACV es una técnica dinámica que permite ir incrementando el nivel de detalle en secuencias.

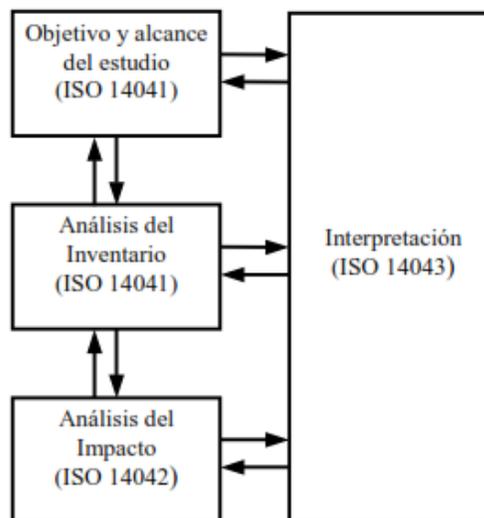


Ilustración 6; Las fases de un Análisis de Ciclo de Vida- ACV.

Fuente: ISO 14040(1997)

Cabe resaltar que el caso de estudio de la producción y comercialización de la *Ananas comosus*, se abarca en el contexto de los departamentos del Santander y Atlántico, denominados *Matriz A* y *Matriz B* respectivamente. El alcance del estudio se generó como resultado de la fase inicial aplicado todas las herramientas de recolección y análisis de información descritas con anterioridad.

No obstante se estableció como Unidad Funcional; UF, 1 tonelada de *Ananás Comosus*, limitando su enfoque de evolución y análisis de impacto ambiental en el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes en la etapa de siembra, cosecha y pos cosecha del fruto. Cabe resaltar que para ello se aplicó una herramienta informática denominada SIMAPRO 8.0. Por medio de esta se analizó el potencial de contaminación de los componentes utilizados, teniendo como base científica la Data base de Ecoinvent 2.0 (2010).

## **7.2 Fase Final (C)**

Una vez obtenido un panorama general de la incidencia de la *A. comosus* sobre los componentes ambientales, se procedió a la implementación de la matriz CLUM, correspondiente a una hoja de cálculo basada en procesos, es una herramienta técnica en donde se obtiene el equivalente de la HdC a través de la comparación de consumos y productividad global y se emplean factores de equivalencia y rendimiento, expresando la HdC en Toneladas de CO<sub>2</sub>. Las filas de la matriz CLUM, muestra la huella de cada categoría de producto/servicio demandado. Las columnas están divididas en seis (6) grupos.

El primero (Columna 1) Corresponde a la descripción de diferentes categorías de productos consumibles. Están clasificadas en 8 categorías principales: Consumo de energía, dividido en dos subgrupos (Electricidad y combustible); Materiales, Subdividido en materiales amortizables, no amortizables y materiales de construcción, servicios, residuos, y desperdicios; uso de superficie, recursos agropecuarios y pesqueros, recursos forestales; y agua. Cada categoría puede incluir tantos productos como se quiera. (García-Negro, 2015)

El segundo grupo (Columna 2-6), expresa el consumo de cada producto, expresado en unidades específicas. Las unidades de la primera columna del grupo esta relacionadas con las características del producto, la segunda columna indica el valor de los consumos en unidades monetarias, mientras que la tercera muestra el consumo en toneladas. La quinta columna recoge la energía incorporada en cada consumo, expresada en jiguillos (GJ), obtenida a partir de la multiplicación de las toneladas de cada producto por la cantidad de energía por toneladas usada en su producción. (García-Negro, 2015)

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Los factores de intensidad energética recogen la cantidad de energía empleada en la producción de cada producto incluido en la matriz CLUM, considerando un ciclo de vida patrón. (Wackernagel, 1998;Wackernagel et al. 2000;(Mayor, 2003; Ibáñez 2001).

El tercer grupo de columnas (Columnas 7 y 8) muestra la productividad de cada bien, la columna 7 indica la productividad natural, expresada en toneladas por hectárea, mientras que la 8 muestra la productividad energética, expresada en GJ por hectárea. La productividad energética muestra cuantos GJ de cada combustible fueron necesarios para emitir el volumen de CO<sub>2</sub> que puede ser absorbido por una hectárea en un año, aplicando una tasa de absorción por hectárea y año de 5,21 tCO<sub>2</sub>/ha/año (IPPC, 1997). (García-Negro, 2015)

El cuarto grupo está compuesto por seis columnas (9-14), las cuales representan la distribución de la huella entre las diferentes categorías de superficies y finalmente, la última columna de la tabla muestra la contrahuella. Ver Tabla 3.

Obtenida la totalidad de toneladas de CO<sub>2</sub> generadas por línea *Ananás comosus*, se inició el proceso de identificación de aspectos de mejora, este se realizó mediante el mapeo de la cadena de valor de la *A. comosus* en donde se identificaron los focos de mejora y las posibles respuestas antes la problemática identificada, dicho mapeo se efectuó adaptando los principios definidos en la metodología VSM (Bidzdoz, 2015).

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Tabla 4: Matriz CLUM para la implementación del método compuesto por cuentas contables – MC3  
Fuente: Tomada de Carballo et al. 2010,

CATEGORIA DE PRODUCTO	CONSUMO ANUAL					PRODUCTIVIDAD		FOOTPRINT BY ECOSYSTEM TYPE							
	Unidades de consumo (unidades/año)	Peso sin IVA (\$/año)	Toneladas (t/año)	Intensidad Energética (GJ/t)	GJ (GJ/año)	Natural (t/ha/año)	Energía (GJ/ha/año) Ó Factor de emisión (tCO <sub>2</sub> /GJ)	Absorción de CO <sub>2</sub>	Superficie cultivable	Pastos	Bosques	Superficie construida	Área de pesca	HEC TOTAL	CONTRA HUELLA
1. ENERGIA															
1.1 Electricidad															
1.2 Combustible															
2. MATERIALES															
2.1 materiales amortizables															
2.2 materiales no amortizables															
2.3 materiales de construcción															
3. SERVICIOS															
4. RESIDUOS															
5. USO DE SUPERFICIE															
6. RECURSOS AGROPECUARIOS Y PESQUEROS															
7. RECURSOS FORESTALES															
8. AGUA															

## 8. RESULTADOS

### 8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE MATRIZ A (CASO SANTANDER).

La Matriz de estudio se encuentra ubicada en Lebrija, Santander, a 580 km de la costa atlántica, comprende una extensión territorial de 8 hectáreas, constituida en un 80% de cultivos de *AComosus*, o piña. En ella se desarrollan los procesos de siembra, cosecha y pos cosecha del material comercializado en la Matriz B. La zona se caracteriza por poseer una temperatura promedio de 23 °C y una máxima promedio de 30,9 °C, con una precipitación anual promedio de 1279 mm. El régimen de lluvias está distribuido en dos períodos secos y dos lluviosos. Los períodos secos comprenden los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, junio, julio y agosto. Los períodos lluviosos se distribuyen en los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. IDEAM, (2010).

A continuación se listan las fases y actividades desarrolladas en la Matriz A, correspondientes al análisis de ciclo de vida de la unidad funcional (1 Tn de *Ananas Comosus* (L) Merr).

Tabla 5: Etapa o Fase del ACV desarrolladas en la Matriz A.

Etapa/Fase	Proceso/ Actividad.
<b>A. Preparación del Terreno</b>	<i>A.a Remoción Cobertura Vegetal</i> <i>A.b Nivelación del Campo</i> <i>A.c Construcción de Caminos</i> <i>A.d Aplicación de Correctivos químicos.</i>
<b>B. Propagación: Desarrollo y Clasificación de material de siembra.</b>	<i>B.a Siembra de material de propagación</i> <i>B.b Castración</i> <i>B.c Clasificación de Hijuelos y/o material de siembra</i>
<b>C. Siembra; Plantación</b>	<i>C. a Transporte y Distribución</i> <i>C.b Desinfección de Hijuelos</i> <i>C. c Método de siembra</i> <i>C.d Resiembra</i> <i>C.e Mantenimiento de caminos y drenajes</i>
<b>D. Siembra: Mantenimiento de Cultivos.</b>	<i>D. a Aplicación de Fertilizantes</i> <i>D.b Control de malezas</i> <i>D. c Control Fitosanitario.</i> <i>D. d Inducción de la Floración</i>

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Etapa/Fase	Proceso/ Actividad.
	<i>D. he Control y supervisión.</i>
<b>E. Cosecha</b>	<i>E. a Recolección</i> <i>E. b Cosecha de Retorno</i> <i>E. d Embalaje y transporte</i>

Fuente: Elaboración Propia

### **8.3.1 Preparación del terreno.**

Inicialmente se procede con la limpieza del área a intervenir, esta se realiza mediante la remoción de la cobertura vegetal y vegetación con un equipo apropiado. En el caso de áreas ya intervenidas se deben destruir las plantas con una rastra pesada, dándole 2 ó 3 pasadas hacia una misma dirección. Se deja descansar por 15 días, y después se le dan 2 o 3 pasadas cruzadas. El material resultante (materia orgánica), se deja degradar por 4 a 6 semanas y luego se da una pasada final de rastra. La profundidad de incorporación debe ser mínimo de 17 cm. Luego se procede a la nivelación del campo, dándole corte y relleno, manteniendo sin alteraciones el horizonte B (subsuelo), pero buscando la mayor nivelación posible para evitar acumulación de agua (hoyos) o arrastre de suelo (pendientes).

Después de lo anterior, se procede a desarrollar la construcción de los drenajes primarios y secundarios, según lo requiera el terreno y el clima. No obstante se procede a la reconstrucción de los caminos principales de 6 mts de ancho, necesarios para llevar al campo las semillas, transporte de frutas, materiales y equipos. Se debe asegurar que no se encharque el terreno y que en ningún momento impida el transporte de mercancías en épocas de lluvia. Por lo anterior los caminos pequeños son demarcados dejando sin sembrar 2 ó 3 hileras.

La labor que continua, es la aplicación de los correctivos químicos, esto se debe hacer 45 -60 días antes de la siembra, con el objetivo de estabilidad el suelo. El correctivo se debe incorporar a la mayor profundidad posible, de manera que haya una distribución en todas las zonas de siembra radicular (25 cm). Finalmente se pasa una rastra, para pulverizar el suelo antes de hacer las camas de siembra. Después de la labor anterior se procede a realizar las camas, se marcan y se aplican los fertilizantes y pesticidas durante la pre-siembra. Una vez hechas las camas, se procede a realizar los hoyos que sirven de marca en fin de saber el lugar en donde se dispondrá el hijuelo.

### **8.3.2 Propagación.**

La propagación de los cultivos de la *Ananas comosus* (L) Merr, usualmente consta de material de siembra como hijos de corona (slips), coronas y socos (chupones). Y otros como los propágulos y paz (retoño), este tipo de cultivos se polinizan a mano se producen semillas, las cuales generalmente son utilizadas en programas de mejoramiento. A continuación se describen cada uno de los materiales de siembra utilizados en la Matriz A, para el cultivo de la A. *Comosus*;

- Hijos de Corona. Son hijuelos que nacen en el pedúnculo floral por debajo del fruto, son frutos en ciernes por tanto deben ser desinfectados dado que su azúcares atraen hormigas que lo hacen susceptible a pudriciones.
- Corona. Es una continuación del meristemo original de la planta, se dice que es un su creciente del fruto en forma de tallo que produce hojas y una planta normal.
- Chupones. Son producidos por yemas axilares a lo largo del tallo, una planta puede presentar entre 1- 3 en plantaciones comerciales. Regularmente se agrupan según su tamaño.
- Hijo Basal. Brota de la base de la planta, es un material muy vigoroso y puede llegar a hacerse dominante y en un sentido paraliza el desarrollo vegetativo de la parte superior de la planta.
- Propágulos. Son los ojos de la frutas, se caracterizar por detener el desarrollo del fruto al formar una roseta de plántulas. Por tanto son muy demandadas para la siembra.



### **8.3.3.1 Castración.**

Este proceso consiste en la eliminación del meristemo apical de la planta en el vivero, con el objetivo de romper su dominancia, estimulando la brotación de yemas auxiliares en el tallo. Esta se realiza desprendiendo las 3-4 hojas del centro de la planta e introduciendo una especie de espátula, la que se hace rotar hasta destruir el meristemo apical. La espátula se introduce hasta 1 cm., para no matar la planta y luego se aplica 225 gr de Benomil disueltos en 378 lts de agua.

Después de un tiempo, se revisa la efectividad del proceso tomando al azar 8 plantas; 2 en cada 4 hileras por cada sub. Bloque. Si se obtiene más del 10% de plantas sin castrar, entonces se vuelve a repetir la operación.

Cada dos semanas se realiza una castración, teniendo en cuenta que la planta debe pesar por lo menos 225 gr al momento de ser castrada. 90 días después del castrado y a intervalos de dos semanas, se recogen los hijuelos y se clasifican por peso antes de su selección final para la siembra. Los hijuelos obtenidos se utilizan con tres fines:

- Resiembra en viveros nuevos.
- Siembra para producción
- Comercialización producción externa.

### **8.3.4 SIEMBRA.**

Este cultivo se siembra todo el año, esto debido a la aplicación de reguladores de crecimiento que inducen artificialmente la floración con el fin de evitar la floración natural del cultivo y responder a la demanda del mercado, mediante la programación de la oferta durante el año. Ya que la floración natural puede llegar a ser un problema para el productor, porque rompe la sincronización de la cosecha y la programación de venta y mercadeo del producto.

El proceso de siembra inicia con el transporte y distribución de los hijuelos al sitio de selección, clasificación y tratamiento. Después de ser tratados son llevados y distribuidos por lotes en los campos.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Una vez clasificados y envasados en seco, los hijuelos son tratados para eliminar cualquier infección por insectos u hongos. Es por ello que se sumergen en una solución de 375 cc de Diazinon y 1 kg de Aliette en 800 lts de agua.

Una vez obtenido el material de siembra previamente tratado se procede a desarrollar el método de siembra, este se hace con palas o estacas con punta plana. Se realiza un ollado con una profundidad de 10 cm y siempre perpendicular al suelo, formando un ángulo recto. Se debe realizar una selección y clasificación del material de siembra por tamaño, para que el campo sea uniforme y la cosecha sea producida en el menor tiempo posible. El mismo es colocado boca abajo sobre la planta madre para el curado (Eliminación de exceso de agua), lo que le confiere una mayor resistencia o tolerancia al choque del trasplante.

La densidad comercial de siembra es de 6.200-7.700 plantas por hectárea. Producida por el sembrado de en camas con doble hilera a la distancia de 115 cm de centro a centro de cama. Entre plantas y 40 cm entre la hilera doble de cada cama.

### **8.3.4.1 Resiembra**

Esta labor consiste en revisar la plantación una vez que se ha establecido, y volver a sembrar o reponer aquellas plantas que murieron. El mantenimiento de caminos y drenajes es una tarea constante y necesaria al terminar la siembra. Para ello se forman brigadas auxiliadas con equipos que se encargan de mantener limpios los drenajes y alcantarillas. Además estas reforman el talud, rellenan y aplanan los caminos y carreteras internas, de manera que la plantación no sufra incidentes logísticos.

### **8.3.4.2 Aplicación de Fertilizantes.**

La piña es un cultivo sumamente exigente en potasio, nitrógeno, fosforo, magnesio, hierro y zinc, es por ello que para obtener un rendimiento óptimo del cultivo, se realizan las adiciones de cada componente en 4 aplicaciones, en la Tabla 6, se describen los elementos y la continuidad de aplicación de cada uno.

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

Tabla 6: Elementos, dosis y aplicación de fertilizantes en la etapa de siembra de los cultivos de Ananas ccomosus.

Época de Aplicación	Nitrógeno Urea	Potasio Nitrato de potasio	Magnesio Sulfato de magnesio	Hierro Sulfato de hierro	Zinc Sulfato de Zinc.
1ª Aplic.	23.5 kg	94 kg	33.5 kg	14 kg	0.33 kg
2ª Aplic.	47 kg	94 kg	33.5 kg	14 kg	0.33 kg
3ª Aplic.	87.5 kg	94 kg	33.5 kg	14 kg	0.33 kg
4ª Aplic.	87.5 kg	94 kg	33.5 kg	14 kg	0.33 kg

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe resaltar que las aplicaciones se hacen bajo frecuencias de 2, 3, 4 y 5 meses respectivamente, así mismo todas las proporciones citadas con anterioridad se aplican disueltas en 1.900 litros de agua/ha y se repite cada 30 días.

No obstante las aplicaciones se hacen dirigidas, pero cuando la piña cierra, se hacen con barras acopladas, bien sea de forma manual o mecánica.

### 8.3.4.3 Control de Malezas.

Esta labor es realizada de dos formas; control químico y control manual. Para el control químico se realiza una aplicación pre-siembra tomando 2.2 kg de Diuron por hectárea. Esta aplicación pre-emergente se realiza con el objetivo de prevenir la salida de malezas antes del proceso de siembra.

No obstante también se realiza una aplicación de herbicidas post-emergente, usando una mezcla de Diuron (22 kg de Bromocil y 22 kg de Agral/lt), diluidos en 2300 lt de agua, esta segunda aplicación se realiza con el fin de controlar la maleza que ha emergido antes de la siembra. Así mismo antes de que las plantas fijen su sistema radicular, se hace una aplicación post-siembra con la misma dosificación para cubrir la misma área.

Cabe resaltar que los herbicidas son aplicados con tractores que llevan acopladas barras de aspersión de 8 boquillas, esta utiliza un tanque con una capacidad de 3000 lts. La Aplicación de este tipo de compuestos es efectiva hasta 75 días después de la siembra, es por ello que de ahí en adelante el control es manual.

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

A los 105 días de sembrado, se realiza una nueva aplicación dirigida a la intercama, con el objeto de impedir la posterior germinación de malezas.

### 8.3.4.4 Control Fitosanitario.

El control fitosanitario, así como el tratamiento de las plagas y enfermedades de cultivo de la piña depende de la presencia y ausencia de algún vector causante de la vía de entrada del vector o desarrollo de la enfermedad. No obstante a continuación se lista las plagas y enfermedades que usualmente se encuentra presentes en el cultivo de la *Ananas Comosus* (L) Merr.

#### ❖ Plagas.

- *Dysmicoccus brevipes*, **Cochilla**, es una hemíptera considerada por los agricultores como el peor enemigo de los cultivos de la piña; no solo por el daño que causa al succionar la savia y debilitar la planta, sino porque es el vector de las enfermedad de wilt. Las mejores condiciones para la multiplicación de las cochinillas son las altas temperaturas (31°C) y humedad relativa de 63%. El tratamiento y control de esta plaga consiste en aplicar insecticidas a la planta con el fin de eliminarla, usualmente se utiliza en Diazinon a razón de 2 kg/ha, disueltos en 2000 lts de agua. (Fruver AG, 2010)



Ilustración 8: Especie de *Dysmicoccus brevipes*, comúnmente conocida como cochila, una hemiptera causante de la succión de la savia y debilitación de la planta en los cultivos de la A. Comosus. Fuente: tomado de <http://pinaenladajugonatural.blogspot.com.co/p/plagas.html>

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

- **Sinfilidos**, son artrópodos muy parecidos a los ciempiés, de color blanquecino que viven en materia descompuesta en el suelo. Usualmente son producidas en la raíces nuevas de la plantas. Estos causan en las fruta la vía de entrada para hongos, que pudren la raíz. Este tipo de plagas se controla con Dysiston en dosis de 2,2 a 3,3 kg/ha.



Ilustración 9: Especie de Artrópodos, generan las vías de entrada de hongos y bacterias en los cultivos comerciales de la *A. comosus* tras la perforación de tallos y frutos. Fuente: Tomado Acosta J. (2006).

- Nematodos de las agallas, esta es provocada por la ***Meloidogyne Javanica***, las cuales provocan la aparición de nudosidades o deformaciones características en las raíces. Así mismo el *Pratylenchus brachyurus*, son capaces de invadir las raíces que sirve de puerta de entrada para hongos y bacterias. Usualmente son controlados mediante la aplicación de una dosis de Oxamyl, Ethrotop o Carbonfarum.



Ilustración 10; Especie de *Pratylenchusbrachyurus*, causantes de la generación de puertas de entrada para los hongos y bacterias en las raíces de las plantas. Fuente: Tomado de <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/LesionNematode.aspx>

#### ❖ Enfermedades.

- Pudrición del Cogollo y de la Raíz, esta es causada por *PhytophthoraCinnamomi* y *Phytophthoraporasitica*, dicha enfermedad ocurre en los meses más tempranos y en zonas de alta pluviometría.
- Pudrición del Tronco, es causada por la *Thilaviopsisparadoxa*, la cual pudre la base de los hijuelos, el tallo, las hojas y los frutos.

Ambas enfermedades son controladas mediante control químico en la aplicación de una dosis de Fosetyl, Metalaxyl o Benomyl.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

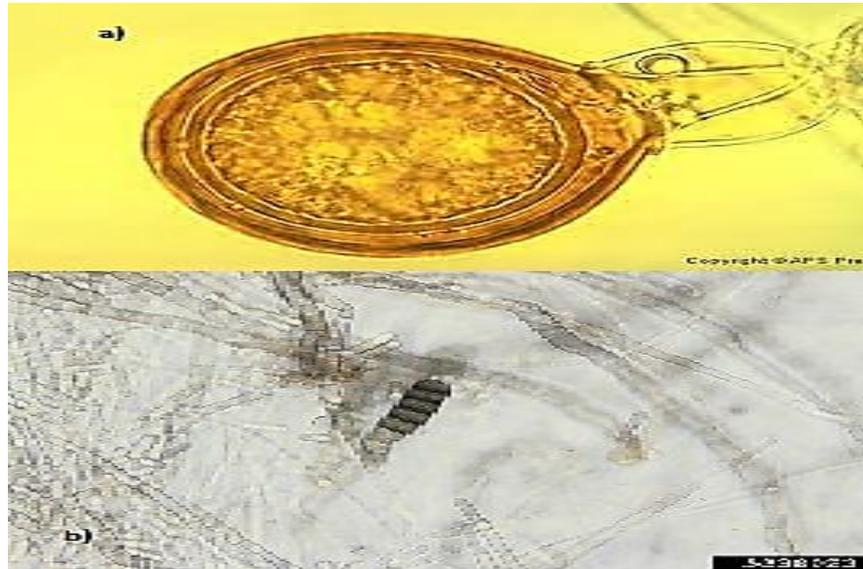


Ilustración 11: especies generadoras de enfermedades en los cultivos de la A. Comosus a) Especie de *Phytophthora Cinnamomi*, responsable de la pudrición de cogollo y raíz y b) Especie de *Thilaviopsis paradoxa*; la cual genera la pudrición del tronco. Fuente: Tomado de <http://www.apsnet.org/publications/imageresources/Pages/lower35.aspx>

#### **8.3.4.5 Inducción de la Floración.**

La inducción floral en la piña, se realiza mediante la aplicación de reguladores de crecimiento que liberan etileno provocando el cambio de la yema vegetativa a floral. La inducción se hace cuando la planta pesa de 2.2 a 2.7 kg, en este sentido la aplicación se hace con bomba de mochila. Se usa el Ethrel a razón de 3.406 lt/17.000 lts de agua para 3 hectáreas. Conjuntamente se emplea la urea en una dosis de 67 kg/ha. Una segunda dosis asegura la homogenización en la cosecha.

#### **8.3.4.6 Control y Supervisión**

Con el fin de determinar la efectividad del proceso anterior, se realiza un seguimiento y control a la plantación comercial 20 o 25 días después de realizada. Dicha labor se realiza tomando una estación al azar, por cada 0.5 ha, y se arrancan 10 plantas a las cuales se les hace un corte longitudinal a través de la corteza. Si menos del 98% de estas al realizar el corte no presenta brácteas y coronas pequeñas se debe realizar una según aplicación.

### **8.3.5 COSECHA.**

La cosecha consiste en la recogida de los frutos, una vez que ha alcanzado las cualidades internas y externas que lo hacen apetecible para el consumidor. Este proceso se realiza después de 5 meses de inducida la plantación comercial. Dicha etapa en campo se consigue entre 9 -12 recogidas, dependiendo del grado de uniformidad. La cosecha se hace de forma manual, los frutos cosechados se van colocando en canastillas que luego son transportados en carretas o Bin.

Después de realizar el proceso de recolecta, se realiza la clasificación del producto y los subproductos en:

- Frutas sobre maduras o sin color.
- Frutas muy grandes
- Frutas golpeadas
- Frutas con quemaduras de sol
- Frutas con cochinillas o enfermas.
- Frutas con Corona doble o múltiple
- Frutas con Corona dañada o deforme

Normalmente las frutas con clasificadas por grados de maduración (0 –2) siendo el valor más alto, el grado de maduración ideal para su comercialización. El proceso de empaque y embalaje del producto depende de la clasificación por tamaño, no obstante antes de este proceso, se le realiza un tratamiento adicionando Bayetón y cera para mejorar la apariencia del fruto. Los frutos son embalados en cajas de 18.8 kg.

### **8.3.5.1 Cosecha de Retoño.**

Cosechados los frutos de las plantas sembradas por primera vez, se puede obtener una o más cosechas sucesivas tomando los subproductos (material de siembra) para tener una o más plantaciones sucesivas. Una vez obtenidos los hijuelos, se clasifican por tamaño. Al dejar la plantación para cosechar el retoño, se cuadrículan las plantaciones de desarrollo similar y al mes se ralean los retoños, eliminando los sobrantes y dejando algunos por cada planta.

### **8.3.5.2 Carga y Transporte.**

Una vez, que el producto este en embalaje, se procede a realizar el proceso de carga para su posterior transporte y comercialización. El producto es transportado desde el departamento del Santander hasta el departamento del Atlántico (590 km) en un vehículo de inyección directa a diésel con categoría Euro II. Este posee una capacidad instalada de 10 toneladas de las cuales 8- 9 toneladas son comercializadas semanalmente en la Matriz B, Costa Atlántica.

## **8.2 ANÁLISIS DEL INVENTARIO.**

Partiendo de lo descrito con anterioridad en los apartados 8.1 y teniendo en cuenta que el análisis del inventario solo aplica para la matriz A (Siembra, cosecha y pos cosecha), ya que en la Matriz B (Comercialización) no se emplea el uso de ningún compuesto químico con relación al ciclo de producción y comercialización de la *Ananás comosus* (L) Merr, A continuación se realiza una localización e identificación de dosis, proporciones, elementos, productos y materias primas utilizadas en cada fase del producto.

### **8.2.1 Preparación del terreno y siembra de la *Ananas Comosus* (L) Merr.**

Debido a la complejidad de los procesos y al uso continuo de compuestos agroquímicos en las fases de preparación del terreno y siembra de la unidad funcional, se procede a ilustrar las sustancias y la categoría eco toxicológica de cada una con el objetivo de enfocar el análisis del inventario y aplicación de este tipo de compuestos químicos. En la Tabla 6 se describen los utilizados en el contexto de estudio.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Tabla 7: Ficha Eco-toxicológica de los compuestos utilizados en la preparación del terreno y siembra de la *Ananas Comosus* (L) Merr.

<b>Potencial de Contaminación de las Sustancias Utilizadas en la Siembra de <i>Ananas Comosus</i> (L) Merr.</b>				
<b>#</b>	<b>Nombre del Compuesto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Categoría de Toxicidad</b>	<b>Eco-toxicidad</b>
1	Cal u Oxido de Calcio	Corrector Químico	II ( Moderadamente Toxicó)	Efectos perjudiciales en la modificación de la curva de pH de los cuerpos de aguas superficiales o corrientes subterráneas.
2	Dolomita	Corrector Químico	II ( Moderadamente Toxicó)	Efectos perjudiciales en la modificación de la curva de pH de los cuerpos de aguas superficiales o corrientes subterráneas.
3	Benomil	Fungicida	III ( Moderadamente Toxicó)	Rápida degradación y poca bio- acumulación. Toxicó para organismos acuáticos y a largo plazo puede generar alteraciones en la biota acuática.
4	Diazinon	Insecticida	II (Altamente Toxicó)	Toxicología Aguda en mamíferos, Toxicó par aves y organismos acuáticos. Letal para Abejas. Raramente migra por debajo de 1,3 cm del suelo. Su permanencia depende de las condiciones climáticas
5	Aliette	Fungicida	III ( Moderadamente Toxicó)	A pesar que los ingredientes activos poseen bajo factor de bioacumulación y rápida y casi completa eliminación de residuos en la fase de depuración, se considera Toxicó para peces, organismos acuáticos y algas
6	Ridomil	Fungicida	II (Altamente Toxicó)	No es persistente en agua y suelo. Posee una baja bioa- comulaci3n y movilidad en el suelo de acuerdo a sus características. No obstante es considerado un toxicó agudo para peces e invertebrado acuáticos, así como un inhibidor del crecimiento y desarrollo de las algas en los cuerpos de aguas superficiales.
7	Benomyl	Plaguicida	III ( Moderadamente Toxicó)	Toxicó para biota acuática, aves y abejas.
8	Bayleton	Fungicida	III ( Moderadamente Toxicó)	Baja degradación por la acción de los microorganismos. No existe Bio- acumulación, siempre y cuando se mantenga una buena dosis de trabajo y buenas prácticas agrícolas.
9	Tiabendazol	Fungicida	III ( Moderadamente Toxicó)	Puede ser toxicó par algunos peces, por tal motivo evitar el contacto directo de compuesto con arroyos, lagos y/o cuerpos de aguas superficiales. A largo plazo puede desencadenar efectos negativos sobre la biota acuática.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

10	Diuron	Herbicida	III (Moderadamente Toxico)	Producto moderadamente persistente, Ligeramente móvil con baja o nula tendencia de Bioacumulación. Toxicidad agua para Biota acuática, Toxicidad aguada terrestre. Toxico para abejas.
11	Bromocil	Herbicida	IV( Baja Toxicidad)	Posee un poder de Bio-Acomulación bajo. No es considerado un peligro para el medio ambiente
12	Agral	Dispersante y mojanetens oactivo	II (Altamente Toxico)	Muy toxico para organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe resaltar que los criterios de clasificación de Eco-toxicología se basaron en lo citado en las fichas técnicas y hojas de seguridad de cada producto. Del mismo modo se aclara que en lo correspondiente a la toxicidad humana los criterios se basaron lo establecido en la Tabla 8.

Tabla 8: Criterios para la clasificación toxicológica de sustancias químicas empleados por la OMS

TOXICIDAD	Por vía oral		Por vía Dermal	
	Solido	Liquido	Solido	Liquido
I.a. Sumamente peligroso	5 o Menos	20 o Menos	10 o Menos	40 o Menos
I.b Muy Peligroso	Más de 5 hasta 50	Más de 20 hasta 200	Más de 10 hasta 100	Más de 40 hasta 400
II. Altamente Toxico	Más de 50 hasta 500	Más de 200 hasta 2000	Más de 100 hasta 1000	Más de 400 hasta 4000
III. Moderadamente Toxico	Más de 500 hasta 2000	Más de 2000 hasta 3000	Más de 1000	Más de 4000
IV. Normalmente no ofrece peligro.	Más de 2000	Más de 3000		

Fuente: Adaptación OMS, 2010.

Ahora bien, con el fin de dimensionar la relevancia de los impactos generados, a continuación se lista las dosis y proporciones de los compuestos aplicados por hectárea de cultivo comercial. Tal como la refleja la Tabla 8.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Tabla 9: Ficha de dosis y proporciones de sustancias químicas empleadas en la siembra

<b>Listado de Sustancias Químicas utilizadas en la Siembra de la <i>AnanusComosus L(Merr)</i></b>				
#	Nombre del Compuesto	Categoría	Dosis / Hectárea	Aplicación
1	Cal o Oxido de Calcio	Corrector Químico	N/E*	Se debe hacer 45 -60 días antes de la siembra. Se incorpora el producto a 25 cm de profundidad del suelo.
2	Dolomita			
3	Benomil	Fungicida	250-500 gr/Lt	La dosis indicada por hectárea debe aplicarse con suficiente cantidad de agua, según el equipo de aplicación, tamaño y frondosidad del cultivo. Ollaje que tengan.
4	Diazinon	Insecticida	250-500 gr/Lt	
5	Eliette	Fungicida	250-500 gr/Lt	
6	Ridomil	Fungicida	250-500 gr/Lt	
7	Benomil	Plaguicida	250-500 gr/Lt	
8	Bayleton	Fungicida	250-500 gr/Lt	
9	Tiabendazol	Fungicida	250-500 gr/Lt	
10	Diuron	Herbicida	Mescla Homogénea de Bromocil y Agral	Aplicación de Herbicida Pos. Emergente Usando una mescla de Diuron (Bromocil y Agral), Diluidos en 2300 lt de agua, para asperjar una hectárea. Esta segunda aplicación se hace cuando ha emergido mucha maleza antes de la siembra.
11	Bromocil	Herbicida	22 kg/2300 Lts	
12	Agral	Dispersante tensoactivo	22 kg/2300 Lts	

Fuente: Elaboración Propia

En lo correspondiente a fertilizantes y demás elementos adicionado en el área de siembra, a continuación se detallan las cantidades totales utilizadas por hectárea cultivo comercial. En la Tabla 10, se refleja la sumatoria de las dosis aplicadas en los ciclos de siembra de la Ananas Comosus (L) Merr.

Tabla 10: Dosis de fertilizantes por hectárea de cultivo de Ananas Comosus (L) Merar.

Etapa de Aplicación	Nitrato (Urea)	Potasio (Nitrato de Potasio)	Magnesio (Sulfato de Magnesio)	Hierro (Sulfato de Hierro)	Zinc (Sulfato de Zinc)
Total Aplicaciones	245,54 kg	376 kg	134 kg	56 kg	1,32 kg
	812,86 kg				

Fuente: Elaboración Propia.

### 8.2.1 Análisis del impacto ambiental de la matriz A; Santander.

Para dimensionar el impacto generado por el consumo y aplicación de este tipo de sustancias al ciclo de producto, ya que según la IPPC, este tipo de elementos poseen unos criterios de eutrofización de cuerpos de agua y acidificación de suelos de acuerdo con sus proporciones.

Hay que tener en cuenta que las cantidades citadas corresponden a las empleadas por una hectárea de cultivo comercial. A continuación se listan los elementos y los criterios de agotamiento de los recursos abióticos asignados por la IPPC. Ver Tabla 11.

Tabla 11: Criterios de Agotamiento de los recursos naturales según la IPCC y el Ecoinvent 2.2 (2010)

Sustancia	$F^*$	$AD^*$
	kg-1 a-1	Kg Sb eq Kg-1
Antimonio	13,671,9	1
Azufre	4,408	0,000358
Bauxita	0,108	-
Calcio	-	7,08E-10
Carbon	0,0005037	0,0363
Cloro	-	4,86E,08
Cloruro de Potasio	0,086	-
Cobre	28,16	0,00194
Cromo	0,319	-
Fosfato	0,115	-
Fosforo	-	0,0000844
Gas Natural	0,117	0,32
Hierro	0,04	8,43E-08
Lignito	0,0005037	-
Magnesio	-	3,73E-09
Manganeso	0,296	0,0000138
Níquel	59,7	-
Perlita	0,468	-
Petróleo	0,0557	0,436
Plata	92837	1,84
Plomo	157	0,0135
Potasio	0,086	3,13E-08
Sodio	-	8,20E-11
Sulfato de Bario	26,91	-

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Sustancia	$F^*$	$AD^*$
	kg-1 a-1	Kg Sb eq Kg-1
Uranio	181	-
Zinc	40,29	-

\*Factor de emisión (F)  
\*Factor de acidificación de cuerpos de agua.(AD)

Fuente: Adaptación.

Desde esa perspectiva a continuación se citan las principales categorías tenidas en cuenta dentro del contexto de la unidad funcional y los criterios de evaluación internacional en el análisis del inventario y el análisis del impacto ambiental en el uso de Fertilizantes, Herbicidas y Pesticidas. Ver Tabla 12.

Tabla 12: Categorías de impactos adaptados para el análisis de ciclo de vida de la *Ananas Comosus L (Merr)* según Ecoinvent. 2.2 (2010)

Categoría de Impacto	Unidades	Escala geográfica
<b>Entradas</b>		
Agotamiento recursos abióticos	Kg Sb	Global
Energía	MJ kg	Global
Uso del suelo		Local
Perdida de Soporte de vida		Local
Pérdida de Biodiversidad		Local
<b>Salidas</b>		
Cambio Climático H13:JH13:J27	Kg CO2	Global
Agotamiento Ozono	Kg CFC11	Global
Acidificación	Kg SO2	Continental/regional/local/global
Eutrofización	Kg H	Continental/regional/local/global
	kg PO3	Continental/regional/local/global
Formación Foto-Oxidante	Kg Etileno	Continental/regional/local/global
Toxicidad Humana	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global
	Kg Pb aire.	Continental/regional/local/global
Eco toxicidad terrestre	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global
	Kg Pb aire.	Continental/regional/local/global
Acuática marina	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global
Acuática agua dulce	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global
	Kg Zinc Agua	Continental/regional/local/global
Sedimento agua dulce	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global
Sedimento marino	kg 124 DCB	Continental/regional/local/global

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

<b>Otros</b>		
Desecación	m	Local
Radiaciones		Regional/local
Olor		Local
Ruido		Local

Fuente: Adaptación TEAM (1999) y Audsley (1997)

Sin embargo, cabe resaltar que con el desarrollo del análisis de los elementos y o sustancias químicas, no se pretende limitar su uso o escatimar sus propiedades, pero si es necesario que se tenga en cuenta la relación de estas con el entorno y las siguientes categorías enmarcadas dentro de la guía establecida por el IPCC.2010 y el Ecoinvent 2.2 (2010).

En la Tabla13, se listan las categorías y código de colores adaptado por cada ítem con el objeto de comprender su identificación en la ilustración 20.

Tabla 13: Categorías enmarcadas dentro del Ecoinvent 2.2

	<b>Huella de carbono</b>
	<b>Potencial de acidificación</b>
	<b>Potencial de Eutrofización</b>
	<b>Potencial de deterioro de la capa de ozono</b>
	<b>Potencial de smog fotoquímico</b>
	<b>Potencia de Toxicidad humana.</b>

Fuente: Adaptación de Ecoinvent. Software Simapro 8.0

Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

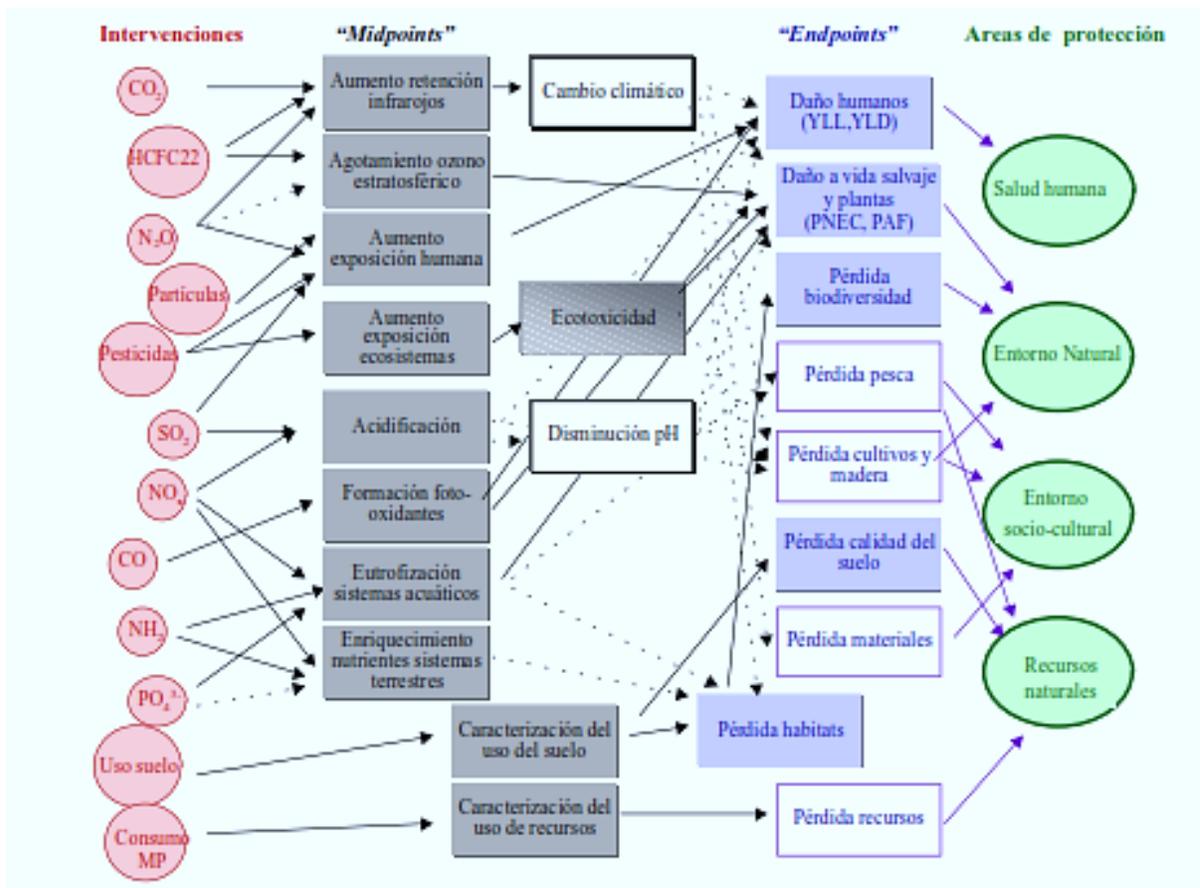


Ilustración 12: Integración entre la Entrada – proceso- Salida y Entorno.  
Fuente: Marbella, 2010

En la ilustración 11, se observa un resultado preliminar del análisis de ciclo de vida, en este se realizó un análisis de impacto de las sustancias y elementos descritos con anterioridad (Tabla 12) teniendo en cuenta su potencial de contaminación, categorizados según muestra en la Tabla 10, estos están disponibles en el ecoinvent 2.2 (2010), se obtuvo acceso a la base de datos, ya que el análisis del impacto se realizó mediante el Software SIMAPRO 8.0. A Continuación se enmarcan los gráficos que representan el grado de importancia de cada elemento o sustancia en la *Ananas Comosus (L) Merr.*

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

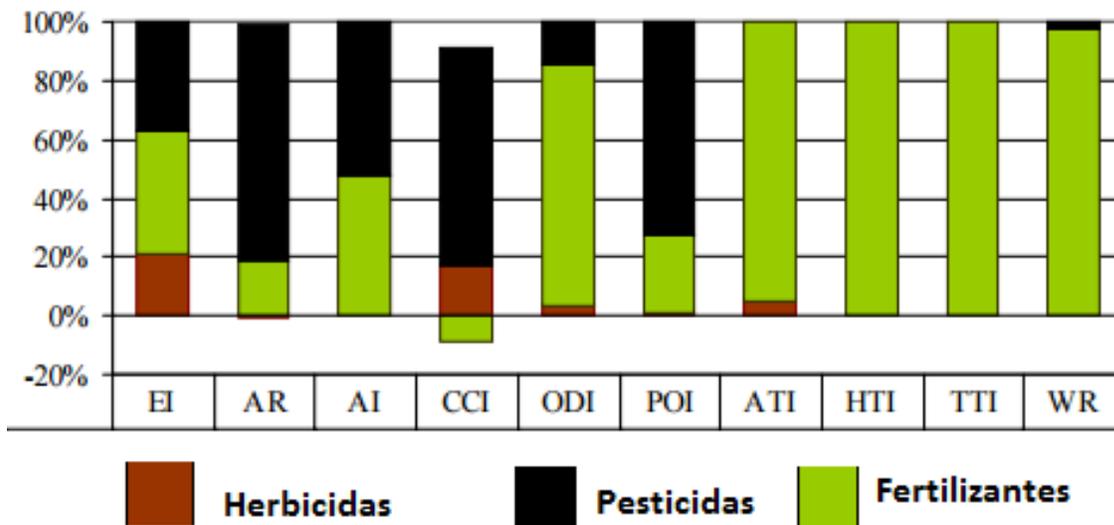


Gráfico 1: Representa el potencial de contaminación de los herbicidas, pesticidas y fertilizantes, utilizados en el proceso de siembra del cultivo comercial e invernadero de la *Ananas Comosus* (L) Merar. En donde EI: Eutrofización, AR; agotamiento de los recursos renovables, AI; Acidificación, CCI; Cambio Climático, ODI; Agotamiento de la capa de ozono, POI; Formación foto oxidante, ATI; Toxicidad Ecosistemita Acuática HTI; Toxicidad humana, TTI; Toxicidad Ecosistemita Terrestre, WR; Consumo de Agua. Fuente: Simapro 8.0

En el gráfico anterior es posible diferir la importancia de los fertilizantes en la producción de *A. comosus* y la relevancia que tienen los mismos con relación a los criterios establecidos por la IPPC. En ese sentido vemos como la aplicación de este tipo de compuestos representa cerca del 100% de la incidencia y el potencial de afectación en las categorías de: *Toxicidad Humana, Toxicidad Ecosistemica Acuática y la Toxicidad Ecosistemica terrestre*. No obstante vemos que por su importancia en el desarrollo y crecimiento del follaje de los cultivos, este favorece la captura de las emisiones de CO<sub>2</sub> representando menos de un 20% en comparación con la categoría *Cambio Climático; CCI*.

En consecuencia, la aplicación de pesticidas es otro factor relevante frente a la contextualización de la problemática ambiental en la siembra de la *A. comosus*, ya que cerca del 80% de las categorías *Eutrofización, AR; agotamiento de los recursos renovables, AI; Acidificación, CCI; Cambio Climático y Agotamiento de la capa de ozono, representan un potencial de afectación y contribución para con los efectos ambientales contemplados en cada categoría.*

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

En cuanto a los herbicidas es posible concluir que no tiene mayor relevancia con relación a los resultados arrojado, sin embargo se determina que cerca del 20% del potencial de: *Eutrofización y Cambio Climático son generados por esos compuestos*. Así mismo, al contemplar el uso de compuesto o elementos químicos en las etapas de cosecha, pos cosecha de *A. Comosus*, se determinó el consumo de combustibles teniendo en cuenta las características técnicas de la flota vehicular y el total de kilómetros recorridos entre la Matriz A y Matriz B acaso de proporcionar un panorama general y dimensionar el aporte del proceso de transporte a la carga ambiental de *Ananás comosus* (L) Merr. Para el transporte del producto se utiliza un vehículo de inyección directa a diésel categorizado según las normas EURO como Categoría II.

Tabla 14: Proporciones de Emisión por tipo de contaminantes según las Normas Euros por Km recorrido a motor Diésel con inyección directa. Fuente: Tomado de UE, 2011.

Limitaciones a las emisiones para vehículos nuevos con motor diésel						
	válido a partir de	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC+NOx (g/km)	PM
Euro I	01/92	3,16	-	-	1,13	0,14
Euro II	01/96	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
Euro III	01/00	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
Euro IV	01/05	0,50	0,05	0,25	0,30	-
Euro V	09/09	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
Euro VI	08/14	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005

Cabe resaltar que debido a la complejidad y exactitud que estos panoramas demandan en el estudio preliminar de otras variables como los patrones de conducción, en el caso puntual de esta investigación no se evaluaron por motivos de costos y disponibilidad de tecnologías. Sin embargo los datos anteriores se toman como referencia general para estimar las cargas ambientales y la subdivisión por categoría. No obstante, esta variable fue indispensable para en el proceso de estimación de la Huella de carbono de los procesos desarrollados en la matriz A

### 8.4 ANALISIS DE CICLO DE VIDA- Matriz A

#### 8.3.1 Preparación del terreno.

El análisis de ciclo de vida y el estudio de la problemática ambiental generada por la siembra, cosecha y pos cosecha de *A. comosus*, así como el proceso de comercialización desarrollado en la matriz B, son aspectos importantes que generan una presión sobre los recursos naturales por la demanda de materia prima y por la generación de subproductos que impacta negativa o positivamente al

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

medio ambiente. Tal cual como muestra la ilustración 13, el proceso de preparación del terreno es una de las etapas en el proceso de siembra que más impactos significativos genera sobre el medio biótico, ya que el proceso de remoción de la cobertura vegetal, genera aspectos relevantes en la emisión de gases de combustión, emisión de material articulado y emisión de ruido; provocado por el uso de maquinaria pesada que demanda el consumo de combustible. En ese mismo sentido, la destrucción y la fragmentación de hábitat por la tala de árboles, provoca disminución de la densidad poblacional y la capa boscosa generando un desplazamiento de las especies de la zona, tras el cambio en el uso del suelo y una modificación de sus características fisicoquímicas, por los procesos de compactación generados en los procesos de nivelación del campo, entre otros.

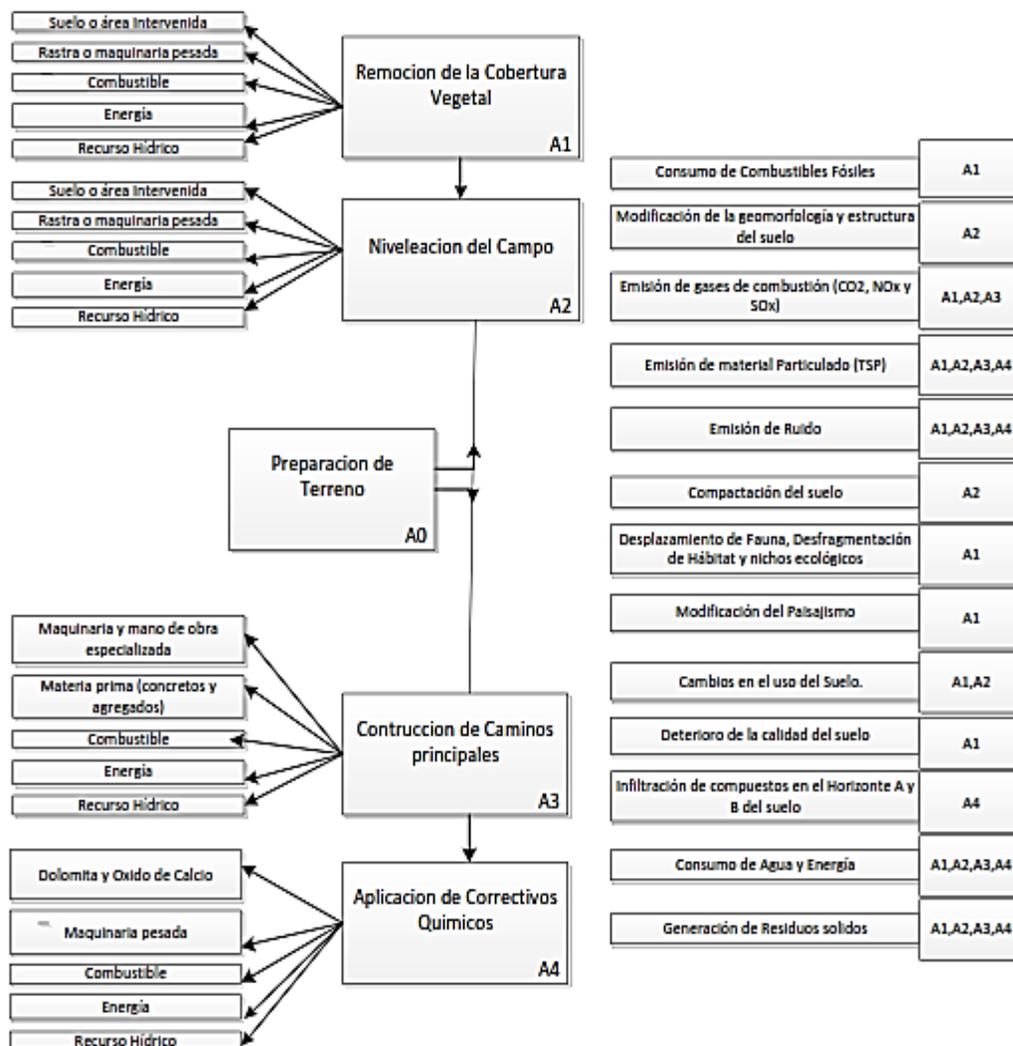


Ilustración 13: Flujo de procesos en la preparación del terreno para la siembra de la *A. Comosus*; desarrollado en la Matriz A; Santander. Fuente: Elaboración Propia.

### **8.3.2 Propagación: Desarrollo y clasificación de material de siembra.**

En el proceso de propagación, desarrollo y clasificación de material de siembra, el consumo de recursos hídricos, así como la aplicación de agroquímicos en la dosificación de fertilizantes, pesticidas y herbicidas en cada ciclo del proceso de siembra, son aspectos relevantes en el análisis del impacto ambiental ya que la demanda y consumo de los mismos genera emisión de gases de combustión de alcance 2 (*Emisiones de fuentes indirectas, tales como las generadas por el consumo de energía eléctrica u combustible*) en la huella de carbono intrínseca de cada elemento (Urea, Nitrato de Calcio, Nitrato de Amonio, Diuron, Antrazina) sin dejar de lado aquellas emisiones de combustión ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$ ) generadas por el consumo de combustible en el mantenimiento de caminos y drenajes por el uso de maquinaria pesada en las labores de nivelación del terreno.

En ese mismo sentido, la generación de residuos orgánicos y peligrosos se convierte en un aspecto relevante en las etapas de siembra y resiembra de *A. Comosus*, ya que la dosificación y continuidad en el mantenimiento de los cultivos genera un gran volumen de soluciones y recipientes impregnados con compuestos químicos derivados de la aplicación de fertilizantes, pesticidas y herbicidas. Sumado a eso, aquel generado en los controles fitosanitarios llevados a cabo en los cultivos comerciales de *A. comosus*. Ahora bien, cabe resaltar que este último es generado de acuerdo con las necesidades específicas en la propagación de hongos, bacterias y enfermedades, tal cual como se citan en el Control Fitosanitario (apartado 8.3.1.4)

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

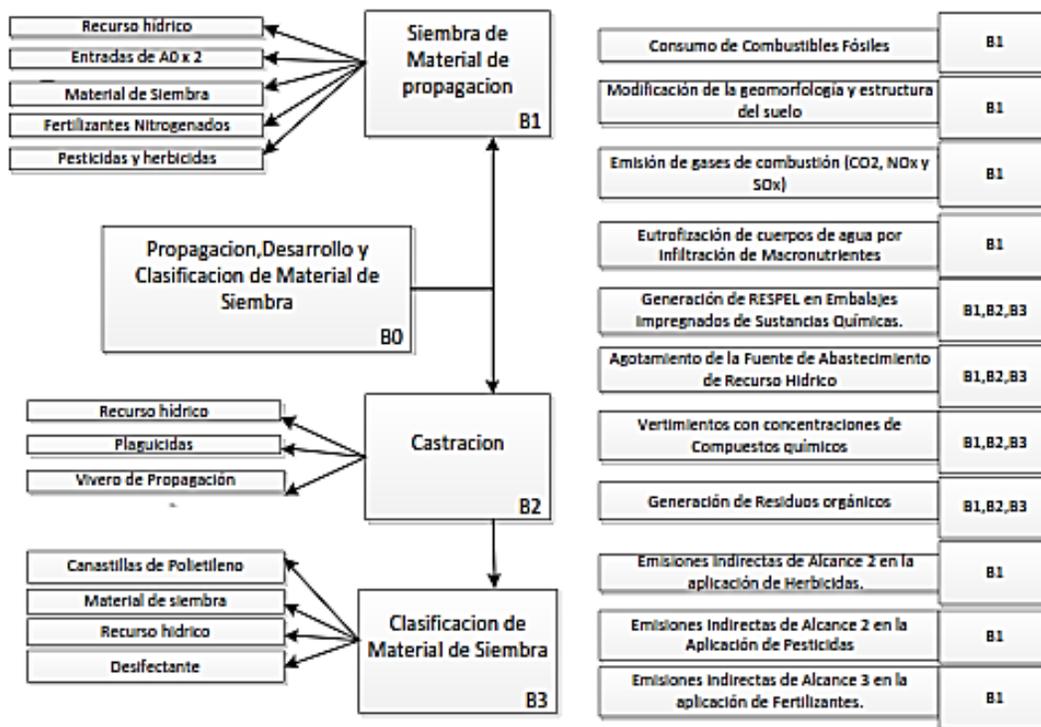


Ilustración 14: Flujo de procesos en propagación: desarrollo y clasificación de material de siembra de A. Comosus; desarrollado en la Matriz A; Santander. Fuente: Elaboración Propia.

**8.3.3 Siembra; Plantación.**

Tal como se muestra en la ilustración 15, la emisión de dióxido de carbono de alcance 2 (Emisiones indirectas) es otro aspecto ambiental relevante derivado del consumo de combustible, agua y energía, así como la aplicación de agroquímicos en las etapas de siembra de material de propagación, siembra y resiembra.

Por consiguiente, el mantenimiento de cultivos y la aplicación de compuestos agroquímicos en las fases de control nutricional del cultivo, control de malezas, control de plagas y enfermedades e inducción de la floración provocan en su mayoría emisiones de alcance 2 (emisiones de generación de electricidad consumida)<sup>3</sup>(son consecuencia de las actividades de la empresa) que difieren entre sí de acuerdo con el proceso de generación.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

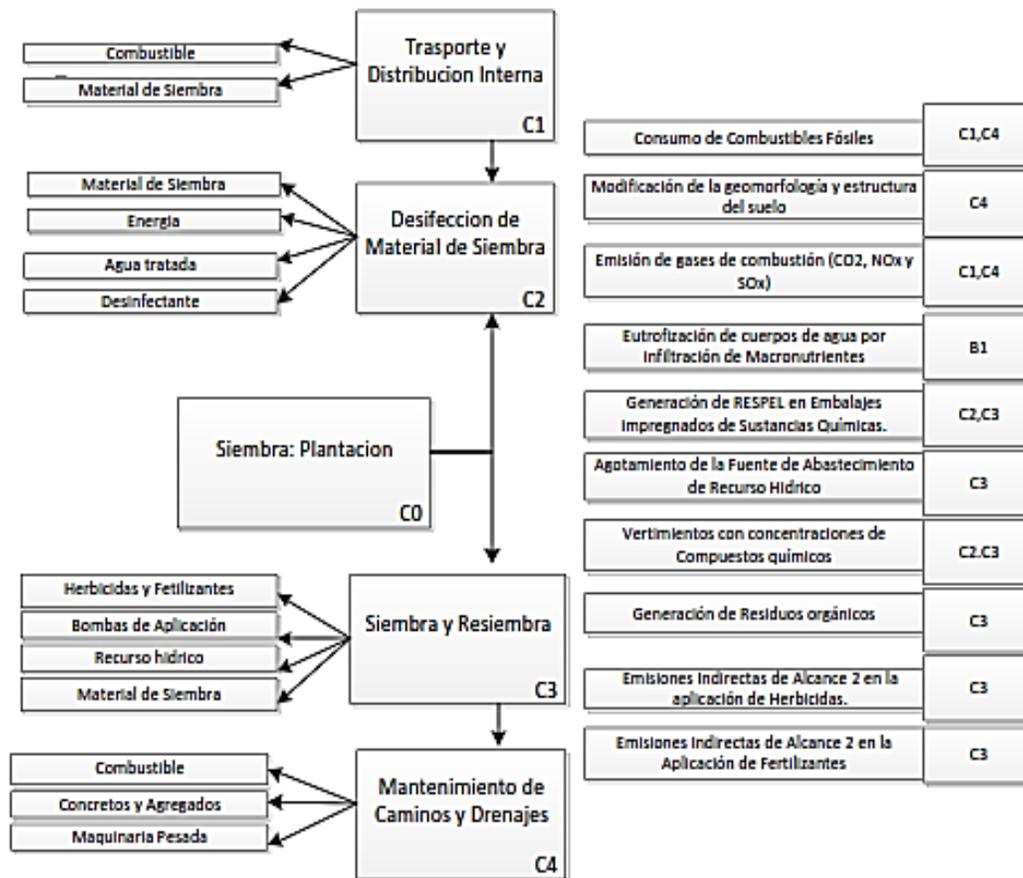


Ilustración 15: Flujo de procesos de las fases de propagación y Siembra: Plantación desarrollados en el Cultivo comercial de la A. Comosus en la Matriz A; Santander. Fuente: Elaboración propia

**8.3.4 Mantenimiento de Cultivos**

En lo correspondiente al mantenimiento de cultivos, se concluye que la emisión de dióxido de carbono, es atribuida en el proceso por el uso de fertilizantes, herbicidas (la periodicidad y continuidad), por la descomposición de la maleza, el consumo de recurso hídrico (Consumo de energía en el proceso de distribución) y en la aplicación de urea y etileno en el proceso de inducción de la floración.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

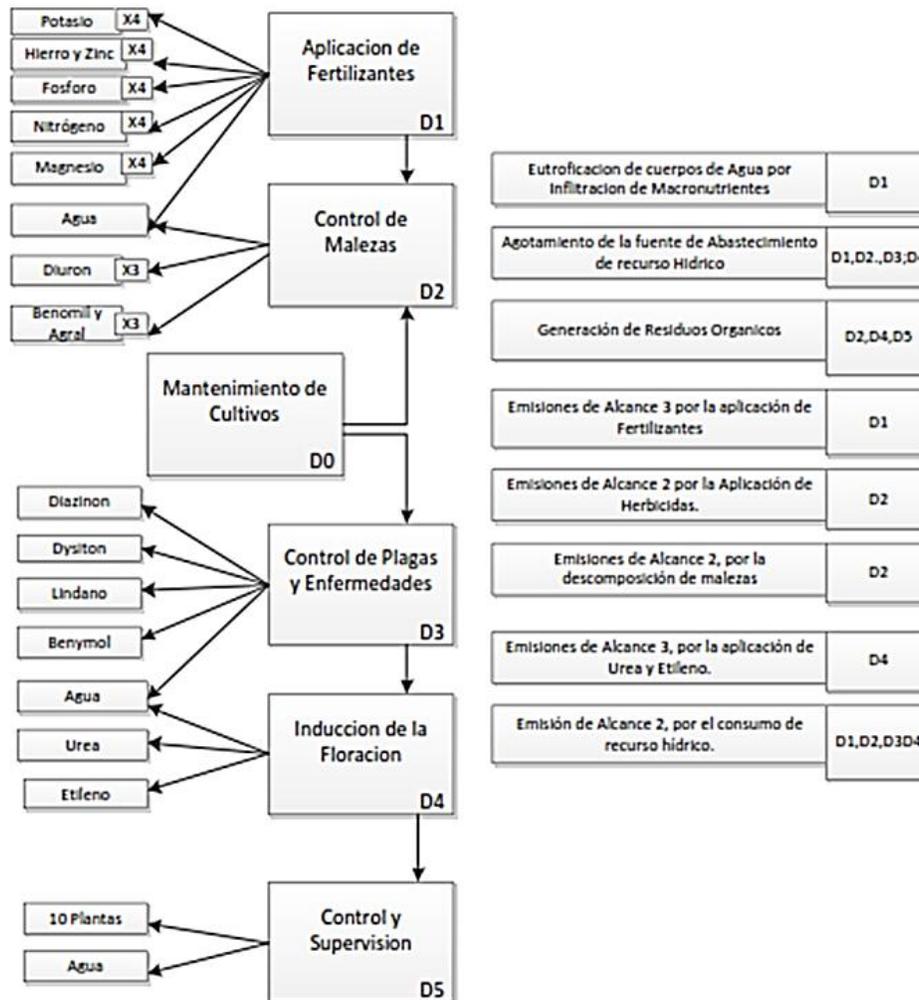


Ilustración 16: Flujo de proceso de en la fase de mantenimiento de cultivos en la etapa de siembra de la *A. Comosus* en la Matriz A, Santander. Fuente: Elaboración propia

**8.3.5 Cosecha.**

Finalmente, el proceso de cosecha de *A. comosus*, es una de las etapas menos significativas con relación a la gravedad de los impactos ambientales generados en toda la cadena de siembra y cosecha de la piña. Ya que en el proceso mecánico de recolección, clasificación y selección del fruto no se genera impactos relevantes. No obstante la generación de residuos orgánicos, en las etapas de clasificación sumado a la emisiones de dióxido de carbono por el consumo de energía eléctrica

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

y combustible en el transporte del material por flota vehicular, reevalúan la importancia de los impactos generados en la cadena de valor por la estimación de la huella de carbono en la producción de *Ananás Comosus (L) Merr.* Comúnmente conocida como piña. Tal como se muestra en la ilustración 17, el deterioro de la calidad del suelo por el uso de las extensiones de tierra en cultivos secundarios es otro aspecto relevante en los procesos de retorno por el usos de extensiones en procesos de resiembra, ya que la sobreexplotación de los recursos incrementa la presión de los mismos sobre la oferta y limita la disponibilidad de su aprovechamiento.

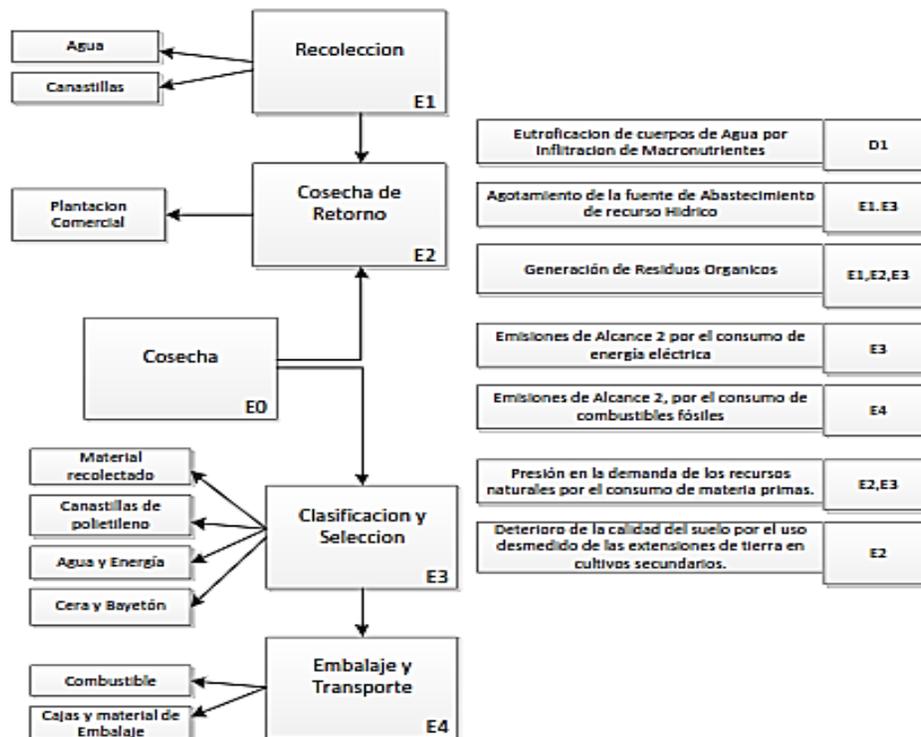


Ilustración 17: Flujo de proceso de la etapa de cosecha desarrollada en los cultivos comerciales de la A Comosus en la Matriz A, Santander. Fuente: Elaboración propia.

**8.3 DESCRIPCION GENERAL DE LA MATRIZ B (ATLÁNTICO).**

Matriz de estudio ubicada en la costa Atlántica, comprende una empresa de frutas y verduras bajo naturaleza de sociedad anónima, la cual cuenta con una instalación de 500m<sup>2</sup>, en la que se desarrollan los procesos de recepción, pesaje, clasificación, almacenamiento, transporte y comercialización de frutas y verduras, entre las cuales *Ananás comosus* es el material producido en la Matriz A (Santander), de esta se produce anualmente aproximadamente 10,675 Tan por

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

hectárea, comercializándose en el departamento del Atlántico 469,26 toneladas/año lo que representa el 70% de la producción anual de la Matriz A.

Dentro del marco de acción de la matriz B con relación al ciclo de comercialización de *Ananascomosus* (L) Merr, se procedió a acoplar los mismos en dos categorías con el fin de simplificar su comprensión: Procesos Administrativos y Procesos Operativos.

### **8.3.1 Procesos administrativos.**

Área destinada al desarrollo de los procesos administrativos propios de la organización, comprende: gerencia general, dirección de calidad, contabilidad y finanzas, dirección de producción, administración general y recursos humanos. En esta área es propio el uso continuo de energía y se le atribuye el mayor porcentaje de consumo. No obstante es identificada como área indispensable en el desarrollo de las operaciones de la empresa, pues sus divisiones son las encargadas de la gestión sobre requerimientos legales, productivos, económicos y del cliente.

El flujo de información es efectuado de manera descendente. Es decir los pedidos y la gestión comercial son realizados por el área de calidad y producción. Los procesos de facturación, gestión financiera, control de insumos, recursos, costos y gastos son responsabilidad de área de contabilidad y finanzas. La gerencia general con ayuda de administración y recursos humanos, centran sus esfuerzos en garantizar la disponibilidad de recursos y las relaciones externas, así mismo, al ser los altos mandos de la organización, velan por el cumplimiento de los objetivos organizacionales y la razón de ser de la unidad de negocio.

### **8.3.2 Procesos operativos.**

Es considerado el proceso clave en la gestión productiva de la organización; dicho proceso y las prácticas a desarrollar dependen de la clasificación inicial en el proceso de recepción de la materia prima. En esta etapa inicial, se determina la cadena de gestión dependiendo si es producto seco o producto de cadena fría. Su modelo de producción está basado en un flujo de producto en U comprendida desde la etapa de recepción hasta el almacenamiento y/o conservación.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Una vez determinada su clasificación, el proceso de tratamiento varía de acuerdo a las características del producto. Los productos de cadena seca, como el de ***Ananas Comosus (L) Merr***, se recensionan y se pesan en el área de Recepción y Almacenamiento Temporal, para luego ser almacenados en el Área de Almacén 1. Posterior a la recepción del pedido del producto de interés, se inicia su proceso de lavado y desinfección. El proceso de lavado se realiza mediante procesos manuales en piscinas bajo una dilución de un desinfectante fotosensible de 1 ml por cada 10 de agua potable (1 a 10). En el caso de la piña, debido a su naturaleza y a el riesgo de pudrición al ser sometida a procesos de lavado, esta simplemente se almacena sin tratamiento alguno, posterior a ello pasa a ser manipulada y cargada a la flota vehicular para su posterior comercialización.

En algunos casos el desinfectante es rociado de forma directa sobre el producto. Las condiciones de tratamiento dependen de la categoría del producto manejado, Categoría 1, Categoría 2 y Categoría 3; cada categoría está orientada bajo unos requerimientos de calidad impuestos por el cliente y manejados bajo criterios específicos adoptados por la dirección de calidad.

En este sentido, los criterios de calidad de la ***Ananas Comosus (L) Merr***, depende del grado de maduración y el tamaño de la misma. El proceso de transporte, se realiza mediante flota vehicular. La compañía cuenta con 8 vehículos todos equipados con sistema de conservación en frío los cuales varían por su capacidad de carga desde 4 a 10 toneladas.

### **8.3.3 Análisis de inventario.**

#### **8.3.3.1 Análisis de impacto ambiental de la matriz b.**

Con el objeto de evaluar el impacto ambiental en un contexto netamente local y administrativo, se decidió iniciar un proceso identificación y localización de los aspectos ambientales más significativos con el fin de establecer un panorama general de la situación ambiental de la matriz B y de la incidencia de la misma sobre el medio ambiente. En el marco de dichos procesos se llegaron priorizar tres (3) aspectos significativos con relación a la importancia y magnitud del impacto generado.

❖ **Consumo de Agua y Energía:**

Representa un punto crítico en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, ya que presenta un rango de consumo elevado de acuerdo con las actividades que desarrolla. Debido a los ciclos de desinfección realizados de acuerdo a la línea de producto, se incide el consumo desmedido del recurso y la generación de vertimientos con altos contenidos de materia orgánica y sólidos. Con relación al consumo de energía, es preciso afirmar que este es demandado por los procesos administrativos y logísticos de la organización que tiene un tiempo de operación de casi 24 horas en turnos rotativos. Las actividades logísticas y administrativas se realizan de forma transversal.

❖ **Generación de Vertimientos.**

De acuerdo con la caracterización desarrollada en el marco de la presente investigación con el objeto de apoyar la gestión administrativa frente a los requerimientos de la autoridad ambiental, se llegó a establecer que los vertimientos provenientes de las áreas de lavado y áreas comunes de la organización, presentan altas concentraciones de DBO, DQO y SST para el área de lavado y de DQO y DBO para las áreas comunes

❖ **Generación de Residuos.**

Con relación a la generación de residuos, se llegó a determinar de acuerdo a una caracterización realizada en el marco de la investigación, que cerca de 2 toneladas de residuos orgánicos son generados mensualmente como resultado de los procesos de clasificación de los productos comercializados. En menor proporción aquellos generados en las áreas administrativas en lo que contempla a papel, cartón y estibas.

A continuación se ilustran las entradas y las transformaciones que acarrearán cada una de ellas en los procesos productivos. Ver Ilustración 19.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

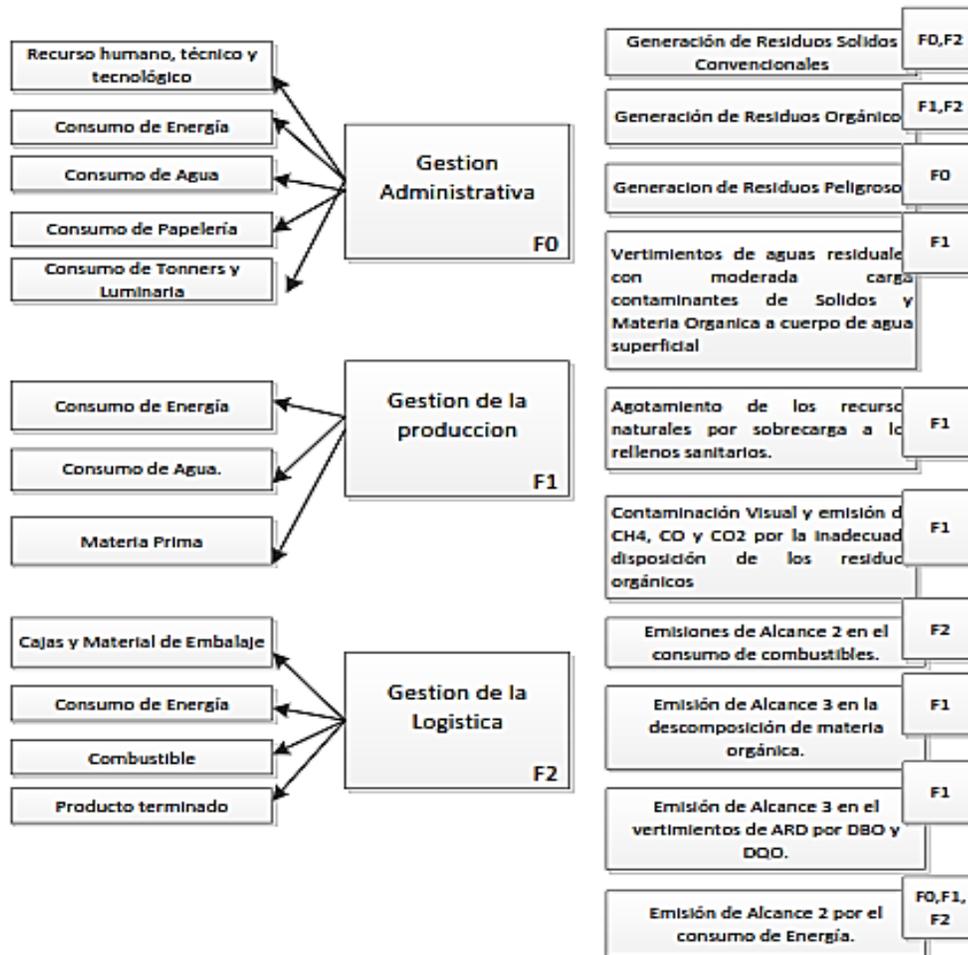


Ilustración18: Diagrama de Flujo en donde se representan las entradas y salidas por procesos productivo en la Matriz A: Atlántico. (Clasificación, tratamiento y Comercialización) Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración anterior podemos inferir que en la clasificación, tratamiento y comercialización **de A comosus** genera aspectos ambientales con potencial de producir un impacto ambiental; el consumo de energía y agua son aspectos relevantes en el descargue de vertimientos con altos contenidos de sólidos y materia orgánica. Así como la emisión de alcance 2 (Fuentes indirectas de emisión) de dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> generada por el consumo de Energía eléctrica en las instalaciones. Siendo así uno de los puntos críticos con relación al potencial de los impactos generados el consumo de combustible y la emisión de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>.

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Ahora bien la generación de residuos sólidos, en su mayoría orgánicos, contribuye en gran medida a los incrementos de los pasivos ambientales de la organización. Lo anterior, ya que a este tipo de residuos no se les genera valoración económica alguna, tal cual como son generados, son dispuestos en un sistema de reutilización realizado por un tercero.

### **8.4 Síntesis del análisis de impacto ambiental de la cadena de valor.**

Teniendo en cuenta todo lo discutido y citado con anterioridad, es preciso enfatizar de manera concreta la relación de la producción y comercialización de la unidad funcional o la matriz de estudio con relación a la demanda en el consumo de los recursos naturales, bien sea materia virgen o procesada e incluso materia prima secundaria.

Si bien el concepto de la agroindustria nos centra en la explotación o aprovechamiento del recurso suelo, cabe resaltar, que desde un enfoque ambiental no se puede enfatizar ni priorizar el mismo bajo un único impacto o aspecto destacado. En esa misma secuencia, el suelo, si bien es indispensable para el desarrollo de las actividades agrícolas, su relevancia o potencial de afectación no es asociada a su uso y aprovechamiento, si no a la dinámica en el uso del recurso, en ese sentido la incorporación de técnicas, procesos y actividades en el aprovechamiento del mismo son de gran importancia en este caso de estudio. En la preparación del terreno, uno de los impactos más notables repercute sobre la litosfera, ya que los procesos mecánicos de remoción y adecuación de terreno; generan subproductos derivados de la intervención de proceso tecnificados, tales como la nivelación del campo, remoción de la cobertura vegetal e incluso la neutralización de los mismos, aumentando así la *huella de carbono, potencial de estratificación y toxicidad humana*, cuyos aportes son inducidos por las características químicas de los compuestos y por la frecuencia en la interacción y exposición de trabajadores y/o comunidades. Ver ANEXO 2.

Así mismo, el desarrollo y propagación en el cultivo del material de siembra, genera una presión considerable en la calidad del sistema ambiental, ya que se hace necesaria la adecuación del terreno, desencadenando un incremento en la generación de los impactos ambientales mencionados con anterioridad. De otra parte, el desarrollo de los cultivos denominados invernaderos de propagación requiere la aplicación de herbicidas en etapas, pre y post emergentes, la dosificación de fertilizantes en 4 fases y el mantenimiento y seguimiento de los cultivos que demanda la incorporación de tecnologías especializadas que exigen el consumo de combustible, agua y energía; concibiendo emisiones de alcance 2

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

que contribuyen al incremento de la huella de carbono en la producción de *A. Comosus* sin dejar de lado el aporte generado en el incremento de las variables de potencial de *eutrofización y toxicidad humana*(Ver ANEXO 2). Con relación a la siembra: plantación y mantenimiento de cultivos, es preciso afirmar que es una de las etapas más relevantes seguida de la propagación del material de siembra, ya que al igual que en el proceso anterior se hace continuo uso de compuestos agroquímicos en la dosificación de herbicidas en etapas pre, post emergente y cosecha, así como lo relacionado con la aplicación de fertilizantes; sin dejar de lado el control fitosanitario del cultivo.

Es por ello que uno de los criterios más importantes constituyen al incremento del potencial de eutrofización y el potencial de toxicad humana y en menor medida a la contribución de la huella de carbono por la emisión de Dióxido de carbono- CO<sub>2</sub> de alcance 2 derivado de los procesos de dosificación de compuestos agroquímicos. De igual forma, la etapa de cosecha al contemplar todo lo relacionado con la recolección, clasificación, selección, embalaje no se le asocia una gran contribución en el incremento de la huella de carbono del producto, ya que la generada, está asociada a la emisión de alcance 2 en el consumo de energía y agua. No obstante, por ser el transporte de la mercancía una actividad clave para el desarrollo de las actividades de comercialización desarrolladas en la matriz B; Atlántico, se le atribuye la sumatoria de las emisiones de alcance 2 por el consumo de combustible a la comercialización de la misma. En ese sentido es posible afirmar, que en el proceso de comercialización; uno de los criterios más notables e impactantes con la sostenibilidad de la cadena de abastecimiento de *A. Comosus* es el la huella de carbono asociada al consumo de combustible y energía tanto en el transporte desde la A la B, sino también en los procesos de distribución regional.

Para obtener una visión general y claridad en los aspectos citados se construyó un mapeo de la cadena de valor de *A. Comosus* en donde se integran el consumo de materias primas, la fuente de abastecimiento, el alcance del análisis de algunas elementos indispensables, la relación de cada proceso y los impactos generados en el marco de las categorías establecidas por el panel intergubernamental del cambio climático – IPPC. Ver ANEXO

### 8.5 Adaptación de MC3.

La MC3 o método de compuestos por cuentas contables es una metodología novedosa, ágil y económica de gestionar. Esta fue originada en España por la organización CarbonFeel y Fundación Funciona que con ayuda de sus investigadores desarrollaron una plataforma acreditada a nivel internacional por la IPPC y otros organismos internacionales para el caculo de la HdC de bienes y servicios. La MC3 calculó el total de gases enmarcados en el protocolo de Kioto a través de la interpolación de datos. No obstante por las características propias de cada nación y por las políticas internas de sostenibilidad e intercambio de bienes y servicios en los mercados existentes, es necesario realizar una adaptación de la misma con relación a los factores y parámetros de correlación. Ver Ilustración 19.

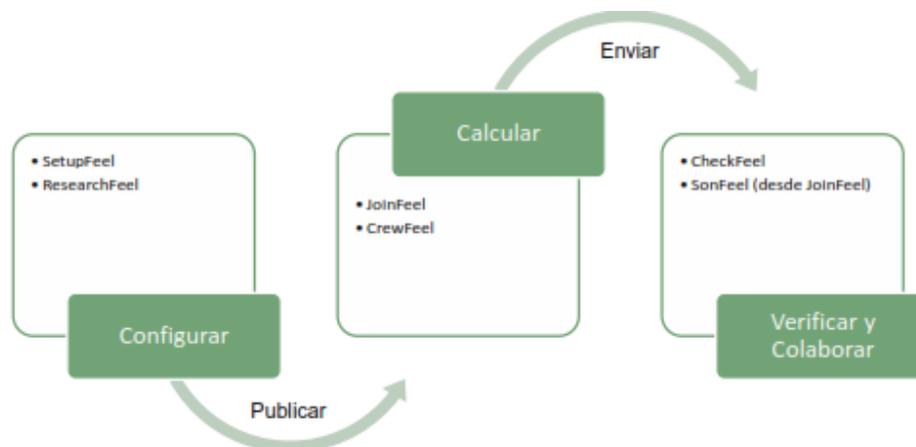


Ilustración 19: Paso a paso de la adaptación de la MC3 en el contexto nacional tras la configuración de la metodología y la validación de su aplicación. Fuente: CarbonFeel; 2015.

Tal y como refleja la ilustración 19, uno de los aspectos básicos para la aplicación de la metodología -MC3-, es la configuración de la misma; dicha configuración se basa en la determinación de los patrones de cálculo cuya interpolación depende únicamente de la configuración básica y de la estructura analítica; en base a la determinación de los patrones de cálculo, determinación de algoritmos y factores afectados se genera el análisis de los valores de los factores. Ver ilustración 20

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

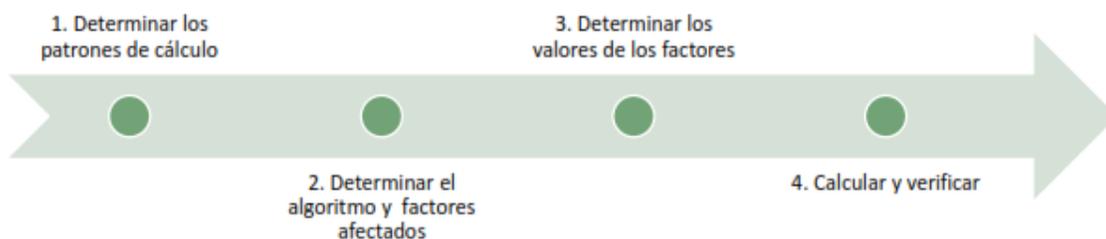


Ilustración 20: pasa a paso para la configuración de la estructura analítica en la aplicación de la MC3 en la agroindustria. Fuente: CarbonFeel; 2015.

Una vez analizados los procesos a evaluar, se establece la estructura analítica con base a la configuración básica de la metodología; esta estructura analítica consiste en determinar las actividades claves dentro del análisis de estudio. En este caso se modificaron algunas características propias de la metodología y se introdujeron apartados propios del proceso tales como, cosecha, pos cosecha, distribución clasificación, procesado, tratamiento y distribución final. Ver ilustración 21.

**A002** **Panel de configuración estructura analítica**

Añadir

Eliminar

CodeFeel	Objeto
U001	<b>MATRIZ A SANTANDER</b>
1	COSECHA
2	POS-COSECHA
3	DISTRIBUCION
U002	<b>MATRIZ B ATLANTICO</b>
1	CLAS , PROC Y TRATAMIENTO
2	DISTRIBUCION FINAL

Ilustración 21: Modificación de la estructura analíticas de la MC3 al contexto de estudio. Fuente: CarbonFeel 2015.

Posterior a la configuración de la estructura analítica, se realizó los ajustes a los patrones y factores de cálculo; para ello se parte de la estructura analítica para así determinar la creación de nuevos escenarios en el diseño de factores de emisión e interpolación de información secundaria con base en fuentes de información y bases de datos confiables.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

No obstante, con anterioridad se definieron las fuentes de emisión de alcance 1 y 2. Para ello se requiere la configuración básica del panel de entradas de la estructura analítica tal y como muestran las ilustraciones 22 y 23 en las cuales se reflejan las entradas en el consumo de materias primas organizadas por codificación y sub-entradas y en donde se citan las unidades de medida tenidas en cuenta en dicho análisis, cabe resaltar que estas se dividieron de acuerdo a cada matriz A y B para facilitar la comprensión de los cálculos. Esto no difiere en el resultado ya que la sumatorias de las huellas individuales o de cada elemento representa la HdC neta.

U001		MATRIZ A SANTANDER
CodeFeel	Capítulo	UM
10000000000	<b>ALCANCE 1: EMISIONES DIRECTAS</b>	
10100000000	<b>Emisiones directas por combustión estacionaria</b>	
10200000000	<b>Emisiones directas por combustión móvil</b>	
10201000000	Gasolina	gl
10203000000	Gas Natural	m3
10300000000	<b>Emisiones directas de proceso</b>	
10304000000	Diesel	gl
10400000000	<b>Emisiones directas fugitivas</b>	
20000000000	<b>ALCANCE 2: EMISIONES INDIRECTAS</b>	
20100000000	Consumo Electrico	kWh
30000000000	<b>ALCANCE 3: OTRAS EMISIONES INDIRECTAS</b>	
30100000000	<b>Materiales no orgánicos</b>	
30101000000	Nitrato de Amonio	kg
30102000000	Antrazina	kg
30103000000	Nitrato de Calcio	kg
30104000000	Diuron	kg
30105000000	Urea	kg
30200000000	<b>Servicios y contratatas</b>	
30300000000	<b>Recursos agrícolas y pesqueros</b>	
30400000000	<b>Recursos forestales</b>	
30500000000	<b>Agua</b>	
30503000000	<b>Consumo de agua potable servida</b>	m3

Ilustración 22: Configuración de las entradas de la Matriz A en la adaptación de la estructura analítica con base al análisis en mención. Fuente: CarbonFeel; 2015.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

U002		MATRIZ B ATLANTICO	
CodeFeel	Capítulo	UM	
10000000000	<b>ALCANCE 1: EMISIONES DIRECTAS</b>		
10100000000	<b>Emisiones directas por combustión estacionaria</b>		
10200000000	<b>Emisiones directas por combustión móvil</b>		
10201000000	Gasolina	gl	
10203000000	Gas Natural	m3	
10300000000	<b>Emisiones directas de proceso</b>		
10304000000	Diesel	gl	
10400000000	<b>Emisiones directas fugitivas</b>		
20000000000	<b>ALCANCE 2: EMISIONES INDIRECTAS</b>		
20100000000	Consumo Electrico	kWh	
30000000000	<b>ALCANCE 3: OTRAS EMISIONES INDIRECTAS</b>		
30100000000	<b>Materiales no orgánicos</b>		
30101000000	Nitrato de Amonio	kg	
30102000000	Antrazina	kg	
30103000000	Nitrato de Calcio	kg	
30104000000	Diuron	kg	
30105000000	Urea	kg	
30200000000	<b>Servicios y contrataciones</b>		
30300000000	<b>Recursos agrícolas y pesqueros</b>		
30400000000	<b>Recursos forestales</b>		
30500000000	<b>Agua</b>		
30503000000	Consumo de agua potable servida	m3	
30504000000	Consumo de aguas pluviales aprovechada	m3	
30700000000	<b>Residuos y vertidos</b>		
30800000000	<b>Usos del suelo</b>		

Ilustración 23: Configuración de las entradas de la Matriz B en la adaptación de la estructura analítica con base al análisis en mención. Fuente: CarbonFeel; 2015.

Seguido del proceso de configuración de entradas se procede a integrar los datos de las unidades de medida con relación a los patrones y factores de cálculo, por ello es indispensable determinar bajo que unidad de medida se trabajara cada entrada ya que los patrones difieren de acuerdo a la fuente de información. Ver ilustración 24.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

A001 Panel de configuración de unidades de consumo		
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px 15px; margin: 5px;">Añadir</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px 15px; margin: 5px;">Eliminar</div> </div>		
CodeFeel	Unidad	Abreviación
3	Toneladas de CO2	tCO2
4	Kilovatios-hora	kWh
5	Viajeros-kilómetro	vKm
6	Kilogramo	kg
7	Litros	l
8	Población servida	POB
9	Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO
10	Peso Colombiano	COP
11	Toneladas kilómetro	tKm
12	Metros cúbicos condiciones normales	Nm3
13	Unidad Funcional genérica	UF
14	Galones	gl
15	Unidades	UND
16	Hectáreas	ha

Ilustración 24: Panel de configuración de unidades de consumo de la MC3 en el caso de la A. Comosus. Fuente: CarbonFeel; 2015.

Por consiguiente, una vez configurada la estructura analítica, identificadas las entradas y las unidades de medición de cada una, se parte a la estructuración de los factores de emisión teniendo en cuenta cada fuente de generación o emisión de GEI.

En ese sentido el apoyo en fuentes bibliográficas y bases de datos es fundamental para garantizar la trazabilidad de la información. Sin embargo la metodología requiere la validación de cada factor de emisión para la interpolación de datos. Esto lo hace a través de la alimentación de la fuente en la cual se obtuvo el factor, el año de publicación y el link con el objeto de pasar por un filtro de verificación, garantizando así la autenticidad de la información.

Para el presente estudio se tuvieron en cuenta los siguientes factores de emisión citados en la ilustración 27

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

MF044		Factor de emisión gases por Unidad Funcional de la categoría de c
UM	tCO2e/UF	
		1
		Dióxido de carbono (CO2)
Código	Capítulo	Valor
10000000000	<b>ALCANCE 1: EMISIONES DIRECTAS</b>	
10100000000	<b>Emisiones directas por combustión estacionaria</b>	
10200000000	<b>Emisiones directas por combustión móvil</b>	
10300000000	<b>Emisiones directas de proceso</b>	
10400000000	<b>Emisiones directas fugitivas</b>	
20000000000	<b>ALCANCE 2: EMISIONES INDIRECTAS</b>	
20100000000	Consumo Eléctrico	0,0002717
30000000000	<b>ALCANCE 3: OTRAS EMISIONES INDIRECTAS</b>	
30100000000	<b>Materiales no orgánicos</b>	
30101000000	Nitrato de Amonio	0,0085530
30102000000	Antrazina	0,0087790
30103000000	Nitrato de Calcio	0,0038510
30104000000	Diuron	0,0100600
30105000000	Urea	0,0033100
30200000000	<b>Servicios y contrata</b>	
30300000000	<b>Recursos agrícolas y pesqueros</b>	
30400000000	<b>Recursos forestales</b>	
30500000000	<b>Agua</b>	
30503000000	<b>Consumo de agua potable servida</b>	
30503010000	Consumo eléctrico	0,0002717
30504000000	<b>Consumo de aguas pluviales aprovechada</b>	
30504010000	Consumo eléctrico	0,0002717
30700000000	<b>Residuos y vertidos</b>	
30800000000	<b>Usos del suelo</b>	

Ilustración 25: Factores de emisión empleados en el cálculo de la huella de carbono de la A. Comosus en el contexto de la producción y comercialización en los departamento de Santander y Atlántico respectivamente: Fuente: CarbonFeel, 2015.

Finalmente, ya consolidada la estructura analítica y los factores de emisión a utilizar, se parte a definir el diseño de los patrones de cálculo (Ilustración 25), dichos patrones se basan en su mayoría en la interpolación de fuentes de información tales como la densidad de los combustibles, el consumo, la cinética de la reacción, los potenciales de calentamiento global. A continuación se ilustran los potenciales de calentamiento global tenidos en cuenta en el cálculo de la huella de carbono de A. Comosus. Ver ilustración 26. (ANEXO 3 y 4).

## 8.6 Calculo de la huella de carbono.

Una vez configurada la metodología, se procedió a calcular la huella de carbono de la cosecha, pos cosecha, distribución y comercialización de *A. Comosus* en el contexto Colombiano.

Como resultado de la evaluación de la incidencia de la cadena de valor de la unidad funcional en la contribución al calentamiento global se obtuvo que por 1 tonelada de piña sembrada, cosechada, transportada y comercializada se genera cerca de 43.1 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, es decir que por cada kg de piña alrededor de 4.3 kg de dióxido de carbono son emitidos a la atmosfera; de los cuales 40.25 toneladas (93%) corresponde a emisiones de tipo indirecta y el 7% restante a otras emisiones. Ver Gráfico 2 y 3.

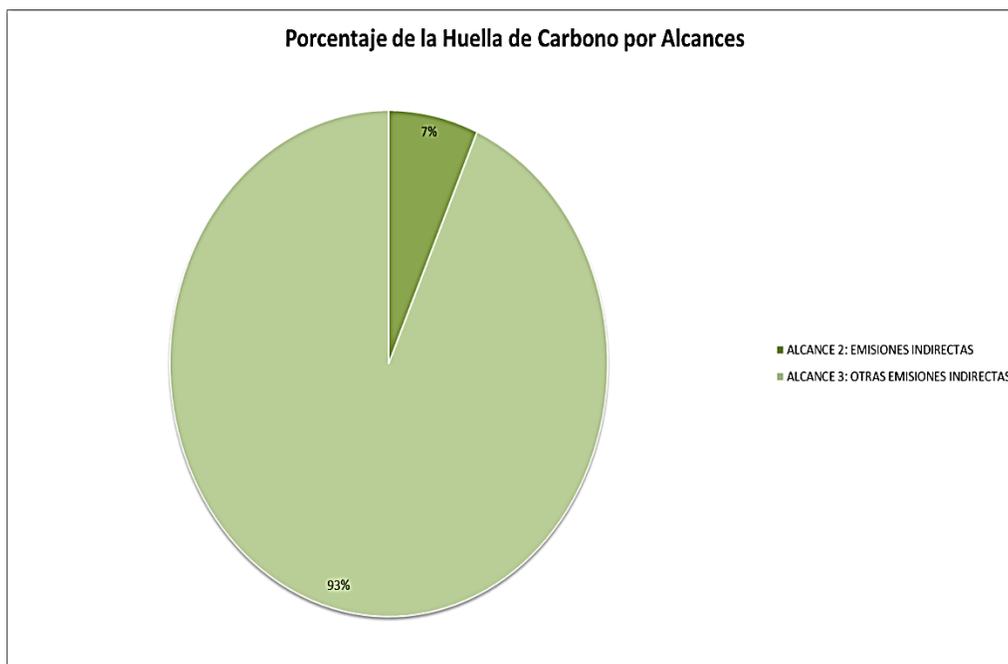


Gráfico 2: Porcentaje de participación de la emisión de indirectas y otras emisiones en la producción y comercialización de la *A. Comosus*.

Tal como se cita en el gráfico 3 y 4; El 93% de las emisiones generadas son de tipo indirecta, ósea que estas son accionadas por el consumo de materias primas, bien sea combustible, electricidad, materia prima virgen o transformada e incluso elementos o compuestos químicos. En ese sentido, el 93% de emisiones son generadas por el consumo de no orgánicos en la aplicación de herbicidas, pesticidas y fertilizantes. El otro 7% restante está atribuido al generado por el consumo eléctrico y de combustible en las instalaciones de la Matriz B.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

Cabe resaltar que el consumo de agua no tiene un aspecto relevante para el análisis del caso de estudio, ya que solo el 0.09 toneladas de CO<sub>2</sub>eq son emitidas a la atmosfera por esta actividad. Ahora cabe resaltar que aquí solo se tuvieron en cuenta el gasto energético que se realizaba para trasportar y distribuir el recurso hídrico, en ese caso no es posible afirmar que sea un aspecto poco significativo para futuras investigaciones. Ver gráfico 3.

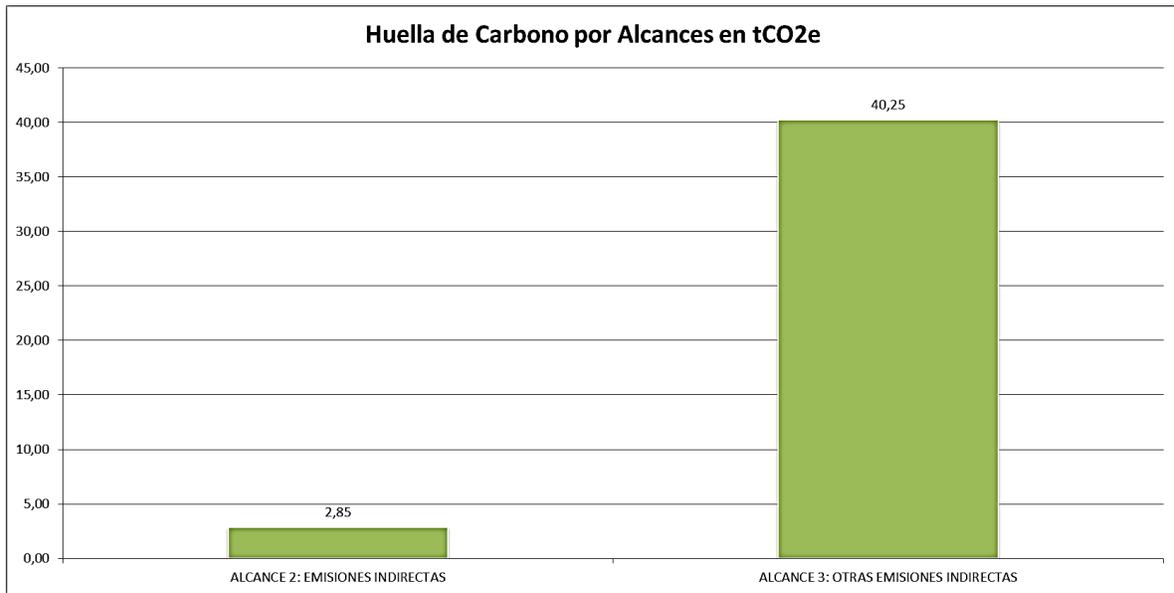


Grafico 3: huella de carbono neta generada por tipo de emisión en la producción y comercialización de la A. Comosus en el departamento de Santander y Atlántico respectivamente.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

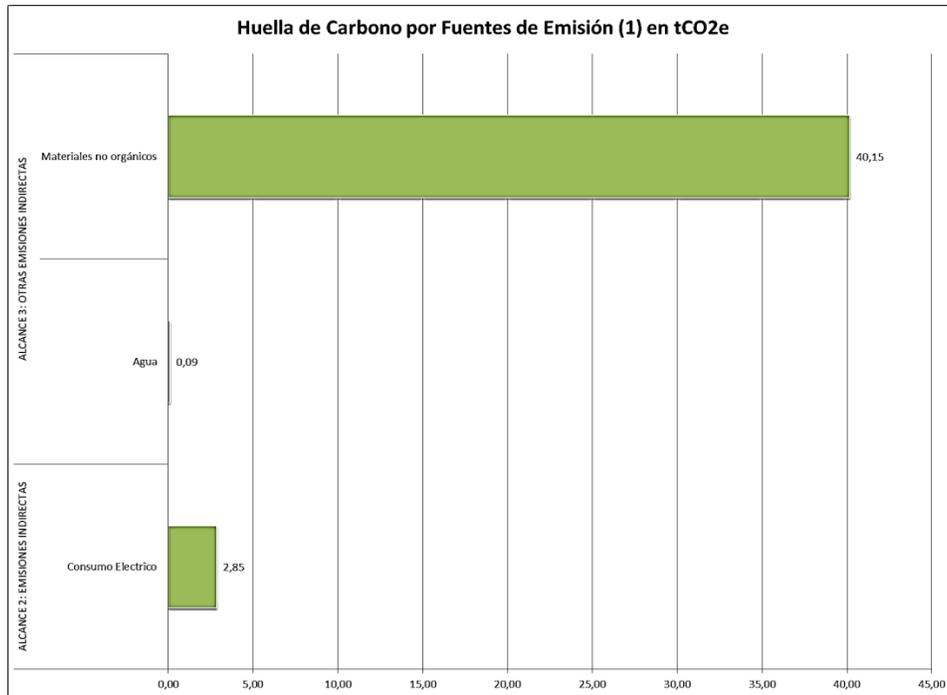


Gráfico 4: Huella de Carbono de la A. Comosus por fuentes de emisión.

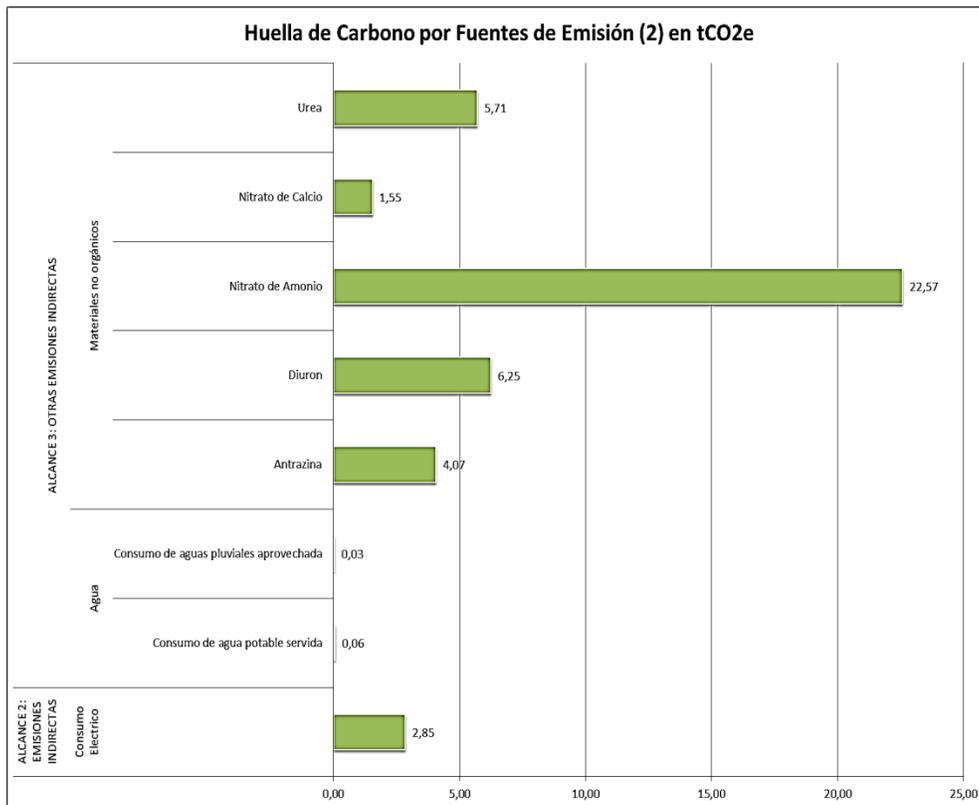


Gráfico 5: Huella de carbono por fuente de emisión en materiales no orgánicos, consumo eléctrico y consumo de recurso hídrico.

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

La dosificación de fertilizantes y demás compuestos agroquímicos juegan un papel fundamental en el cultivo de la piña ya que proporciona los macronutrientes necesarios para su desarrollo y crecimiento, no obstante la aplicación de algunos elementos específicos como el Nitrato de Amonio, El Diuron y La Urea, se convierten en elementos de posible sustitución, ya que cerca de 22.57, 6.25 y 5.71 toneladas de CO<sub>2</sub> son emitidas anualmente a la atmosfera por el uso de estos componentes. Esto se debe a que el alcance de los factores de emisión utilizadas para la interpolación de datos comprende un rango de amplitud que incluye el 90% de los consumos y actividades generadas para la producción, comercialización de este tipo de elementos. En ese sentido se incorporan dentro de la cadena de valor, ya que estos representan la HdC neta del elemento, la cual se transfiere de manera directa a la cosecha de *A. Comosus* debido a que estos elementos son materia prima indispensable para la misma.

Puesto que el enfoque del análisis del presente caso de estudio se basó en el detalle de los procesos subdivididos por matriz de estudio; A (Santander) y B (Atlántico); a continuación, en el grafico 6 se establecen las contribuciones generados en cada matriz de estudio de acuerdo a las actividades desarrolladas en cada proceso clave de la cadena de valor de *A Comosus*.

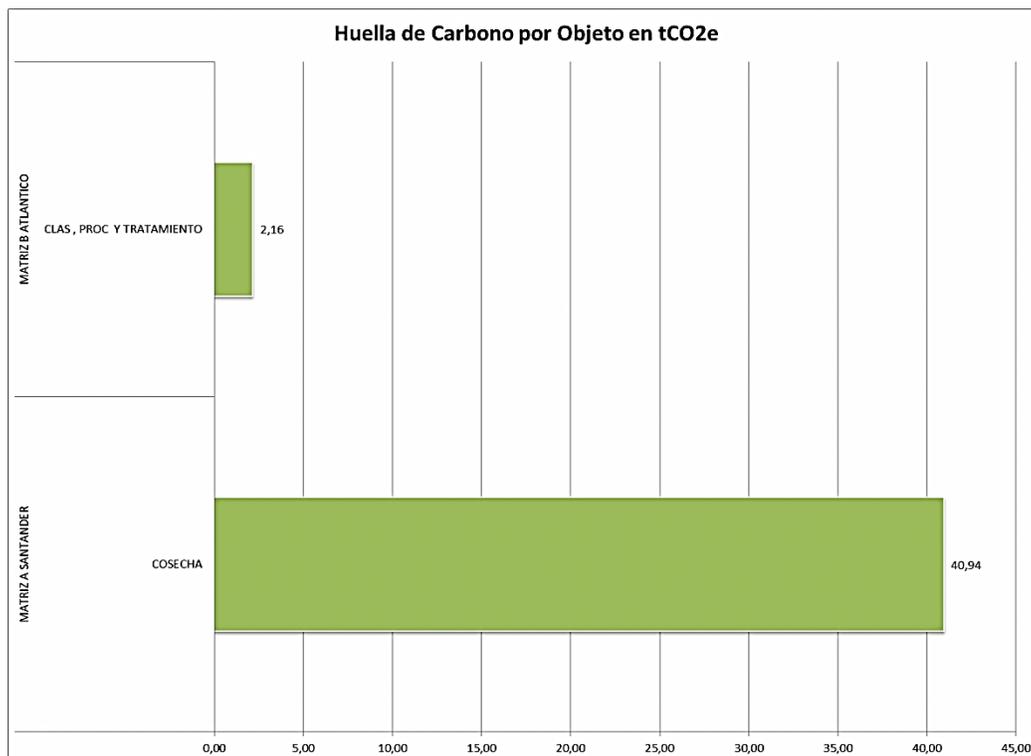


Gráfico 6: huella de carbono por objeto; esta ilustra la incidencia de cada matriz de estudio con relación a la totalidad de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en toda la cadena de valor de la línea A. Comosus. CLAS; Clasificación, PROC; Procesamiento.

### **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

En el gráfico anterior es posible deducir que cerca del 2.26 toneladas de CO<sub>2</sub> son emitidas de manera indirecta a la atmósfera por el desarrollo del proceso de comercialización de la *A. Comosus*, representando en ese sentido más del 5 % del total de emisiones de Dióxido de carbono de alcance 2 emitidas anualmente. Es decir que cerca de 2.3 kg de CO<sub>2</sub> por Km recorridos son emitidos en la Matriz B, en ese sentido, podemos deducir que el consumo de combustible se convierte en un aspecto fundamental para la consolidación de mejores prácticas de distribución y transporte.

Del mismo modo, el proceso de cosecha desarrollados en la Matriz A, es uno de los aspectos más significativos del caso que estudio, ya que concentra el 93% del total de la HdC bruta generada en la cadena de valor de la piña. Esto representa 40.94 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por cada tonelada de *A. Comosus* que es producida en el departamento del Santander anualmente.

En este sentido, vemos que el impacto ambiental en la producción de *A. Comosus* equivale a cuatro veces las unidades en la efectividad de la producción de la *A. Comosus*; ósea que 4.3 gr de CO<sub>2</sub> por 1 gr de Piña producida, comercializada y distribuida en el territorio nacional.

## **9. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

El propósito del presente trabajo de investigación fue la estimación la huella de carbono de la piña, mediante la adaptación del método compuesto por cuentas contables, a través de la aplicación previa del análisis de ciclo de vida de la *Ananás Comosus*. Con el objeto de identificar puntos de mejora que den lugar a recomendaciones en los procesos, el producto, la metodología e incluso la gestión comercial.

Como resultado final se obtuvo que la cosecha y pos cosecha de la *Ananás comosus*, es una de las fases de producción más significativas en cuanto a emisión de CO<sub>2</sub> del proceso, ya que se llegó a establecer que cerca de 80% del total del potencial de *Eutrofización(EI)* y *Eco toxicidad Acuática (ATI), Terrestre y Humana(HTI)* están incorporados a la aplicación de elementos químicos (Fertilizantes) en las labores de campo, tal como lo describe Malavolta (1994) en su trabajo de investigación sobre los fertilizantes y su impacto ambiental en donde se ratifica la incidencia y el potencial de afectación de los fertilizantes en diferentes categorías(Eutrofización, Agotamiento de recurso naturales, smog fotoquímico, Agotamiento de capa de ozono y calentamiento global), dentro de las cuales algunas se enmarcan en los resultados de la presente investigación en la gráfica 1. En donde se refleja la incidencia de la aplicación de compuesto agroquímicos en los proceso de campo, en específico en el mantenimiento del cultivo de la *A. Comosus*.

De mismo modo, estos elementos (Compuestos agroquímicos) contribuyen en menor medida al incremento de la huella de carbono por la emisión de CO<sub>2</sub> de alcance 2 derivado de los procesos de dosificación de compuestos agroquímicos, y, a pesar que existe un factor de adsorción en los cultivos de la *A. Comosus* debido al metabolismo CAM tal como lo muestra la ilustración 2. Aun no se conoce con certeza la efectividad del cultivo en la fijación de CO<sub>2</sub>. No obstante según Carvajal, M. (2009), cerca de 10- 40 g CO<sub>2</sub> son fijados por kg H<sub>2</sub>O transpirada.

### **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Lo que representa un dato curioso para la presente investigación, ya que según los criterios establecidos por el Ecoinvent (2010) y los arrojados tras el proceso de interpretación de los impactos a través del software Simapro 8, cerca del 20% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los fertilizantes en la categoría de *Calentamiento Global* son Fijados por los cultivos comerciales e invernadero debido a la estimulación del crecimiento que generan los fertilizantes en los cultivos comerciales. (Malavolta, et al ,1992).

Así mismo, como conclusión final se llegó a determinar que 43.1 toneladas de CO<sub>2</sub> son emitidas anualmente a la atmosfera en Colombia por Tn de Piña Procesada, transportada y comercializada. Lo que equivale a que por cada 1 kg de Piña que es consumida por los mercados nacionales e internacionales, cerca de 4,3 kg de CO<sub>2</sub> son emitidos y transferidos a otras cadena de valor, lo que concuerda con lo descrito por Según la teoría de Wiedmann y Minx, (2008) al referirse al comportamiento acumulativo de la huella de carbono individual. En ese sentido la producción o transformación a otros productos, como por ejemplo la producción de mermeladas de piña tendrá de manera intrínseca 4.3 kg de CO<sub>2</sub> por kg de A .Comosus, más la generada por el proceso de transformación.

En la producción de A *Comosus* el 93% del total de las emisiones, o sea 40.25 toneladas de CO<sub>2</sub> son emisiones inducidas por elementos químicos y cerca de 2.87 toneladas están asociadas en una pequeña proporción al consumo de energía y combustible, en esa misma línea de ideas se puede connotar la similitud de los resultados arrojados en la evaluación de otros ejes de estudio como los desarrollados en Colombia bajo la UF de los frijoles y el Maíz o en el contexto Jamaiquino cuyo objeto de estudio fue el tomate y la lechuga. En donde según los resultados de T. Boone et al, (2012) cerca del 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en las producciones del tomate y frijoles, están asociadas a las emisiones inducidas por los fertilizantes y en menor proporción al uso de la energía en campo. CEPAL; 2006-2010. Sin embargo a pesar que son contexto netamente local y que difieren entre sí, más del 40% del total de las emisiones generadas aún siguen siendo asociadas al uso de los fertilizantes y al consumo de la energía en campo., tal como se demuestra en este estudio, donde fertilizantes tuvo porcentaje de más de 50% de partición (22.57 ton/año).

## **Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

En ese sentido la producción de *A. Comosus* resulta representativa, ya que los resultados obtenidos presentan una trazabilidad con los expuesto por el inventario de GEI realizado por IDEAM en el marco del plan nacional de adaptación al cambio climático (IDEAM, 2009) en donde se cita que el sector agrícola, representa cerca del 18.1% de GEI, si se tiene en cuenta que aproximadamente 9.5 millones de ton/año de piña son comercializadas en el territorio nacional, y que 43.1 toneladas de CO<sub>2</sub> son emitidas anualmente por cada tonelada procesada y comercializada, demostrando un aporte significativo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>.

No obstante, Woerishofer (2010) a través de su proceso de investigación, radico un informe técnico en donde se analiza la incidencia de diferentes productos de consumo masivo, en su mayoría, frutas, verduras y hortalizas, encontrando, que la producción de bienes comerciales como el tomate, la lechuga, el brócoli y el maíz, presentan un FE que varían de acuerdo al contexto de estudio y esto seguramente está influenciado por el régimen climático, las técnicas de siembra e incluso el proceso de comercialización de la unidad funcional.(1 Tn de *A. Comosus*)

En ese sentido, estudios realizados por Fuentes, et al (2006) demuestran que la producción de tomates en Jamaica presenta un factor de emisión de 1,47 kg eq de CO<sub>2</sub> por Kg de Tomate procesado, a diferencia del obtenido en los países bajos cuyo factor de emisión es 2 veces mayor al primero, con 2,83 kg de CO<sub>2</sub>eq por Kg de Tomate Procesado. Lo que podría asociarse, con las variaciones en los datos obtenidos con relación a los procesos productivos desarrollados en siembra, cosecha y comercialización de la ***A. Comosus***, no obstante es posible enfatizar que los resultados del presente estudio pueden variar al ampliar el alcance de la investigación, al contemplar el diseño de factores de emisión en contexto específicos de producción, régimen climático y variedad de especie. Tal como lo evidencia la investigación de Fuentes, et al (2006) al concluir que la producción de tomate presento un rango de variación del 80% con relación a lo criterios contemplados en su investigación.

De igual forma, los resultados obtenidos tras la investigación de la producción de Brócoli en España, Europa, Reino unido y américa latina demuestran que existe un régimen descendente en la variación de los resultados por la producción y el régimen climático, al experimentar un rango de desviación amplio en donde España I y España II, presenta una variación de cerca del 80% por relación a España I, En ese sentido, se puede observar como el régimen climático incide en la asimilación del CO<sub>2</sub> por parte de los cultivos

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

comerciales, lo cual podría atribuirse a la variación presentada en *A. Comosus*, si se tiene en cuenta que esta posee un metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM). Ver ilustración 2.

En Colombia, el objeto de estudio fue la producción de Maíz y Frijoles. Del mismo modo, se evaluaron bajo contexto de régimen climático, condiciones hidrológicas y ubicación geográfica diferente pero aun así con procedimientos de siembra y aprovechamiento similares, los estudios arrojaron que cerca de 0,3 a 0,5 kg de CO<sub>2</sub> son emitidos anualmente por cada kg de Maíz sembrado en Colombia y que al alrededor de 0,4 a 0,6 kg de CO<sub>2</sub>eq son generados en los procesos de siembra de los frijoles a nivel nacional, teniendo como base de comparación 1 kg de los mismos. Lo que una vez más ratifica lo expuesto por el informe de IDEAM (2009) y alerta al sector hortofrutícola a adaptar sus procesos hacia la sostenibilidad y agricultura climáticamente inteligente (FAO 2015)

En otra instancia, La Universidad DanmarksTekniske y la Comunidad Lyngby-Taarbaek en la UK, diseñaron tras procesos de investigación una clasificación con relación a los rangos de emisión de CO<sub>2</sub> generados en la agricultura, la manufactura de alimentos, la distribución y la disposición final del mismo, como resultado de ello se obtuvo una pirámide de CO<sub>2</sub>, en donde se enmarca un rango de emisión desde 0 a 20 kg de CO<sub>2</sub> por Kg de producto. En ese sentido se compara los resultados obtenidos con lo establecido según la teoría de los autores.

De allí se observa como la producción de tomates (**1, 47 a 2,83 kg** de CO<sub>2</sub>eq) quien según la teoría de CRI (2010) maneja un rango de **0 a 2 kg** y de **2 a 8 kg** de CO<sub>2</sub>eq por Kg de UF. En la producción de lechuga (0.12 a 2,62 kg) con un rango de 0 a 2 kg de CO<sub>2</sub> eq por kg UF al igual que la producción de frijoles en el contexto colombiano que presenta en mismo rango de variación y finalmente incluye a la producción de *A. Comosus* o comúnmente conocida como la piña en un rango de **2- 8 kg** de CO<sub>2</sub> por kg de productos procesados.

El resultado obtenido determina que **4.3 kg** de CO<sub>2</sub> son emitidos en Colombia por la agricultura, la manufactura y la distribución de 1 kg de piña. En ese sentido vemos como los resultados arrojados en las investigaciones de Edwards-jones (2008), Fuentes, et al (2006) y Hospino et al, (2009), así como el en presente estudio, presentan una trazabilidad con la teoría desarrollada por La Universidad DanmarksTekniske y la Comunidad Lyngby-Taarbaek en la UK al arrojar márgenes de variación similares a los expuestos en la Pirámide de CO<sub>2</sub> diseñada por los mismos autores.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **10.1 CONCLUSIONES.**

- La calidad de los datos es uno de los pilares principales en el cálculo de la huella de carbono de un bien o servicio, ya que con ello garantiza la utilidad posterior de la línea base y el análisis acertado de los resultados.
- Uno de los principales obstáculos para avanzar en la implantación de la HdC como parámetro de medición del nivel de contaminación de un proceso productivo, de un producto o de un servicio, es la incertidumbre respecto a su cálculo y la discusión sobre los factores que deben considerarse en su determinación.
- La metodología MC3 fue adaptada al contexto colombiano, y a las características propias del área de estudio, lo cual permitió el cálculo de la huella de carbono de *A. Comosus* en un contexto más específico, arrojando un dato que involucra las actividades desarrolladas en toda la cadena de valor de la producción, transporte y comercialización de la piña en el territorio nacional.
- La huella de carbono neta, en la matriz A (Santander) en el proceso de siembra, cosecha, pos cosecha y posterior distribución hacia matriz B, fue de 40,25 ton de CO<sub>2</sub>eq/ kg de piña al año. Lo que representa cerca de 4 kg de CO<sub>2</sub> son emitidos por Kg de piña que es sembrada en el departamento del Santander.
- La huella de carbono neta, en la matriz B (Atlántico) fue de 2,85 Ton de CO<sub>2</sub>eq por Tn de piña comercializada en la región Caribe. Lo que quiere decir que por cada kg de piña se emite cerca de 2,8 kg de CO<sub>2</sub> eq/año.
- El 93% del total de las emisiones de dióxido de carbono generadas en la Matriz A, están asociadas al consumo y dosificación de compuestos químicos, en lo correspondiente a fertilizantes, pesticidas, herbicidas y control fitosanitario.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

- El uso de nitrato de amonio, en las labores de campo en la siembra de la *A. Comosus* representa cerca del 50% del total de la huella de carbono neta de la matriz A.
- La aplicación fertilizante en las labores de campo desarrolladas en los cultivos comerciales y de propagación de la *A. Comosus* represente cerca del 80% del total de potencial de Toxicidad humana, Toxicidad Ecosistemita Acuática, Toxicidad Ecosistemita Terrestre.
- La aplicación pesticida en las labores de campo desarrolladas en los cultivos comerciales y de propagación de la *A. Comosus* representa el 80% del total de potencial de Agotamiento de los Recursos Naturales y Cambio Climático y cerca de un 50% del potencial de afectación en las categorías de Eutrofización y Acidificación.
- Solo el 7% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub>, estas asociadas al proceso de comercialización de la *A. Comosus*, lo que equivale a 2,85 Ton de CO<sub>2</sub> por Tn de piña comercializada en la región caribe.
- Los cultivos comerciales e invernaderos de propagación de *A. Comosus* en la Matriz A, pueden llegar a ser ejes de futuras investigación en adsorción de CO<sub>2</sub>, si se tiene en cuenta que cerca del 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> inducidas por los fertilizantes son absorbidas y convertidas en carbohidratos.
- El cálculo de la huella carbono, permitirá evaluar la situación ambiental de las empresas asociadas a dicho proceso de investigación, así como la identificación de los puntos críticos en los cuales se pueden plantear medidas de mejora para reducir los consumos y generación de desechos.

## **10.2 RECOMENDACIONES.**

Tras conocer los resultados de la presente investigación, al dimensionar la problemática ambiental generada por la siembra, cohecha (Matriz A) y comercialización (Matriz B), de la *A. Comosus*, es preciso enfatizar en una serie de recomendaciones dirigidas a mejorar los resultados de futuras investigaciones así como la gestión productiva, técnica, comercial e incluso estatal de la piña y otros cultivos similares por medio de los cuales dichas conclusiones puedan ser referentes de investigación.

Las recomendaciones están dirigidas a cada matriz de estudio, A y B respectivamente, con el objeto de mejorar los procesos productivos a racionalizar el consumo de materias primas y al mitigar o reducir los impactos generados en cada contexto de estudio.

Con relación a la **matriz A**, es oportuno mencionar la pertinencia de otras investigaciones al respecto con el objeto de evaluar las relaciones de proporcionalidad y rendimiento productivo, con el fin de tener un dato estandarizado que involucre las consideraciones ambientales, tales como la contribución de este mismo para con las emisiones de GEI, sin dejar a un lado los costos asociados a la reconversión o sustitución de alguno elementos. No obstante de manera general se recomienda ser excautivos en la dosificación de dichos elementos químicos.

En lo referente al consumo de agua por la presión que genera el mantenimiento de los cultivos de manera puntual es innegable estandarizar y racionalizar el consumo del recurso mediante alternativas de riego que permitan mantener un control sobre los consumos mensuales.

A pesar que en los resultados obtenidos el consumo del recurso hídrico no presenta gran relevancia por el alcance que se contempló, se recomienda diseñar patrones de cálculo específicos para así poder tener consideraciones más acertadas con relación a las emisiones derivadas de dicha actividad.

De mismo modo es indispensable si se quiere llevar un seguimiento y control en los procesos y por ende en la evolución del indicador (HdC) mantener actualizada los inventarios en materias primas, la producción anual y el consumo de combustible. Ya que la flota vehicular puede ser motivo de reconversión tecnológica en lo pertinente al uso de combustible por otras fuentes de combustión que sean menos impactantes. Sin embargo es importante aprovechar la capacidad instalada de los vehículos con el objetivo de optimizar el proceso y reducir las emisiones de GEI generadas en el proceso de transporte por carretera.

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

Así mismo la implementación de planes de eco eficiencia y agroecología, en la Matriz A genera retribuciones económicas ya que permite ahorros considerables en la dosificación de materiales de siembra, recurso hídrico, Energía, Consumo de fertilizantes, herbicidas y pesticidas e incluso en el consumo de combustible si se realiza una redistribución y un aprovechamiento total de la capacidad de carga de los vehículos. De igual forma mejora la imagen corporativa ante otros que siembran, cosechan y comercializan productos similares tras apropiarse la gestión ambiental como un eje transversal de la estrategia corporativa y diferenciadora del producto. No obstante al incorporar la generación de desechos se reduce la emisión de Dióxido de carbono generadas por el proceso de consumo de fertilizantes al evitar su uso y contemplar el compost como una alternativa de reincorporación de nutrientes.

De igual forma se recomienda ampliar el alcance de la investigación con relación al cálculo de la HdC al contemplar otros elementos claves que por motivos de costos y acceso de información en la presente no se tuvieron en cuenta. Dentro de los que se destacan, los elementos utilizados en el control fitosanitario, patrones de conducción, uso y consumo de recurso hídrico, uso del suelo, sumideros de carbono y residuos.

En lo pertinente a la **Matriz B**, se recomienda el diseño del mapeo de rutas tras la redistribución de la flota vehicular de acuerdo a la demanda de los clientes con el fin de disminuir los tiempos muertos y el uso inadecuado del espacio en la capacidad de carga de cada vehículo, en lo referente al consumo de energía es indispensable el diseño y puesta en marcha de planes de uso racional de la energía en donde se contemple la sustitución o eliminación de varios elementos y tecnologías en la etapa diagnóstica.

Como recomendación general en la **Matriz B**, se resalta la importancia de calcular la huella de carbono de otros productos similares comercializados en la matriz B con objeto de obtener un dato global de la situación ambiental. Una vez calculada la huella de carbono corporativa de toda la empresa, se debería buscar formas de compensar las emisiones generadas y llegar a convertirse en una empresa carbono neutro, es decir cero emisiones.

## Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

No obstante con el objeto de mejorar la **calidad de los datos** se recomiendan lo siguiente;

- Los departamentos de calidad deben llevar un control exhaustivo sobre los consumos de agua y energía para así llevar un registro detallado de los consumos anuales en la validación y puesta en marcha de la MC3 como una herramienta de gestión y evaluación del desempeño ambiental de las organizaciones.
- Los departamentos de logística y servicios generales, deberán establecer un método apropiado para el control de la cantidad de materia en inventario y la cantidad de combustible consumida por cada línea de servicio prestada en el departamento del Atlántico y Santander.
- Las dependencias encargadas deberán llevar un control riguroso sobre la aplicación y dosificación anual de material químico, en lo correspondiente a fertilizantes, herbicidas y pesticidas.

Así mismo tal como se contempló en la presente investigación es recomienda **mejorar el cálculo**. Atraves de actualización anual de la adaptación de la MC3 en lo que concierne a factores de emisión y absorción de CO<sub>2</sub>, Los cuales deben ser actualizados anualmente con datos publicados por el IPCC, o remplazarlos por valores colombiano científicamente validados por investigaciones en lo que contempla al apartado anterior. De igual manera, los factores de conversión para el análisis del ciclo de vida también deberán ser actualizados, mediante índice de conversión.

El alcance de la presente investigación deberá ser más amplio por lo que se recomienda dar lugar a otros ejes de estudios dirigidos a diseñar patrones de caculo y emisión en los que concierne al cálculo de la HdC en contextos específicos de funcionalidad, viabilidad técnica y financiera. Y de igual forma se deben realizar otros estudios o tesis destinadas a calcular factores de emisión de bienes o servicios en el contexto colombiano, con la finalidad de que los datos estén integrados a la realidad del país.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

Sin lugar a dudas se recomienda que el presente estudio deba ser socializado a los directivos de las empresas involucradas para que conozcan la importancia de reducir la huella de carbono mediante la implementación de planes de eco eficiencia o mecanismos de desarrollo limpio.

Así mismo es indispensable socializar los resultados con organismo gubernamentales tales como la Asociaciones gremiales, ministerios y partes interesadas en el marco de la política de desarrollo bajo en carbono, esto con el objeto de que las conclusiones aquí contempladas den orientación al diseño de políticas, planes y programas teniendo a adoptar los procesos productivos con relación a la receptibilidad de los cultivos de la *A. Comosus* o similares para con los efectos del cambio climático.

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

1. Amírez, C. H. (2015). Modelos de Vulnerabilidad Agrícola ante los efectos del cambio climático. *CIMEXUS*, 9(2), 31-48.
2. ASOHOFRUCOL. (2014). *Panorama de la Producción de Piña en Colombia*. Bogotá: Asociación de Hortofrutícola de Colombia.
3. BID. (17 de Julio de 2015). *Banco Interamericano de Desarrollo*. Obtenido de Agricultura y Seguridad Alimentaria: <http://www.iadb.org/es/temas/agricultura/estadisticas-de-la-agricultura-en-america-latina,2342.html>
4. Bidzdoz. (12 de 10 de 2015). *Bidzdoz*. Obtenido de Bidzdoz: <http://www.bizbodz.com/Business-Improvement/Lean/Value-Stream-Mapping-How-to-Guide-Part-1.asp>
5. CarbonFeel . (2015). Memoria de Capacitación herramienta MC3. *Oficina de Carbonfeel España.*, 25.
6. DANE. (2015). *Informe técnico de gestión de exportaciones*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
7. Espíndola, C. &. (2012). *Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. Información tecnológica.* España.
8. FAO. (2015). *Índices de participación mundial en los mercados internacionales, Alimentos*. USA: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
9. Fruver AG. (2010). *Manual de procedimientos de Siembra*. Bucaramanga.: Corporativo.
10. Ganeshan, B. y. (2012). *By the numbers: "A visual Chronicle of carbon dioxide Emissions" en T. Boone et al (des), Sustainable Supply chains*.
11. García-Negro, M. C. (2015). *El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la responsabilidad social corporativa*. Obtenido de Universidad santiago de Compostela: <https://www.usc.es/congresos/xiirem/pdf/89.pdf>
12. Hunt, D. &. (1996). *Sistema de gestión medioambiental*. Madrid : McGraw-Hill de Management. .
13. IDEAM. (2009). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
14. Lam, J. Á. (s.f.). El cambio climático y el desarrollo. *Ingeniería Industrial*, (28), 25-39.
15. Manuel L & González, G. (2015). Efecto invernadero y cambio climático: antecedentes, situación actual y perspectivas.
16. Mayol, V. (1980). Perfil Agroindustrial de la Piña.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

17. ONU – CMNUCC. (2008). “*Estadísticas de proyectos MDL registrados por región*”. Consulta.
18. ONU, DPN & BID. (2014). *Impactos Economicos del Cambio Climatico en Colombia*. Bogota: Departamento de Planeacion Nacional.
19. Orozco, A. J. (2012). EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA FISIOLÓGÍA DE LAS PLANTAS CULTIVADAS. *Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Cordoba*, 1-14.
20. PTP. (2015). *Sector Hortifruticola*. Bogota: Programa de Transformacion Productiva.
21. Rizo, S. C. (2013). Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles.
22. Sönke Kreft, D. E. (16 de 02 de 2015). *Germanwatch ONG*. Obtenido de <https://germanwatch.org>
23. Universidad politecnica de Valencia. (s.f.). *Universidad politecnica de Valencia*. Recuperado el 11 de 10 de 2015, de [http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_11.htm](http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_11.htm)
24. ASOHOFrucol. (2014). Panorama de la Producción de Piña en Colombia. Bogotá: Asociación de Hortofrutícola de Colombia.
25. FAO. (2015). Índices de participación mundial en los mercados internacional, Alimentos. USA: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
26. IDEAM. (2009). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
27. PTP. (2015). Sector Hortofrutícola. Bogotá: Programa de Transformación Productiva.
28. Lima, P. T., Castillo, J. G. C., & Barradas, R. A. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. agendas de adaptación y sistemas institucionales. (Spanish). *Political Y Culture*, (36), 205-232.
29. Broome. & Lop D. (1992). *Counting the costo of global warnign* (N° GTZ 957). combridge. White horse press.
30. Agricultura Colombiana; adaptación al Cambio Climático, Charlotte Lau, Andy Jarvis y Julián Ramírez; Disponible en internet; [http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/12/politica\\_sintesis1\\_colombia\\_cambio\\_climatico.pdf](http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/12/politica_sintesis1_colombia_cambio_climatico.pdf)
31. Boletín COP20, Agricultura y Cambio Climático de la ONU, Disponible en internet;
32. Informe de la Alianza panamericana por la nutrición y desarrollo – APNUDE, La seguridad Alimentaria y el Cambio Climático; Dos caras de la misma moneda: Disponible en internet; <http://www.paho.org/nutricionydesarrollo/?p=4816>
33. Protocol, G. H. G. (2005). Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration and Air-conditioning Equipment, Guide to calculation worksheets.
34. Bristish Standards Institute (BSI). PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services, (2008) Disponible

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

- en <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050>. Acceso en 20.12. (2010).
35. Bolin, B., B.R. Döös, J. Jäger y R.A. Warrick. The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, International Council of Scientific Unions, Paris (France). Scientific Committee on Problems of the Environment, p. 541, (1986).
  36. Carballo, A., J.L. Doménech y M.C. García. "El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: una herramienta de marketing verde". UAI Sustentabilidad, 3(7), 1-2 (2009).
  37. CT, Carbon Trust. Carbon footprint measuring methodology. The Carbon Trust. Londres, UK, (2007).
  38. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña (2009).
  39. Daly, H.E. On Economics as a Life Science. Journal of Political Economy, 76, 392-406 (1968).
  40. De La Torre, A., P. Fajnzylber y J. Nash. Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Central, Washington D.C., USA, (2009).
  41. Doménech, J. L., A. Carballo, L. Jiménez y J.L. De La Cruz. Estándares 2010 de Huella de Carbono MC3. Conama10 Congress National de Media Ambient, 11,2010. Anais. Madrid, España (2010).
  42. Doménech, J.L. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. Puertos, 114, 26-31 (2004).
  43. EPA, United States Environmental Protection Agency, [www.epa.gov](http://www.epa.gov) (2011).
  44. Global Footprint Network (GFN). Ecological footprint and biocapacity. Technical notes: 2006 edition, Oakland, CA, USA. (2006).
  45. Hertwich, E. y G. P. Peters. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis.
  46. Environmental Science & Technology, .43, 6414-6420 (2009).
  47. IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change, United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organization (WMO), <http://www.ipcc.ch> (2011).
  48. Jancovici J. M. Unoutil pour connaître les émissions de gaz à effet de serred'uneentrepriseou administration: le "bilan carbone" de l'ADEME, 2003. Disponible en [http://www.manicore.com/missions/bilan\\_carbone.html](http://www.manicore.com/missions/bilan_carbone.html). Acceso en 01.03 (2011).
  49. Leontief, W. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. Review of Economics and Statistics, 52, 262-271 (1970).
  50. Matthews, H. S., C.T. Hendrickson y C.L. Weber. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. Environ. Sci. Technol. 42(16), 5839-5842 (2008).
  51. Minx, J.C., G.P. Peters, T. Wiedmann y J. Barrett. GHG Emissions in the Global Supply Chain of Food Products. The 2008 International Input-Output Meeting on Managing the Environment (IOMME), Seville, Spain, July 9-11 (2008).

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

52. Minx, J.C., T. Wiedman y otros 14 autores. Input–Output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. *Economic Systems Research*, 21(3), 187-216 (2010).
53. Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Espíndola
54. Información Tecnológica Vol. 23 N° 1 - 2012
55. Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160 (2010).
56. Victor, P. A. *Pollution: Economy and Environment* George Allen and Unwin, Oxford (1972).
57. WRI, Resources Institute), *The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard-Marzo 2004*. Disponible en <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf>. Acceso en 20.04 (2011).
58. Wiedmann T. Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction, *Economic Systems Research*, 21, 175-186 (2009).
59. Wiedmann, T. y J. Minx. A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends*, n. 1, p. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA (2008).
60. WBCSD, World Business Council For Sustainable Development. *Energy, Climate Change and Future Framework Conditions: A new approach is needed*, Report Dec. 8, (2004).
61. *Medición y Mitigación de la Huella de Carbono de la Comisión Nacional del Medio Ambiente*, Informe Final; Pontificia universidad católica de Chile. Facultad de agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago de Chile; Marzo del 2011.
62. "Metodología para el cálculo de la Huella Ecológica" López Noelia, Blanco Dora; Universidad Santiago de Compostela. Oficina de Desarrollo Sostenible.
63. "Guía metodológica para el cálculo de la Huella Ecológica" Juan Luis Domenech Quesada; Julio 2006.
64. *Estándares 2010 de huella de carbono MC3*, Juan Luis Domenech Quesada, Adolfo Carballo, Luis Herrero, José Luis De la Cruz; Universidad Santiago Compostela, Instituto Huella de Carbón, Observatorio de Sostenibilidad en España. (2010)
65. *EL MC3 Alternativa Metodológica para estimar la Huella Corporativa del Carbono*, Adolfo Carballo, María Do Carmen García, Juan Luis Domenech. Revista; *Desarrollo local Sostenible*. España, Junio del 2009
66. *Huella Ecológica Corporativa; un análisis de caso vinculado a una fábrica de pan*. Alejandro Martínez Gascan. Revista *Desarrollo Local Sostenible*; España Junio 2012.
67. *Huella de Carbón: conceptos, métodos de estimación y complejidad de metodologías*. Cesar Espinosa, José Valderrama, Universidad de Serena (Chile), Universidad de Leiba (España) Diciembre del 2011. España

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

68. La huella Ecológica de Procesos Productivos como Indicador de Sostenibilidad. M. Herva, A. Franco, E. Roca; Departamento de ingeniería química; Universidad Santiago de Compostela (2010).
69. Caglio, J., Gómez, B., Doménech, J. L., Mainar, S. G., & Lanza, H. G. (2011). Calculation of the corporate carbon footprint of the cement industry by the application of MC3 methodology. *Ecological Indicators*, 11(6), 1526-1540.
70. Quezada, R., Hsieh, T., & Valderrama, J. O. (2013). Determinación de la Huella del Carbono mediante el Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) para una Empresa Vitivinícola en Chile. *Información tecnológica*, 24(4), 03-14.
71. Frohmann, A., Mulder, N., Olmos, X., & Herreros, S. (2012). Huella de carbono y exportaciones de alimentos: guía práctica.
72. COLOMB, V., BERNOUX, M., BOCKEL, L., CHOTTE, J. L., MARTIN, S., MARTIN-PHIPPS, C., ...& TOUCHEMOULIN, O. (2012). Review of GHG calculators in agriculture and forestry sectors. A Guideline for Appropriate Choice and Use of Landscape Based Tools.
73. Carballo-Penela, A., & Doménech, J. L. (2010). Managing the carbon footprint of products: the contribution of the method composed of financial statements (MC3). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(9), 962-969.
74. BC, Bilan Carbone. <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=1ycid=96ym=3ycatid=15730>. Acceso en 20.01.2011.
75. BSI, British Standards Institute, PAS 2050: <http://www.bsigroup.com/en/Standards-andPublications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050>. Acceso en 20.12.2010. (2008)
76. De La Torre, A; Fajnzylber, P; Nash, J. Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Central, Washington D.C., USA, 2009.
77. Doménech, J.L. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. *Puertos* n.114, p 26 - 31,2004.
78. Doménech, J. L; Carballo Penela, A; Jiménez Herrero, L; De La Cruz Leiva, J. L. Estándare 2010 d
79. Huella de Carbono MC3. Congreso Nac. Medio Ambiente, Madrid, España, 2010.
80. Espíndola C. y J.O. Valderrama, "Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación
81. Complejidades Metodológicas", *Inf. Tecnol.*, 23(1), 163-176 (2012a).
82. Espíndola C. y J.O. Valderrama, "Huella del Carbono. Parte 2: La Visión de las Empresas, lo
83. Cuestionamientos y el Futuro", *Inf. Tecnol.*, 23(1), 177-192 (2012b).
84. GEI, GHP, The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), Disponibles en [http://www.ghgprotocol.org/\(2001](http://www.ghgprotocol.org/(2001)
85. Hertwich, E; Peters, G. P. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology*, n.43, p. 6414–6420, 2009.
86. Pandey, D; Agrawal, M; Pandey, J; Carbon footprint: current methods of estimation.
87. Environmental Monitoring and Assessment, 2010. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y> .Acceso el 20.10.2010

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

---

88. Valderrama, J.O., C. Espíndola y R. Quezada, "Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias", Form. Univ., 4(3), 3-12 (2011).
89. Wiedmann T. Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction, Economic Systems Research, n. 21, p. 175-186, 2009.
91. Bartholomew, D. P. (1981). Environmental control of carbon assimilation and dry matter production by pineapple [*Ananas comosus*].
92. Ortiz Araya, E. F. (2012). *Evaluación del efecto de la cal dolomita sobre algunas características químicas del suelo y la absorción de nutrientes en el cultivo de piña (Ananas comosus)(L) Merr. híbrido MD-2 en finca ganadera la Flor SA en Río Cuarto, Grecia, Costa Rica* (Doctoral dissertation).
93. Acevedo-Gómez, R., Hernández, M. Á. S., Hernández, C. S., & Pinacho, A. J. V. MEJORAMIENTO DE SUELOS PARA PRODUCIR PIÑA ORGÁNICA EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN.
94. Street, H. E., & Sheat, D. E. G. (1958). The absorption and availability of nitrate and ammonia. In *Der Stickstoffumsatz/Nitrogen Metabolism* (pp. 150-165). Springer Berlin Heidelberg.
95. Picado Rodríguez, J. E. (1994). Efecto de dos fuentes nitrogenadas a diferentes dosis sobre la eficiencia del Ethrel (Etefón) como inductor de floración en piña (*Ananas comosus* L. Merr.).
96. Rodríguez Gómez, J. A. (2012). *Efecto de fuentes de nitrógeno de origen orgánico a diferentes dosis en el cultivo de piña (Ananas comosus)(L) Merr. híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas* (Doctoral dissertation).
97. Terrón, P. U. (2000). La fertilización y el riesgo de eutrofización de aguas superficiales. *Vida rural*, (103), 33-35.
98. Malavolta, E. (1994). Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos. *Produquímica*
99. Malavolta, E., Vitti, G. C., & OLIVEIRA, S. (1992).
100. Evaluación del estado nutricional de las plantas. Principios y aplicaciones.. *Boletín de PROMECAFE* (Guatemala), (56). Carvajal, M. (2009). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Región de Murcia, España.

**Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia**

**Anexo 1**

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULA		
MF019 Potencial de calentamiento global		
UM tCO2/t		
		1
A003	Gases Kioto	Valor
1	Dióxido de carbono (CO2)	1,00
2	Metano (CH4)	25,00
3	Óxido nitroso (N2O)	298,00
4	Hidrofluorocarbonos (HFC)	14.800,00
5	Perfluorocarbonos (PFC)	7.390,00
6	Hexafluoruro de azufre (SF6)	22.800,00

Ilustración 26: Potencia de calentamientos globales por tipo de GEI, tenidos en cuenta en el alcance del cálculo de la huella de carbono de la producción y comercialización de *A Comosusen* el contexto nacional. Fuente: IPPC &CarbonFeel; 2015.

Estimación de la huella de Carbono mediante el método compuesto por cuentas contables (Mc3), en la línea *Ananás comosus*, de una empresa del sector hortofrutícola de Colombia

Anexo 2.

Código	Algoritmo
P903	$CO2 \text{ Emisión} = E000 * F006 * F009 * F015i * F019i$ ----- CO2 Emisión - Emisión total de CO2 en toneladas / kilogramos / gramos E000 - Combustión de carburante en metros cúbicos F006 - Densidad del combustible F009 - Poder calorífico del combustible F015 - Factor de emisión gases por unidad energética F019 - Potencial de calentamiento global gases Kiata, precursores y contaminantes i - Gas de efecto invernadero
P904	$CO2 \text{ Emisión} = E000 * 3,7854118 * 0,001 * F006 * F009 * F015i * F019i$ ----- CO2 Emisión - Emisión total de CO2 en toneladas / kilogramos / gramos E000 - Combustión de carburante en galones 3,7854118 - Conversión de galones a litros 0,001 - Conversión de litros a metros cúbicos F006 - Densidad del combustible F009 - Poder calorífico F015 - Factor de emisión gases por unidad energética F019 - Potencial de calentamiento global gases Kiata, precursores y contaminantes i - Gas de efecto invernadero
P930	$CO2 \text{ Emisión} = E000 * S (F029i) * F056j$ ----- CO2 Emisión - Emisión total de CO2 en toneladas métricas E000 - Generación de residuos en toneladas F029 - Factor de abstracción de residuos y vertidos F056 - Factor de abstracción j - Tipo de terreno
P941	$Gha = E000 * F033 * (1 - F071)$ ----- Gha - Huella ecológica en hectáreas globales E000 - Uso de suelo en hectáreas F033 - Factor de abstracción F071 - Factor Contrahuella
P944	$CO2 \text{ Emisión} = E000 * F044i$ ----- CO2 Emisión - Emisión total de CO2 en toneladas / kilogramos / gramos E000 - Consumo en unidad funcional determinada por el proveedor del material / servicio / objeto de estudio F044 - t / kg / g de CO2 emitido por el material / servicio / objeto de estudio por unidad funcional i - Gas de efecto invernadero
P908	$Consumo = E000 * F040 * F043$ ----- Consumo - Consumo eléctrico en kWh E000 - Consumo de agua potable en metros cúbicos F040 - Factor de consumo eléctrico por abastecimiento agua potable F043 - Repartición eléctrica para abastecimiento por tipo de agua (potable y no potable)

Ilustración 27: Patrones de Calculo tenidos en cuenta en la configuración básica y la estructura analítica para el cálculo de la huella de carbono de la producción y comercialización de la Ananás Comosus en los departamentos de Santander y Atlántico, respectivamente. Fuente: CarbonFeel 2015.