



**Análisis del desempeño ambiental producto de la operación logística de  
poscosecha en la agrocadena del aguacate hass en el Tolima**

**Cristian Daniel Sánchez Hernández**

**Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Industrial  
Ibagué, 2020**



## **Análisis del desempeño ambiental producto de la operación logística de la agrocadena del aguacate hass en el Tolima**

**Cristian Daniel Sánchez Hernández**

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Industrial**

Directora:

Ing. Helga Patricia Bermeo Andrade

Profesora Facultad de Ingeniería

Codirectora:

Lic. Yorlady Martínez

Profesora Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Industrial**

Ibagué, 2020



## Agradecimientos

A mi familia y compañera de vida, por su apoyo, sacrificio y entendimiento durante esta etapa de formación académica.

A la Ingeniera Helga Patricia Bermeo Andrade, por su apoyo, colaboración y comprensión en el desarrollo del presente estudio.

Para finalizar, el autor igualmente agradece a la Gobernación del Tolima y a la Universidad del Tolima por su financiación mediante recursos del SGR derivados del convenio número 046-2019 “Transferencia tecnológica para la optimización operacional de la Agrocadena del Aguacate del Tolima como apoyo a su proceso de internacionalización” enmarcado en el convenio marco 2077-2018 "Desarrollo de ventajas competitivas mediante actividades de I+D+i en ocho cadenas del sector agropecuario del departamento del Tolima.



## Resumen

Los indicadores de desempeño ambiental es una información fundamental para toda agrocadena de alimentos, en tanto su actividad productiva genera impactos al entorno. Este proyecto aborda la problemática de la estimación del desempeño ambiental de las operaciones logísticas poscosecha que tienen lugar en la Agrocadena de Suministro del Aguacate Hass en el Tolima (ACAHT). En esta se estimó el valor de la Huella de Carbono (HC) y Huella Hídrica (HH), tomando como guía las metodologías de cálculo: PAS2050 (British Standards Institution , 2008) y “The water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard” (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011).

Para la HC se evaluó la cantidad de GEI en la operación de transporte en su respectivo proceso de combustión y en la etapa de packing en Planta, en donde se hace uso de energía eléctrica para las operaciones de selección y clasificación de la fruta. Entre tanto, la HH se evaluó en las operaciones que hacen uso de agua azul, lo que incluyó el análisis de la etapa de poscosecha donde se hace un prelavado y posteriormente en la etapa de empacado en la operación de lavado de la fruta, todo esto sumado al uso de agua de manera indirecta parte de los operarios y administrativos, así como por el lavado de equipos.

Los resultados obtenidos en la ACAHT se contrastaron con los indicadores reportados en diferentes países exportadores de aguacate. Finalmente se exploraron las potenciales ventajas que en esta materia puede obtener Colombia frente a sus competidores a nivel internacional.

**Palabras clave:** Huella de carbono, gases de efecto invernadero, *persea americana*, factor de emisión, huella hídrica, impacto ambiental, sostenibilidad.



## Abstract

Environmental performance indicators are essential information for every agri supply chain, particularly the impact that production activities have on the environment. This project addresses the problem of estimating the environmental performance of postharvest logistics operations in the Agrisupply chain of avocado hass in the Tolima 'ACAHT'. By using the following methodologies as guides: PAS2050 (British Standards Institution , 2008), and "The water footprint assessment manual: setting the global standard" (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011), the estimations were made for the value of the Carbon Footprint (CF) and the Water Footprint (WF).

To estimate the CF, the amount of GHG in the transport operation during its respective combustion process, and in the packing stage where electricity is used in the selection and classification of the fruit was evaluated. With regards to the WF, the operations that use blue water were assessed. Firstly, during the post-harvest stage where a pre-washing takes place and subsequently in the fruit packing stage of the washing process. The value of the indirect use of water by the operators and administrative workers, as well as the washing of equipment was also determined and assessed.

The results obtained in the ACAHT were contrasted with the same indicators reported in different avocado exporting countries. Finally, the potential advantages that Colombia could obtain in this matter compared to its international competitors were explored.

**Keywords:** Carbon footprint, greenhouse gases, *persea Americana*, emission factor, water footprint, environmental impact, sustainability.



## Contenido

<b>Capítulo 1. Planteamiento de la problemática, justificación y objetivos de la investigación .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Planteamiento de la problemática .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos avalados .....	4
<b>Capítulo 2: Marco de referencia para la evaluación del desempeño ambiental de las operaciones logísticas en el sector agrícola .....</b>	<b>4</b>
2.1 Marco conceptual .....	4
2.1.1 Cadena de suministro .....	4
2.1.2 Agro cadenas de suministro .....	5
2.2 Medición del impacto de una agro cadena .....	6
2.2.1 Huella de Carbono (HC) generalidades y medición .....	6
2.2.2 Huella Hídrica (HH) Generalidades y medición .....	10
2.3. Revisión del Estado del arte para la HC y HH .....	12
<b>Capítulo 3. Aspectos metodológicos .....</b>	<b>14</b>
3.1. Tipo de estudio .....	14
3.2. Etapas del proceso .....	15
3.3. Fuentes de información e instrumentos de consulta .....	16
<b>Capítulo 5. Evaluación del desempeño ambiental (HH &amp; HC) a partir de la poscosecha en la ACAHT .....</b>	<b>17</b>
4.1. Identificación del origen del producto en la poscosecha .....	17
4.2. Identificación de los eslabones de la ACAHT en la zona norte, a partir de la labor de poscosecha .....	18
4.3. Operaciones logísticas de los eslabones de la agro cadena .....	19
4.3.1 Límites en la medición de la HC & HH .....	19
4.4. Estimación de la HC Y HH .....	20
4.4.1 Estimación de la Huella de Carbono (HC) .....	22
4.4.2 Huella hídrica .....	26
4.5. Discusión y confrontación de los indicadores estimados .....	30
4.5.1 Comparación de la Huella de carbono .....	30
4.5.2. Comparación de la Huella Hídrica .....	32
<b>Capítulo 4: Conclusiones .....</b>	<b>34</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>36</b>
A. Anexo: Producción octubre 2019 .....	39
B. Anexo: Variables HC .....	40
C. Anexo: Variables HH .....	41
D. Anexo: Formulario HH operarios y administrativos .....	42



## Lista de figuras

Ilustración 1: Actores implicados en una cadena de suministros para una empresa individual .....	4
Ilustración 2: Actividades de logística en una cadena de suministro empresarial .....	5
Ilustración 3: Modelo simplificado de una Agrocadena .....	6
Ilustración 4: Pasos para calcular la Huella de Carbono .....	7
Ilustración 5 : Composición de la Huella Hídrica.....	10
Ilustración 6: Metodología de cálculo de la HH .....	12
Ilustración 7: Ubicación de las unidades productivas agrícolas UPA.....	18
Ilustración 8 : Flujo del aguacate hass origen-destino.....	18
Ilustración 9 : Flujo del aguacate hass en la Planta, al entrar de fincas y salir a puerto.....	19
Ilustración 10: Balance de masa en la operación de la Planta.....	21
Ilustración 11: Resultados de la operación de la Planta de Clasificación- F&P.....	21
Ilustración 12: HC de una operación de transporte para los lotes 278 a 283.....	23
Ilustración 13: Cálculo del agua usada en los baños de la planta por parte del personal .....	28
Ilustración 14: Riesgo físico Armero, Guayabal .....	29
Ilustración 15: Discusión transporte marítimo de la fruta.....	31
Ilustración 16 : Composición de la HH por país .....	32



## Lista de Tablas

### Pág.

Tabla 1 : Producción nacional de aguacate "Hass" año 2014-2015.....	3
Tabla 2 : Metodologías para el cálculo de la HC .....	7
Tabla 3: Potencial de calentamiento global de los GEI .....	8
Tabla 4: Factores de emisión de combustibles .....	9
Tabla 5: Huella Hídrica y su composición.....	11
Tabla 6: Metodologías asociadas al cálculo de la Huella Hídrica .....	11
Tabla 7: Estudios Referentes al cálculo de la Huella de Carbono (HC) en Frutas .....	13
Tabla 8: Estudios referentes al cálculo de la Huella Hídrica (HH) en Frutas .....	14
Tabla 9 : Etapas propuestas la medición de los impactos a partir de la poscosecha en la ACAHT..	16
Tabla 10: Origen de la producción de la fruta analizada, octubre/2019 .....	17
Tabla 11: Alcance de la medición de la Huella de Carbono (HC) en la ACAHT .....	20
Tabla 12: Alcance de la medición de la Huella Hídrica (HH) en la ACAHT .....	20
Tabla 13: Especificaciones de los vehículos que transportaron la fruta a nivel nacional .....	22
Tabla 14: Estimación transporte de fruta desde finca a planta .....	24
Tabla 15: Consumo de energía eléctrica de la Planta .....	26
Tabla 16: Huella de carbono de las operaciones .....	26
Tabla 17: Información para el cálculo de la HH .....	27
Tabla 18: HH de las operaciones logísticas en la Planta .....	29
Tabla 19: HC de las operaciones logísticas del aguacate caso Colombia y Chile .....	30
Tabla 20: Emisiones Transporte Marítimo.....	31
Tabla 21: HH de los cultivos de aguacate por país – período 1996-2005 .....	32



## Capítulo 1. Planteamiento de la problemática, justificación y objetivos

### 1.1. Introducción

En la óptima comercialización del aguacate hass intervienen diferentes actividades u operaciones pertenecientes a una agrocadena, estas influyen directamente en la economía nacional y consecuentemente involucran aspectos relacionados a sus impactos al medio ambiente.

Colombia se está posicionando como uno de los mayores productores de aguacate al ocupar en el año 2017, el cuarto puesto a nivel mundial (Ministerio de Agricultura, 2018). Entre los grandes productores está el departamento del Tolima, el cual aportó el 18% de la producción en el año 2018, siendo este el departamento con mayor producción (Ministerio de Agricultura, 2019). Para ese mismo año, este sector reportó exportaciones por un valor cercano a los US\$ 71 millones, valor que se atribuye solo al lapso de enero- septiembre y que representó un crecimiento del 45,5% respecto al año anterior (Ministerio de Agricultura, 2019).

Pese a estas prometedoras cifras económicas del sector, lo cierto es que el comercio del aguacate “hass” implica que todos sus procesos deben estar alineados a las exigencias o necesidades que presentan los clientes finales. En donde empresas u organizaciones amigables con el medio ambiente obtendrán una clara ventaja sobre los competidores cercanos (Sen, 2009).

Con el fin de crecer como productor potencial a nivel mundial, la agrocadena del aguacate hass en el Tolima (de aquí en adelante denominada ACHAT) precisa revisar todos los procesos, desde la siembra hasta la exportación del producto, y facilitar a través de ellos que se genere la información que permita estimar y controlar el desempeño ambiental que tiene como producto agrícola. Es por esto, que las empresas deben asegurar sus propias cadenas de suministro y sus mercados ayudando a las comunidades al proceso de refuerzo y adaptación al cambio climático (Oxfam, 2012). Hoy por hoy, a nivel mundial gran parte de las organizaciones han estado evaluando su desempeño ambiental mediante la Huella de Carbono (HC) y la Huella Hídrica (HH).

La principal causa de lo anterior es la creciente preocupación a nivel global de los consumidores en temas como la preservación del medio ambiente, el calentamiento global y la deforestación (IPCC, 2014). La preocupación también está presente a nivel corporativo, en tanto las organizaciones o empresas precisan conocer los consumos de combustible/energía y agua que demanda la producción de los bienes o servicios que comercializa. En términos internacionales, las medidas ampliamente utilizadas en el ámbito empresarial, corresponden a la estimación de la huella de carbono (HC) y la huella hídrica (HH).



## 1.2. Planteamiento de la problemática

En lo que respecta a las agro cadenas de suministro, en estas se presentan diferentes actividades para la preparación y distribución de un producto agrícola. Estas juegan un papel importante en el acceso a los mercados para productores de países en desarrollo, así como para mercados locales, regionales y de exportación (FAO, 2007). No obstante, se destacan en el desarrollo de una región en específico, y la conexión que genera con la agricultura y el comercio, recalcando cada uno de los eslabones involucrados y sus respectivas actividades.

En cada una de las actividades presentes en una agro cadena, se involucran diferentes actores o eslabones, que se relacionan por “flujos comerciales y los flujos de insumos, productos, información, recursos financieros, logística, comercialización y otros productos entre proveedores de insumo, procesadoras, exportadores, minoristas y otros agentes económicos que participan en la producción de un producto y desarrollo de un servicio” (Peña, Nieto, & Diaz, 2008). Respecto a lo anterior se da por entendido que, cada actor comprende el desarrollo de una actividad la cual tiene relación directa o indirecta con el producto o servicio que finalmente se comercializa. Dichas actividades están asociadas al consumo de recursos naturales o insumos como: agua, energía eléctrica y combustibles fósiles; estas repercuten de manera directa al entorno debido a que presentan un consumo hídrico y generación de residuos gaseosos, este último contribuye directamente al calentamiento global debido a los gases de efecto invernadero (GEI).

A este respecto, la agro cadena del aguacate “Hass” en el Tolima (ACAHT) carece de dicha información ambiental por lo que la presente investigación aborda la evaluación del desempeño ambiental de la misma, mediante el cálculo de la HC y HH, con el fin de dotar información para la toma de decisiones y mitigación de puntos críticos. De esta forma, la pregunta que motivó la presente investigación fue: *¿Cuál es el desempeño ambiental de la agro cadena del aguacate “Hass” en el norte del Tolima, producto de su operación logística a partir de la poscosecha?*



### 1.3. Justificación

A nivel internacional, Colombia tiene una gran oportunidad para aprovechar su potencial exportador en el sector Hortofrutícola. El crecimiento del sector contempló un crecimiento del 13% para el año 2018, donde se estima un valor de COP 8.028 millones de pesos (Asohofrucol, 2018). Colombia cuenta con diferentes ventajas para la producción hortofrutícola, entre ellas, el contar con diferentes pisos térmicos que le facilita la producción de frutas con potencial para exportación, como es el caso del aguacate “Hass”. En la producción de esta fruta, el Tolima se ubica entre los primeros lugares a nivel nacional (ver Tabla 1).

Tabla 1 : Producción nacional de aguacate "Hass" año 2014-2015

Departamentos	Área (Ha)		Producción (Tn)	
	2014	2015	2014	2015
TOLIMA	8.088	9.291	65.945	60.718
ANTIOQUIA	4.784	5.077	47.821	48.427
CALDAS	3.848	4.255	43.190	40.268

Fuente: Adaptado de Revista Dinero (2017)

En consideración de la actual capacidad de producción del aguacate hass, el Tolima se enfrenta con el gran reto de incursionar en el mercado internacional. Factores diferenciadores más allá de la alta calidad, el buen sabor y el bajo costo de producción (Revista Dinero, 2017). Uno de esos factores diferenciadores puede ser la sostenibilidad ambiental. A este respecto, Schaltegger & Wagner (2006) afirman que “no hay duda en que los problemas no relacionados con el mercado, como los problemas ambientales y sociales, pueden tener un impacto sustancial en la competitividad y el rendimiento económico de una empresa”. Es claro que serán los mercados internacionales los que decidan en la compra del productos hortofrutícolas teniendo en cuenta factores como el precio, calidad, aspectos sociales y medio ambientales (FAO, 2006).

Un enfoque de sostenibilidad en las organizaciones representa un reto. Tal como lo sugiere la CEPAL “...el desafío de alcanzar crecientes grados de sostenibilidad formará parte central de la agenda de los gobiernos y sectores empresariales de la región en los próximos años” (CEPAL, 2012). De este modo, el primer paso para generar una sostenibilidad dependerá únicamente de la información medio ambiental, ya que en esta se definen los puntos críticos para una organización o eslabón perteneciente a la agrocadena.

La implementación de estudios relacionados con el impacto ambiental, como la medición de la HC y la HH, dotan de información medio ambiental producida por una agrocadena y de esta forma, se pueden generar o proponer soluciones prácticas enfocadas en la prevención y mitigación de las huellas antes mencionadas. La generación de esta información para la ACAHT puede constituirle una ventaja en el aspecto comercial, ya que va dirigida aquellos consumidores que de alguna forma quieren conocer el impacto que tiene el producto al medio ambiente. Un ejemplo de esto es una encuesta que se realizó en Reino Unido en donde, el 67% de los clientes encuestados señalan que su preferencia de compra sería por productos con una mejor huella de carbono y el 44% de estos



mismos indican que comprarían un producto con baja huella de carbono, aunque la marca no sea su primera elección (Mckinsey,2008) (Enginyers Agrònoms de Catalunya, 2010).

#### 1.4. Objetivos avalados

El objetivo general fue determinar el desempeño ambiental de la agrocadena del aguacate hass en el Tolima (ACAHT), producto de su operación logística a partir de poscosecha, para contribuir con información que favorezca la toma de decisiones en su proceso de internacionalización. El logro de este objetivo, significó el logro de los siguientes objetivos específicos:

- A) Documentar las diferentes propuestas metodológicas propuestas en la literatura, para la estimación de los impactos de la operación logística de una agrocadena
- B) Estimar la Huella de Carbono producto de las operaciones logísticas de la ACAHT
- C) Estimar de la Huella Hídrica azul producto de las operaciones logísticas de la ACAHT
- D) Confrontar los indicadores estimados localmente en la ACAHT frente a estándares internacionales, y diseñar acciones de mejora o mitigación en puntos críticos identificados.

## Capítulo 2: Marco de referencia

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 Cadena de suministro

Una cadena de suministro (CS) es una red de organizaciones que se relacionan unas a otras y trabajan de forma cooperativa con la finalidad de controlar los flujos desde el proveedor hasta los usuarios finales (Santander Mercado, y otros, 2014). Existe una serie de pasos que relaciona a todas las partes ya sea directa o indirectamente, con el fin de satisfacer una demanda. En este sentido, involucra actores o eslabones (ver Ilustración 1) que influyen ya sea en la transformación de un producto o la prestación de un servicio. En una cadena de suministro se asocian diferentes flujos ya sea de información, producto o capital (Slone, Dittman, & Mentzer, 2012).

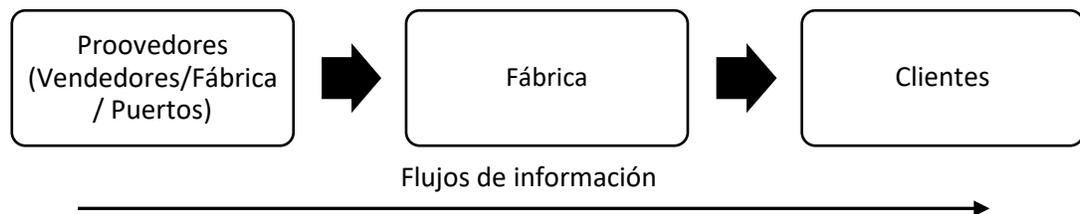


Ilustración 1: Actores implicados en una cadena de suministros para una empresa individual

Fuente: Adaptado de (Ballou, 2004)



Dentro de la cadena de suministro existen ciertas labores, las cuales involucran a los actores de la cadena de suministro. Las labores tienen como papel fundamental seguir el flujo con el fin de que el producto o servicio cumpla con el objetivo de satisfacción de la demanda. A este respecto se destaca la Gestión de la cadena de suministro (GCS) la cual hace referencia “la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales de negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la CS con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la CS como un todo” (Ballou, 2004).

En relación con lo anterior, la GCS asocia diferentes eslabones en los cuales se desarrollan diferentes actividades u operaciones (ver ilustración 2) dentro de una empresa u organización, las cuales se repiten o iteran dentro de esta, antes de que el producto o servicio se dé por terminado.



Ilustración 2: Actividades de logística en una cadena de suministro empresarial  
Fuente: (Ballou, 2004)

### 2.1.2 Agro cadenas de suministro

Una agro cadena se define como la articulación de actividades que involucran un producto agrícola, pueden involucrar desde la siembra en fincas hasta su llegada al consumidor final, pasando por las etapas de cultivo, cosecha, embalaje, almacenamiento, transporte, distribución y marketing” (Lakovou, Vlachos, Achillas, & Anastasiadis, 2014). La dinámica de las agro cadenas se define por el comportamiento de los flujos de productos, financieros, informativo, procesos, recursos naturales y energía (ver Ilustración 3) que relacionan a cada uno de los eslabones y sus respectivas actividades.

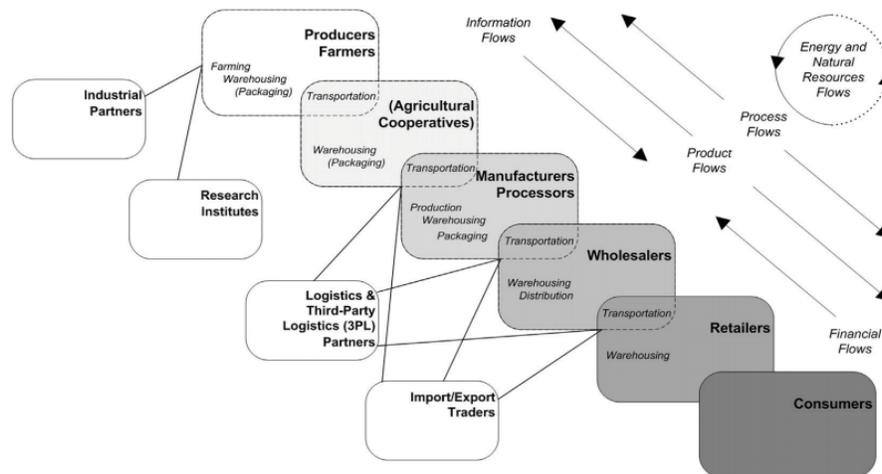


Ilustración 3: Modelo simplificado de una Agrocadena  
Fuente: (Tsolakis, Keramydas, Toka, Aidonis, & Lakovou, 2014)

## 2.2 Medición del impacto de una agrocadena

La medición del impacto de una agrocadena se ha consolidado en dos indicadores a saber: la Huella de carbono (HC) y la Huella Hídrica (HH). A continuación se detalla su interpretación y formas de cálculo internacionalmente propuestas y aceptadas.

### 2.2.1 Huella de Carbono (HC) generalidades y medición

La HC es el indicador que revela la información de cuantas emisiones de gases efecto invernadero se generan producto de la realización de una actividad. Se denomina huella de carbono al cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad, que genera como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad y como punto de referencia, para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía (Observatorio de la sostenibilidad en España, 2013).

En este aspecto, Rodas (2014) indica que la HC es la “Medida de la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos directa e indirectamente, expresada en términos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e)” (p.32). Cuando se habla de emisiones directas son las que emisiones que están controladas por la empresa (Combustión por calderas, Hornos, Vehículos Etc.) En cuanto a las emisiones indirectas, estas son las emisiones como consecuencia del desarrollo de las actividades o procesos de la empresa (Energía Eléctrica) (World Resources Institute, 2015). Actualmente existen variadas metodologías para el cálculo y posterior análisis de la huella de carbono, como se resume en la Tabla 2.



Tabla 2 : Metodologías para el cálculo de la HC

Metodología	Descripción
Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG protocol)	Herramienta más usada a nivel internacional para el cálculo y comunicación del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de una organización.
Bilan Carbone (2002)	Permite la caracterización de las emisiones de gases de efecto invernadero, directas e indirectas de las actividades de una organización.
Public Aviable Specification 2050(PAS2050)	Método basado en el ciclo de vida de un producto o servicio, que evalúa su impacto ambiental.

Fuente: Autor

A su vez, para el cálculo de la HC, se hizo uso de la metodología dotada por el Instituto Británico de Estandarización (BSI) en donde consta de diversos pasos, tal como lo siguiere la Ilustración 4.



Ilustración 4: Pasos para calcular la Huella de Carbono

Fuente: Adaptado de *Guide to PAS2050* (British Standards Institution, 2011).

*Mapa de proceso:* de esta forma se busca definir el ciclo de vida de un producto o servicio, esto incluye todos los flujos de materia y energía, esto desde las materias primas hasta la disposición final, con el fin de identificar cada uno de los eslabones y de esta manera facilitar la recolección de información.

*Límites:* se eligen dependiendo la información que se tenga sobre la cadena de suministro o el foco de estudio, en donde los que se puede incluir las emisiones por actividades presentes en el ciclo de vida del producto, en la presente guía se encuentran dos tipos de alcance de ciclo de vida:

- **Bussiness to Bussiness:** Considerado como el ciclo de vida de un producto que finaliza en la entrega a otra organización para que sea utilizado para la elaboración de otro producto.
- **Bussiness to Customer:** Considerado como el ciclo de vida completo de un producto incluyendo las actividades después del consumo del producto.

*Datos:* Se recolecta la información relacionada con las actividades u operaciones de la cadena de suministro con el fin de conocer las cantidades de GEI producidas por actividad.



**Cálculo:** Según (British Standards Institution, 2011), la ecuación para el cálculo de la HC de un producto es la suma de todos los materiales, energía y desechos a través de todas las actividades de un ciclo de vida de un producto, multiplicado por su respectivo factor de emisión [1]:

$$HC = \text{Datos de la actividad}(\text{Masa, Volumen. .}) * FE_{CO_2}(\text{CO}_2 - \text{eq por unidad}) [1]$$

En este sentido, el factor de emisión está definido como “la cantidad de GEI emitidos, expresados como CO<sub>2</sub>-eq y que dependen de una actividad” (British Standards Institution, 2011). Es de tener en cuenta para el cálculo, que los factores de emisión varían dependiendo del tipo de combustible y actividad en que se aplique el proceso de combustión, de esta forma existen factores de emisión por combustible, proceso y tecnología y este se expresa como el peso del contaminante emitido por unidad de peso, volumen, energía o actividad (UPME, 2003).

**Incertidumbre:** el objetivo del presente paso es identificar una medida de precisión para el cálculo, aunque la guía PAS2050 no lo exige. Es muy útil delegar esta tarea a alguien experimentado en análisis de incertidumbre (British Standards Institution , 2008).

### **Emisiones por generación de gases**

El calentamiento global resulta de la variación del clima en toda la tierra como una región en específico y sus efectos son a largo plazo en donde tiene una relación directa con el aumento de las actividades humanas y la generación de gases efecto invernadero GEI (Instituto Forestal, 2011). La presencia de estos gases se le atribuye a las actividades humanas relacionadas con el consumo de combustibles fósiles, en particular petróleo y carbón (Rodriguez, Mance, Barrera, & Garcia, 2015). Se estima que cada GEI está relacionado con un potencial de calentamiento global (Tabla 3).

Tabla 3: Potencial de calentamiento global de los GEI

Nombre	Formula Química	Potencial de calentamiento global PCG a 100 años
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	25
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	298
Hidrofluorocarbonos	HFC	1300-11700
Perfluorocarbonos	PFC	6500-9200
Hexafluoruro de Azufre	SF <sub>6</sub>	22800

Fuente: adaptado de (Frohmann & Olmos, 2013)

El potencial de calentamiento global se refiere a la unidad expresada en CO<sub>2</sub>-eq, lo que significa el impacto que tendrá dicho gas en un periodo de tiempo de 100 años (British Standards Institution, 2011). Cada gas de efecto invernadero es comparable con el valor del CO<sub>2</sub>-eq el cual sirve como equivalencia con los otros gases, es decir, 1kg de metano equivale 25kg de CO<sub>2</sub>-eq. O viceversa. De



esta forma se facilita la suma de los gases de efecto invernadero ya que sirve como equivalencia, en donde la unidad fija es el  $\text{CO}_2\text{-eq}$ . Lo que es de gran utilidad si se desea calcular la HC.

### **Emisiones por labores de transporte**

Son las emisiones asociadas a las actividades de transporte, ya sea de forma terrestre, marítima o aérea. Para el caso de la combustión terrestre, se incluye todos los tipos de vehículos para servicio ligero, desde automóviles hasta camiones de carga (IPCC, 2006). Los principales parámetros para su estimación son: Peso Bruto Vehicular (PBV) el cual es el peso total del vehículo con carga, Factor de emisión: cantidad de GEI en este caso  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  por los kilómetros recorridos, Tipo de vehículo de carga, Tipo de carretera a transportar y Tipo de combustible (ver Tabla 4). Posteriormente, la cantidad de emisiones de cada GEI se deben convertir a  $\text{CO}_2\text{-eq}$  por medio de la multiplicación de dicha cantidad por el PCG (ver Tabla 4).

Tabla 4: Factores de emisión de combustibles

Combustible	Variable	FE $\frac{\text{mg N}_2\text{O}}{\text{Km}}$		FE $\frac{\text{mg CH}_4}{\text{Km}}$	
		Rural	Autopista	Rural	Autopista
DIESEL	PBV<16Tn	30	30	23	20
	PBV>16Tn	30	30	80	70
Combustible	Variable	FE $\frac{\text{mg N}_2\text{O}}{\text{Km}}$		FE $\frac{\text{mg CH}_4}{\text{Km}}$	
		Rural	Autopista	Rural	Autopista
GASOLINA	Todas las tecnologías	6	6	110	70

Fuente: Adaptado de "Combustión móvil" (IPCC, 2006)

### **Emisiones por consumo de energía**

Para el cálculo de las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica de una empresa u organización, es necesario saber qué tipo de fuente se usa más en el país donde se hará la evaluación. En Colombia, las fuentes dominantes son hidroeléctrica y termoeléctrica. En el caso de Colombia se cuenta con un factor de emisión de **0,1990 Kg  $\text{CO}_2\text{-eq}$  /KWh** dotado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME, 2015), el cual sirve de referencia para estimar la emisión por KWh consumidos por las diferentes operaciones o procesos relacionados con el objeto de estudio.



### 2.2.2 Huella Hídrica (HH) Generalidades y medición

El HH es un indicador del uso del agua que se puede asociar por el uso directo o indirecto e este recurso en la producción y comercialización de un bien o un servicio. El concepto de HH permite considerar el uso del agua oculta a lo largo de la cadena de producción de bienes o servicios de consumo, dando información de los efectos sobre el agua asociados a los hábitos de vida de las personas, poblaciones, producción de sectores y empresas (Castelli, Herrero, & Arevalo, 2014). En cuanto a la composición de la HH, es un indicador multidimensional (ver Ilustración 5) que asocia diferentes variables las cuales están relacionadas al ciclo del agua y también las generadas por el uso, consumo y contaminación.

En este sentido, Hoekstra *et al.* (2011) en el Manual de la evaluación de la huella hídrica, la definen como el “Indicador del uso del agua dulce que no solo se ve en el uso directo del agua de un consumidor o producto, sino también en el uso indirecto de esta”(p.2). Es por esto que la HH se computa como la suma de cada una de las variables que la componen y puede ser medida a lo largo de la cadena de suministro (ver Tabla 5), lo cual dota una perspectiva global del total de agua dulce por la producción o servicios de un producto en específico.

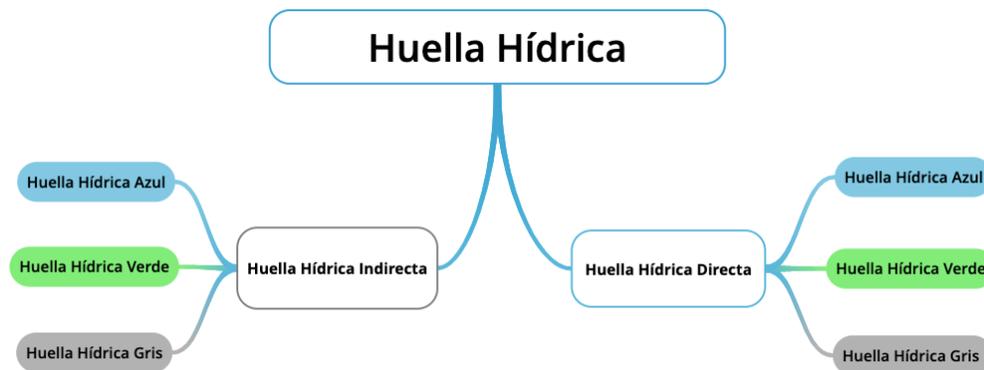


Ilustración 5 : Composición de la Huella Hídrica  
Fuente: Adaptado de (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)



Tabla 5: Huella Hídrica y su composición

Tipo de huella	Definición
Huella Azul	Se refiere a los recursos hídricos azules (Aguas superficiales y subterráneas) que se utilizan, evaporan o se incorporan a un producto.
Huella Verde	Se refiere al consumo de recursos hídricos verdes (Agua de lluvia).
Huella Gris	Se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes.
Huella indirecta	Se define como el volumen de agua incorporada o contaminada dentro de toda la cadena de producción de un producto
Huella hídrica	Es la suma de las huellas hídricas directas e indirectas expresada en volumen de agua usada sobre cantidad de producto

Fuente: Adaptado de Hoekstra et al (2011)

Actualmente existen dos metodologías ampliamente usadas para el cálculo de la huella hídrica (ver Tabla 6). Una de ellas es la propuesta por Hoekstra *et al* (2011), en donde se describe paso a paso el cálculo de la HH, y es aplicable a un proceso, producto, consumidores y una cuenca (ver Ilustración 6).

Tabla 6: Metodologías asociadas al cálculo de la Huella Hídrica

Metodología	Descripción
<i>"The Water Footprint Assessment Manual: Setting the global standard"</i> (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011)	Metodología que tiene en cuenta los usos directos e indirectos de agua dulce para las personas, empresas o países relacionados con consumir o utilizar productos o servicios.
<i>"Environmental Management: Water Footprint, principles, Requirements and Guidelines"</i> (ISO, 2014)	Metodología con un enfoque de ciclo de vida que cuantifica los posibles impactos ambientales relacionados con el agua, como lo es la eutrofización, salinización y acidificación entre otros.

Fuente: El Autor.

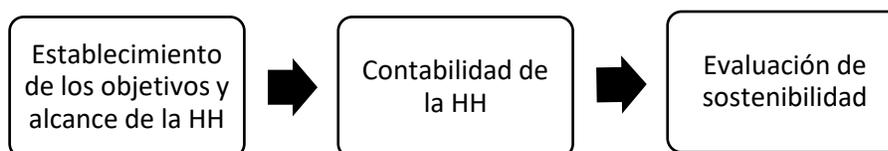


Ilustración 6: Metodología de cálculo de la HH

Fuente: Adaptado de (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, &amp; Mekonnen, 2011)

*Establecimiento de los objetivos y alcance:* aquí se define cual es el objeto de estudio dependiendo de esto se definen qué tipo de huellas se medirán y se sabrá qué tipo de información obtener.

*Contabilidad de la Huella Hídrica:* Con la información suministrada se procede al cálculo de la huella en donde, en el caso de un proceso, la HH será la suma de cada una de las variables que la componen mediante la ecuación [2]

$$HH_{Proc}[p] = \frac{\sum_{s=1}^K HH_{proc}[s]}{P[p]} \dots\dots(m^3/kg) \quad [2]$$

$HH_{Proc}[p]$ : Huella hídrica del producto

$HH_{Proc}[s]$ : Huella hídrica del proceso de paso[s] ( $m^3/mes$ )

$P[p]$ : Cantidad de producto [p] ( $kg/mes$ )

*Evaluación de sostenibilidad:* Se identifica como la etapa que define si las características hídricas del objeto de estudio tienen las capacidades de satisfacer los requerimientos de agua para el desarrollo de las actividades. Esta evaluación se basa sólo en la huella hídrica azul y huella hídrica verde, y se relacionan más con el proceso productivo.

### 2.3. Revisión del Estado del arte para la HC y HH.

El presente trabajo, el enfoque será la sostenibilidad ambiental en donde se da la aplicabilidad a los indicadores de desempeño ambiental que se definen como “El número que indica el estado y desarrollo del medio ambiente o las condiciones que afectan el entorno” (Alfsen & Sæbø, 1993).

El indicador como herramienta en la organización, tiene como objetivo comunicar la información a quienes toman decisiones dentro de las organizaciones. También puede ayudar a facilitar la difusión de esa información a diferentes grupos de usuarios y/o sociedad en su conjunto lo que derivaría en transformar la información en acción (ONU, 2003). Por lo anterior la revisión de estudios previos en esta materia, se abordó en dos dimensiones: métodos para la estimación de la huella de carbono (ver Tabla 7) y métodos para la estimación de la huella hídrica (ver Tabla 8).



Tabla 7: Estudios Referentes al cálculo de la Huella de Carbono (HC) en Frutas

Autor(es)	Propósito del estudio	Resultados relevantes
(Huiza, 2014)	Determinar la HC del aguacate o palta con los criterios de especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de bienes y servicios.	La HC obtenida 0,43 Co2e/Kg de aguacate.
(Iriarte, Villalobos, Yañez, & Huenchuleo, 2013)	Evaluar la HC utilizando un enfoque de ciclo de vida para el sistema de producción de manzanas en Chile, con el fin de identificar factores claves del proceso referente a las emisiones de gases de efecto invernadero.	La HC obtenida es 0.045CO2e/Kg manzana.
(Robertson, Garnham, & Symes, 2014)	Evaluar el ciclo de vida de la HC en el embalaje y transporte en la cadena de suministro del kiwi de Nueva Zelanda hasta dos mercados minoristas en Japón y Alemania	La HC del embalaje y el transporte de kiwi osciló entre 0,33 y 0,67 kg CO2e por kilogramo de fruta enviada a cada mercado.
(Brovia, Sanjuán, & Clemente, 2015)	Evaluar la HC del procesado, poscosecha y distribución de las clementinas producidas en la comunidad valenciana.	La HC del transporte al mercado fue 0.08kg Co2e, la poscosecha fue de 0,04 kg Co2e y la etapa agrícola fue de 0.32kg Co2e.
(Svanes & Aronsson, 2013)	El propósito de este trabajo se basó en estudiar las emisiones de gases efecto invernadero del banano con el fin de evaluar impacto ambiental a lo largo de la agrocadena.	La HC obtenida 0,0137 CO2e/kg de banano.

Fuente: Autor

Para el estudio aquí formulado, la metodología propuesta por Huiza (2014) resultó especialmente útil, en tanto se usó y validó para el análisis del ciclo de vida del aguacate y posterior cálculo de la Huella de Carbono (HC), mediante la implementación de la metodología de la especificación PAS2050(BSI,2011). No obstante, Iriarte *et al.* (2013) y Robertson *et al.* (2014), en sus investigaciones para el cálculo de la HC para la manzana chilena y el kiwi neozelandés correspondientemente (ver Tabla 7), hicieron uso de la metodología propuesta por la norma ISO 14040(2006) y siguieron las recomendaciones de de (PAS) 2050 (BSI,2008). Entre tanto, Brovia *et al.* (2015) en la evaluación de HC de las clementinas de la Comunidad de Valencia (Esp), siguieron la metodología del ciclo de vida de bajo la especificación PAS (BSI, 2018). Por otro lado, Svanes y Aronsson (2013) e Ingwersen (2012) en sus investigaciones utilizaron la metodología de cálculo de la HC para el banano y la piña, basados en la Norma ISO1467 (2012) e ISO 14044 (2006) respectivamente.



Tabla 8: Estudios referentes al cálculo de la Huella Hídrica (HH) en Frutas

Autor(es)	Propósito del estudio	Resultados relevantes
(Linares Castillo & Melo Rojas, 2015)	Determinar la huella hídrica para realizar un análisis donde se pueda identificar el consumo del recurso y los riesgos que pueden afectar el ciclo productivo de la fresa en el municipio de Sibaté – Cundinamarca	Obtuvo un valor total de 81.65 m <sup>3</sup> /Ton de fresa, producto de la suma de las diferentes huellas hídricas, Por otra parte, tuvo un consumo de 19856.38m <sup>3</sup> .
(Donoso, Blanco, Franco, & Lira, 2015)	Este trabajo estima la producción agrícola de la huella hídrica (HH) de Chile, evaluando HH verdes, azules y grises de los principales productos para las principales regiones productivas, teniendo en cuenta diferencias climáticas y del suelo.	Obtuvieron principalmente las huellas hídricas de las siguientes frutas: Manzana con 3.25 Hm <sup>3</sup> /ton Aguacate con 11.25 Hm <sup>3</sup> /ton Pera con 2.54 Hm <sup>3</sup> /ton Kiwi con 4.44 Hm <sup>3</sup> /ton
(Rojas Falconi, 2019)	Analizar y calcular la HH para la obtención de aguacate hass de exportación de una empresa exportadora de la región de Libertad-Perú.	Se obtuvo la HH para el cultivo y proceso de empaque, respetivamente: 416.84m <sup>3</sup> /TonAgH, 0.53m <sup>3</sup> /TonAgH

Fuente: Autor

Referente a las metodologías usadas para el cálculo de la HH como las indicadas en la Tabla 3, se destaca la guía internacional *“The Water Footprint Assessment Manual, Setting The Global Standard”*, aplicada para el cálculo de la HH para el cultivo de diferentes frutas. Cabe resaltar en este mismo sentido, el estudio de Falcioni (2019), quien determinó la HH en el cultivo y proceso de exportación del aguacate hass por medio de este Manual, además de definir ciertos aspectos relevantes como el índice de escasez por medio de la hidrografía presente en el área de estudio y por otra parte generó propuestas para mejorar la eficiencia del recurso hídrico y su respectiva sostenibilidad.

## Capítulo 3. Aspectos metodológicos

### 3.1. Tipo de estudio

Para la presente investigación se realizó una metodología de tipo cuantitativo, y se diseñó de forma integrada, para los dos indicadores dado que tienen diferentes guías metodológicas de cálculo, pero comparten ciertos pasos, como es el caso de la identificación del objeto de estudio, definición de alcances y recopilación de información en donde se siguieron las disposiciones de las metodologías propuestas (Hoekstra et al,2011): PAS 2050 (Carbon Trust, Defra & BSI, 2008) y *“The Water Footprint Assessment Manual, Setting The Global Standard”* (Hoesktra et al., 2011).



### **3.2. Fuentes de información e instrumentos de consulta**

Para la evaluación de la Huella de carbono y Huella Hídrica respectivamente, la información primordial se recopiló por medio de visita técnica al operador logístico F&P en la Planta de Selección y Clasificación de Paltolima en Armero – Guayabal (Tolima). La evaluación de la muestra de procesamiento de fruta, se realizó sobre un total de 35 remisiones de fruta provenientes de fincas del Tolima hacia la Planta, en el mes de octubre de 2019.

Para la medición del indicador HC se recopiló la información requerida para la estimación de las variables usadas para su cálculo: Potencia de la planta (consumo de energía en la Planta), transporte desde finca a Planta y en el transporte desde Planta hacia puerto (Cartagena, Bolívar), al igual que los tiempos de recorrido de los vehículos en ambos trayectos de transporte (reportes de producción y logística de la Empresa F&P, además de entrevista a los jefes de producción y calidad). Ver mayor detalle de las variables estimadas para este Indicador, en el Anexo B.

De igual forma, para la medición del indicador HH se recopiló la información requerida para la estimación de las variables usadas para su cálculo: consumos de prelavado en fincas (entrevista con productores), consumos de agua en la operación técnica de la Planta (recibos de consumo de Agua de la Planta), consumos de agua por el personal de producción y administración de la Planta (consulta directa al personal mediante cuestionario asistido). Ver mayor detalle de las variables estimadas para este Indicador, en el Anexo C.

Para la discusión de resultados y comparación con otras medidas referentes en países competidores cercanos a Colombia en la producción para comercialización en mercados internacionales, como es el caso de México, Perú y Chile, se hizo uso de fuentes internacionales disponibles para cada indicador, entre ellas: *“The Green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products”* (Mekonnen & Hoekstra, 2010)



### 3.3. Etapas del proceso

Para la presente evaluación, se hizo de forma conjunta teniendo en cuenta cada una de las disposiciones presentes en cada guía de cálculo, la cual quedo dividida en tres etapas relacionadas desde la identificación del origen de la fruta hasta la documentación de los resultados (ver Tabla 9), para cada indicador respectivamente.

Tabla 9 : Etapas propuestas la medición de los impactos a partir de la poscosecha en la ACAHT

Actividades	
Etapa I	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identificación del origen del producto en el proceso poscosecha que nutre la agrocadena objeto de estudio.</li> <li>○ Reconocimiento de los eslabones y dinámica de operación de la agrocadena objeto de estudio.</li> <li>○ Determinación de las operaciones logísticas involucradas en el proceso de comercialización mediante visita de campo.</li> <li>○ Delimitación del alcance del estudio de acuerdo con los objetivos planteados.</li> </ul>
Etapa II	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Recopilación de la información requerida y evaluación del desempeño ambiental de acuerdo con el alcance y guías de cálculo, para la HC Y HH respectivamente.</li> <li>○ Estimación de los impactos generados en la poscosecha</li> <li>○ Análisis de los puntos críticos de impactos en la agrocadena</li> </ul>
Etapa III	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Discusión de resultados frente al desempeño ambiental reportado en otras agro cadenas de referencia.</li> <li>○ Diseño de propuestas de mitigación en relación con los puntos críticos identificados.</li> <li>○ Documentación de los resultados de cada etapa</li> </ul>

Fuente: El Autor



## Capítulo 4. Evaluación del desempeño ambiental en la ACAHT

### 4.1. Identificación del origen del producto en la poscosecha

Para la presente evaluación se analizaron en total 35 remisiones de fruta a la Planta de Paltolima, provenientes de fincas localizadas mayoritariamente en los municipios de Herveo y Fresno en el Tolima (ver Tabla 10). Cabe aclarar que en el mes observado y estudiado, ingresó fruta a la Planta proveniente de otros departamentos, pero estas cantidades fueron excluidas del presente estudio.

Tabla 10: Origen de la producción de la fruta analizada, octubre/2019

Código	Fecha	Municipio Origen	Cantidad (Kg)
278	02/10/2019	Villahermosa	902
279	02/10/2019	Villahermosa	2.114
280	02/10/2019	Villahermosa	1.069
281	02/10/2019	Villahermosa	724
282	02/10/2019	Villahermosa	640
283	02/10/2019	Villahermosa	682
284	03/10/2019	Fresno	1.500
285	03/10/2019	Fresno	1.071
286	03/10/2019	Fresno	2.352
288	07/10/2019	Anzoátegui	6.573
289	08/10/2019	Fresno	2.457
290	08/10/2019	Fresno	840
291	08/10/2019	Fresno	1.680
292	08/10/2019	Herveo	2.142
293	08/10/2019	Herveo	3.297
294	09/10/2019	Herveo	1.320
295	09/10/2019	Herveo	4.248
296	10/10/2019	Casabianca	4.248
297	10/10/2019	Casabianca	4.416
298	11/10/2019	Fresno	1.818
299	11/10/2019	Herveo	4.182
300	11/10/2019	Herveo	559
301	12/10/2019	Casabianca	5.440
302	16/10/2019	Casabianca	2.906
303	16/10/2019	Casabianca	2.080
304	16/10/2019	Herveo	5.900
305	16/10/2019	Herveo	5.200
306	17/10/2019	Herveo	4.362
307	18/10/2019	Fresno	1.060
308	18/10/2019	Fresno	2.494
309	18/10/2019	Fresno	300
310	19/10/2019	Herveo	5.789
311	22/10/2019	Herveo	4.440
312	23/10/2019	Ibagué	583
313	24/10/2019	Líbano	3.451

Fuente: Contabilidad F&P.

Con base en la información suministrada por la empresa F&P, se hizo una aproximación geográfica a la ubicación de los lotes, con el ayuda de la herramienta Google Maps® para estimar las distancias de recorrido hasta la Planta (ver Ilustración 7 e Ilustración 8).

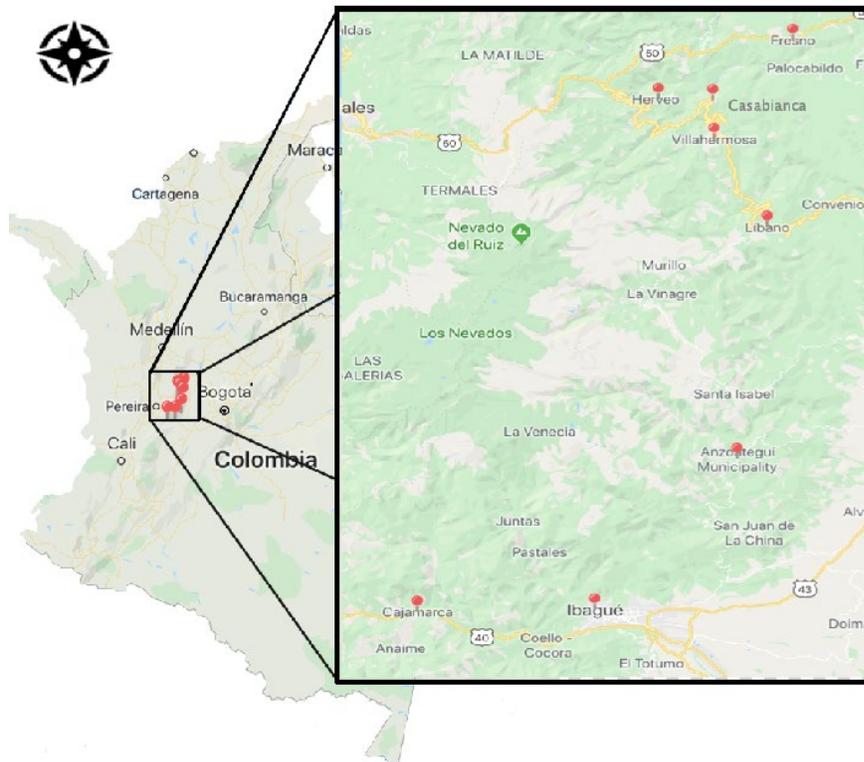


Ilustración 7: Ubicación de las unidades productivas agrícolas UPA  
Fuente: Adaptado de Google maps

#### 4.2. Identificación de los eslabones de la ACAHT en la zona norte, a partir de la labor de poscosecha



Ilustración 8 : Flujo del aguacate hass origen-destino  
Fuente: Contabilidad F&P.



### 4.3. Operaciones logísticas de los eslabones de la agrocadena

El conjunto de operaciones logísticas ocurridas en el proceso poscosecha, durante el periodo de observación, se resumen en la *Ilustración 9*. En buena parte de ellas se involucra mano de obra directa, excepto en el caso de lavado y desinfectado en donde la maquinaria instalada realiza las operaciones de lavado, secado y pesado, para luego pasar a empaque y embalado hasta ubicarse en las zonas de almacenamiento controlado esperando el momento de despacho y traslado a puerto en Cartagena (Dpto. Bolívar). Las condiciones operativas del mes de octubre del año 2019 dentro de la planta obedecieron a 22 operarios/día, 6 administrativos/días, y 15 días de operación.

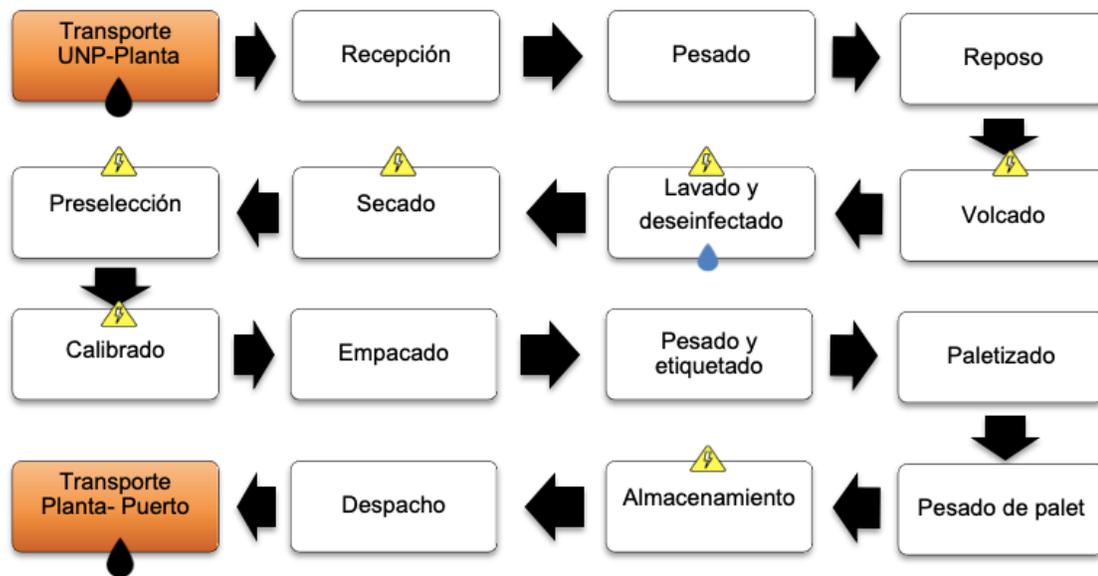


Ilustración 9 : Flujo del aguacate hass en la Planta, al entrar de fincas y salir a puerto  
Fuente: Este estudio

#### 4.3.1. Límites en la medición de la HC & HH

El presente estudio está delimitado a los impactos generados por las operaciones logísticas a partir de la poscosecha hasta el puerto marítimo en el proceso de exportación. De esta manera, en la Tabla 11 y Tabla 12 se resumen las operaciones y los puntos de consulta considerados para la medición de la HC & la HH, respectivamente.



Tabla 11: Alcance de la medición de la Huella de Carbono (HC) en la ACAHT

Eslabón	Operación	Origen de los GEI
Transportadores	Transporte	Emissiones generadas por la combustión de los vehículos
Planta de Selección y Clasificación	Volcado, lavado, secado, preselección, calibrado y almacenamiento	Energía consumida en el proceso de selección y clasificación del aguacate en donde parte de estas actividades se realizan, por la máquina de clasificación.
	Administrativas	Energía consumida dentro los procesos administrativos (Iluminación, ventiladores, aire acondicionado y nevera).

Fuente: El autor.

Tabla 12: Alcance de la medición de la Huella Hídrica (HH) en la ACAHT

Eslabón	Operación	HHA	HHV	HHG	HHIA
UPA	Cosecha	Lavado de fruta	-	-	-
Planta de selección y clasificación	Limpieza de la fruta	Lavado y desinfectado de la fruta	-	-	Consumo de agua por el personal de la planta
	Limpieza de utensilios	Lavado de canastillas	-	-	
	Limpieza de maquinaria	Lavado y desinfectado de maquinaria	-	-	

Fuente: El autor.

#### 4.4. Estimación de la HC Y HH.

De acuerdo a la guía PAS 2050 el primer paso a realizar es la realización del balance de materia de la cantidad en estudio, la cual se puede observar en la *Ilustración 10* donde se muestra el flujo de la fruta con su respectiva composición por salida, así se confirmó el valor para el posterior cálculo de cada indicador. Por otra parte, se consultó por el peso de la fruta ingresada, exportada, descarte y de pérdida reportada en el mes de octubre observada en la *ilustración 11*, también se muestra la participación por municipio, mayormente en municipios del norte del Tolima.

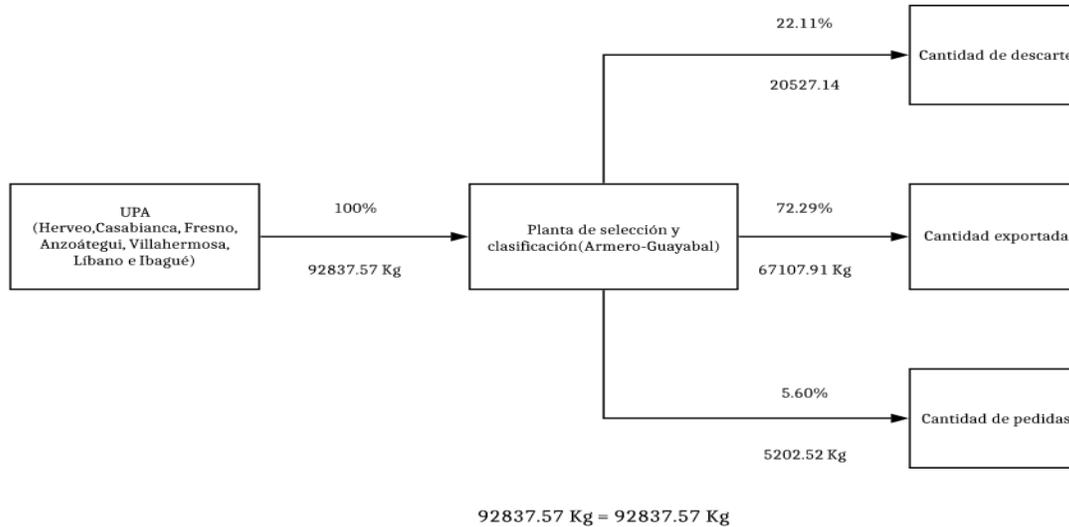


Ilustración 10: Balance de masa en la operación de la Planta.

Fuente: El autor por medio de liquidación mes de octubre, Contabilidad F&P

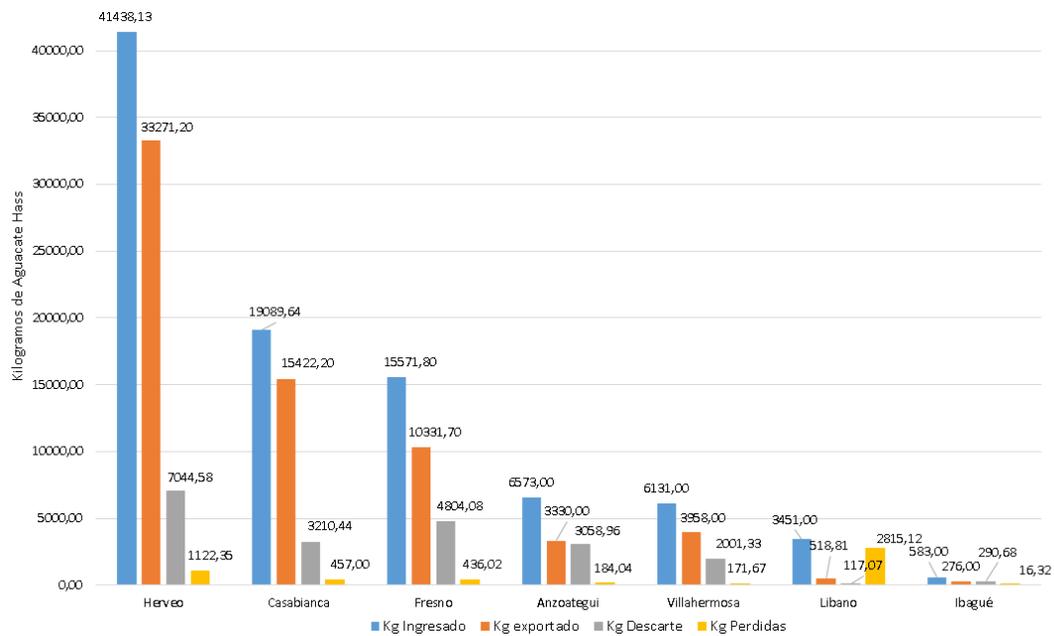


Ilustración 11: Resultados de la operación de la Planta de Clasificación- F&P.

Reporte: octubre 2019

Fuente: Contabilidad F&P.



De forma general se puede indicar que para el mes de octubre del año 2019 se evidenció que la cantidad total de aguacate para exportación fue de 92,84 toneladas, siendo el municipio de Herveo el mayor proveedor con el 44,64% de fruta entrante. Del total procesado, solo el 72,29% cumplió con los estándares para exportación, un 22,11% fue destinado a mercado nacional y un 5,60% correspondió a pérdida de fruta. Las pérdidas obedecieron a un elevado grado de maduración o a deshidratación de la fruta.

#### 4.4.1 Estimación de la Huella de Carbono (HC)

Para el cálculo de la HC se tuvo en cuenta las emisiones por las operaciones logísticas indicadas en la Tabla (Apartado 3), que corresponden a: transporte desde finca a planta, procesamiento en la planta, y transporte desde planta a puerto.

- Transporte: El transporte como operación logística está involucrado en las emisiones de GEI, y el presente estudio dichas emisiones se calculan mediante el los Km recorridos de un punto a otro por parte de los vehículos, de acuerdo con la información suministrada por el operador logístico, se definen los Vehículos automotores utilizados (ver Tabla 13) en el proceso de exportación.

Tabla 13: Especificaciones de los vehículos que transportaron la fruta a nivel nacional

Marca	Línea	Peso Bruto Vehicular (Tn)
Kenworth	T800	26,0
Kenworth	T800	26,0
Chevrolet	FTR	15,0
Chevrolet	C70	12,5
Foton	Aumark	10,5
JAC	1061	7,0
Mitsubishi	Canter hd	6,5
Chevrolet	Nkr2	5,2
Mitsubishi	FE659	4,5
Chevrolet	Nhr	4,1
Chevrolet	NHR 586	3,5

Fuente: El autor.

*Asignación del factor de emisión:* para calcular el presente indicador se hace uso de los parámetros observados en la Tabla 14 para cada vehículo y se le asigna el factor de acuerdo a su Peso Bruto Vehicular (PBV), tipo de combustible y carretera, los cuales se encuentran en la Tabla 4.

*Distancias:* Las distancias se definieron de acuerdo al origen de la fruta, así no se tuvieran las coordenadas exactas se hizo una aproximación desde el municipio origen hasta la planta y posteriormente de la planta al puerto de Cartagena.



*Calculo cantidad de GEI:* En esta parte se hizo el cálculo mediante el producto de la distancia recorrida por el factor de emisión que se asignó anteriormente, se realizó para el  $N_2O$  y  $CH_4$  en donde el valor quedo expresado en mg de  $N_2O$  y  $CH_4$ , Cabe aclarar que esto se realizó para cada recorrido.

*Conversión a  $CO_{2equ}$ :* La finalidad de esta parte es la equivalencia de la cantidad obtenida por cada gas hacia la unidad de  $CO_{2equ}$ , esto con la finalidad de poder realizar la suma de la cantidad de  $N_2O$  y  $CH_4$ .

Se multiplico dicho valor por el potencial de calentamiento global dotados en la Tabla 3 ( $25 CO_{2equ} / KgCH_4$  y  $298 CO_{2equ} / KgN_2O$ ), con este resultado en  $CO_{2equ}$  para cada GEI se realizó la suma y así se obtuvo la cantidad por cada operación de transporte por cada operación.

*Calculo de la HC por cada operación de transporte:* Teniendo la cantidad en  $KgCO_{2equ}$  se procedió a realizar la relación con los Kg de aguacate que se transportó ver la ilustración 12, en donde se explica paso a paso el cálculo de la HC de la primera operación de transporte del presente estudio para los lotes 278 a 283.

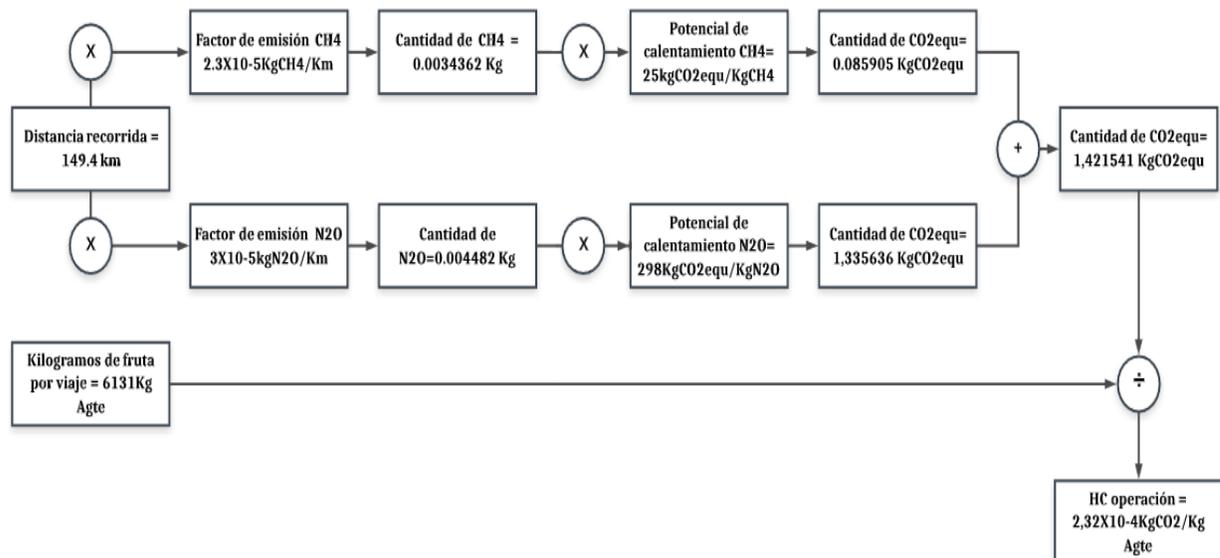


Ilustración 12: HC de una operación de transporte para los lotes 278 a 283

Fuente: El autor.

Teniendo el valor de la HC por cada operación y vehículo, la metodología sugiere suman estos datos con el fin de conocer el valor general, respecto a la operación de transporte. Así mismo, la Tabla 14 muestra la información de una forma más detallada.



Tabla 14: Estimación transporte de fruta desde finca a planta

UPA-Planta de selección y clasificación Armero-Guayabal							
N° Lote	Vehículo	Cantidad Transportada(Kg)	Distancia(Km)	Cantidad de N2O(Kg)	Cantidad de CH4(Kg)	Cantidad de CO2equ (Kg)	HC ( $\frac{\text{Kg CO}_{2\text{eq}}}{\text{Kg Aguacate}}$ )
278-283	CHEVROLET C70	6131	149,4	0,0045	0,0034	1,4215	0,0002
284-286	FOTON AUMARK	4923	88,0	0,0026	0,0020	0,8373	0,0002
288	FOTON AUMARK	6573	165,6	0,0050	0,0038	1,5757	0,0002
289	JAC 1061	2457	88,0	0,0026	0,0020	0,8373	0,0003
290-291	MITSUBISHI CANTER HD	2520	88,0	0,0026	0,0020	0,8373	0,0003
292-293	CHEVROLET C70	5439	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0003
294	CHEVROLET NHR	1320	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0014
295	JAC 1061	4248	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0004
296	JAC 1061	4248	110,8	0,0033	0,0025	1,0543	0,0002
297	FOTON AUMARK	4416	110,8	0,0033	0,0025	1,0543	0,0002
298	CHEVROLET NHR	1818	88,0	0,0026	0,0020	0,8373	0,0005
299-300	FOTON AUMARK	4741	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0004
301	FOTON AUMARK	5440	110,8	0,0033	0,0025	1,0543	0,0002
302	JAC 1061	2906	110,8	0,0033	0,0025	1,0543	0,0004
303	MITSUBISHI FE659	2080	110,8	0,0033	0,0025	1,0543	0,0005
304	CHEVROLET FTR	5900	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0003
305	FOTON AUMARK	5200	59,5	0,0018	0,0014	0,5661	0,0001
306	JAC 1061	4361	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0004
307-309	MITSUBISHI CANTER HD	3854	88,0	0,0026	0,0020	0,8373	0,0002
310	CHEVROLET C70	5789	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0003
311	FOTON AUMARK	4440	192,8	0,0058	0,0044	1,8345	0,0004
312	CHEVROLET NHR 586	583	202,0	0,0061	0,0046	1,9220	0,0033
313	MITSUBISHI CANTER HD	3451	56,4	0,0017	0,0013	0,5366	0,0002
Total						30,1558	0,0111
Planta-Puerto de Cartagena							
278-296	KENWORTH	23000	924	0,0277	0,0647	9,8776	0,0004
297-304	KENWORTH	23000	924	0,0277	0,0647	9,8776	0,0004
305-313	KENWORTH	23000	924	0,0277	0,0647	9,8776	0,0004
Total						29,6327	0,0013
Total General						59,7886	0,0124

Fuente: El autor



Consumo de energía eléctrica dentro de la planta: Gracias al estudio del consumo de energía eléctrica que realizó la empresa F&P (Ver Tabla 15) se pudo definir qué áreas dentro del proceso de clasificación y selección, requieren de energía eléctrica para el óptimo flujo y conservación de la fruta. Como ya se explicó, las emisiones de GEI varían dependiendo el origen de la energía consumida, en este caso la Planta se encuentra en Armero Guayabal, motivo por el cual se usó el factor de emisión dotado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia multiplicado por el consumo dentro de la planta.

*Potencia de las Áreas dentro de la Planta:* Dicho parámetro fue suministrado por la planta F&P, el cual pago por el estudio eléctrico para el año 2019, contratando a la empresa Protolab Electronics, valores que se usaron para el cálculo del consumo.

*Línea de tiempo:* Los parámetros usados para el cálculo fueron los días en los que cada área trabajo, en donde por medio de la liquidación se constata cuantos días trabajaron, y también por la visita técnica se obtuvo que los administrativos tienen un horario de 8 horas por día y los operativos 6 horas por día, este último se debe a que en dicho periodo no se registraron grandes cantidades de aguacate y por este motivo tampoco se hizo uso del pasillo de cuarto de climatización y el cuarto frío 2.

*Consumo y cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>equ:* Para el cálculo de las emisiones primeramente se halla el consumo por cada área, el cual está dado por el producto de la potencia por el tiempo de operación. Teniendo el consumo (Kwh) se realiza la multiplicación por el factor de emisión suministrado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPMEC), específicamente 0,199KgCO<sub>2</sub>/Kwh.

*Calculo HC:* Realizando la suma de los gases producidos por todas las operaciones, se procede a realizar la relación de la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>equ con la unidad funcional en este caso kg de aguacate, para dicho periodo con un valor de 92837.57Kg de esta forma se obtuvo la  $HC\left(\frac{\text{Kg CO}_2\text{equ}}{\text{Kg Aguacate}}\right)$  y el resultado se puede observar en la Tabla 15.

Se observa que dentro de las operaciones los mayores consumos de energía eléctrica dentro de la planta se presentan en el cuarto frío #1, esto se debe a que durante los días de operación estuvo en operación las 24 horas hasta completar la carga a enviar, no obstante, no se hizo uso del pasillo de climatización y el cuarto frío #2 dado que el mes de octubre es considerado temporada baja por lo cual manejan cantidades de fruta pequeñas comparado con la capacidad de procesamiento de la empresa, por esta razón también se tomó el tiempo de operación 6 horas/Día por parte del área operativa y por último se encuentra el área administrativa donde el tiempo de operación son 8 horas/día y su consumo está relacionado al uso de ventiladores, iluminación y aire acondicionado.



Tabla 15: Consumo de energía eléctrica de la Planta

Zona	Potencia KW	Tiempo (Horas/Día)	Tiempo total (Días)	Consumo Kwh	Emisiones CO <sub>2</sub> eq
Pasillo cuarto de climatización	14,28	0	0	0	0
Cuarto frio 2	13,91	0	0	0	0
Cuarto frio 1	13,65	24	15	4.914,0	977,886
Salón de selección	13,63	6	15	1.226,7	244,113
Área Administrativa	5,82	8	15	698,4	138,982
Bodega	1,82	6	15	163,8	32,596
Cafetería	0,72	6	15	64,8	12,895
Almacén de cajas	0,529	6	15	47,6	9,4744
Oficina de control	0,442	6	15	39,8	7,9162
Total				7.155,19	1.423,863
HC					0,01533

Fuente: El autor con información de Suministrada por F&P y Protolab Electronics

#### *Estimación de la HC en la labor logística de poscosecha en la ACAHT*

Los previos cálculos sugieren que el 96% de CO<sub>2</sub> es producido por la labor de Clasificación y selección en la Planta, seguidos en menor grado por la labor de transporte de fruta desde fincas a la Planta (2%) y luego de contenedores desde la Planta hasta el puerto (2%). De esta manera, haciendo uso de la EC1 con los Kg de CO<sub>2</sub>-eq se procede relacionar cada operación realizada con su respectiva cantidad y posteriormente la suma en donde se obtuvo como resultado para cada una de las operaciones su HC. El consolidado de cálculos evidencia que gran parte de la cantidad en Kg de CO<sub>2</sub>-eq es originario de la clasificación y selección de la fruta (ver Tabla 16).

Tabla 16: Huella de carbono de las operaciones

Operación		%CO <sub>2</sub>	HC ( $\frac{\text{Kg CO}_{2\text{eq}}}{\text{Kg Aguacate}}$ )
Transporte	UPA-Planta	2%	0,011
	Planta-Puerto	2%	0,001
Clasificación y selección		96%	0,015
Total			0,027

Fuente: el autor.

#### **4.4.2 Estimación de la Huella hídrica**

Para el cálculo, se definieron los procesos u operaciones logísticas del agrocadena (ver ilustración 9) relacionadas con algún consumo y uso de agua para el mes de octubre de 2019, cabe destacar que la huella hídrica indirecta azul se incluye en el estudio, la cual se ve reflejada por el uso de los baños por parte de los operarios y personal administrativo de la planta, así mismo toda la



información se encuentra en la Tabla 17, para el cálculo y las fuentes fueron el auxiliar administrativo y las respectivas visitas realizadas a la planta.

Tabla 17: Información para el cálculo de la HH

Concepto	Unidad	Tipo de Huella	Fuente de información
Prelavado	m <sup>3</sup> /Kg	Huella Hídrica directa Azul	○ Auxiliar administrativo y logístico Planta F&P
○ Lavado y desinfectado, ○ Baños ○ Lavado de maquina ○ Lavado de canastillas ○ Prelavado	m <sup>3</sup> /Kg	Huella Hídrica directa Azul Huella Hídrica indirecta Azul.	○ Auxiliar administrativo y logístico Planta F&P. ○ Encuesta realizada a cada uno de los operarios y administrativos de la planta (ver Anexo D). ○ Visitas a la planta de selección y clasificación para el caudal promedio de los lavamanos y litros por descarga de los inodoros.

Fuente: El autor

*Prelavado:* en la operación de prelavado se hace una inmersión con *prochrolaz* a cada uno de los lotes que se transportó el mes de octubre, en donde se usó 100 litros de agua azul en la UPA y 1 litro de dicho químico por lote, esto se hizo con el fin de destruir los hongos o parásitos que afectan la calidad de la fruta.

*Lavado y desinfectado:* esta operación se presenta dentro de la planta de selección y clasificación en donde se recopiló la información de acuerdo a las visitas técnicas y por medio del auxiliar administrativo de la planta, aquí se presenta el uso de la máquina de selección y clasificación en donde el aguacate es sumergido en un tanque de 2260 litros de agua y a los cuales se le aplica 1 litro de ácido peracético. En el presente estudio se hizo el cálculo mediante el uso diario de la cantidad antes mencionada, en donde se recibieron lotes de aguacate que se clasifican y seleccionan el mismo día y corresponden a 15 días, ósea aproximadamente 15 veces se hizo uso de la cantidad de agua necesaria para el lavado.

*Baños operarios y personal administrativo:* se decidió incluir este volumen en el estudio, con el fin de generar más exactitud a la evaluación, se realizó una encuesta con el fin de recopilar información relacionada con la frecuencia de uso del lavamanos e inodoro durante el día, de esta manera se calcula el volumen usado con el caudal del lavamanos con un valor aproximado de  $0.066 \frac{l}{s}$  y volumen de descarga de inodoro con un valor de  $4.8 \frac{Litros}{Descarga}$ , como se muestra en la Ilustración



13 donde se calcula el volumen de agua azul usada por un operario por el uso del lavamanos e inodoro respectivamente.

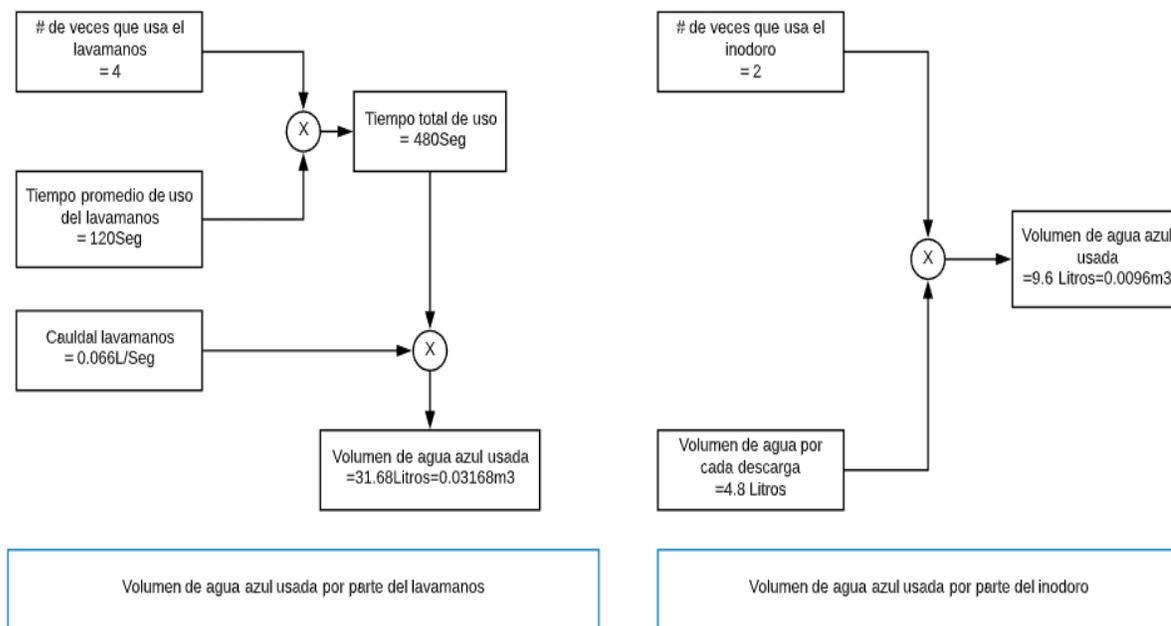


Ilustración 13: Cálculo del agua usada en los baños de la planta por parte del personal

Fuente: El autor.

Para este cálculo se tuvo en cuenta un formulario (Anexo D) que se implementó en la visita técnica, en donde se realizaron preguntas con el fin de saber el consumo dentro de la planta por parte de los operarios y personal administrativo, realizando los cálculos con la información recolectada, se obtuvo un valor  $21,66\text{m}^3$  de agua azul usados para el mes de octubre por las necesidades de limpieza y fisiológicas del personal dentro de la planta.

Por otra parte, se genera otro uso de agua en las labores de limpieza del tanque que surte al proceso de lavado y desinfectado con un valor de  $7,5\text{m}^3$  /mes, en cuanto a las otras variables observar la Tabla 18. Teniendo el respectivo volumen de agua azul usado por operaciones se procede a realizar la relación con la cantidad de aguacate, en donde todas las operaciones en este caso se hizo uso de 92837.57 Kg.

- Análisis del uso de agua dentro de la planta y HH.

Al establecer los cálculos del volumen de agua y su relación con la cantidad de fruto de aguacate que se seleccionó y clasificó el mes de octubre de 2019, tal como lo deja ver la Ilustración 15, los mayores consumos ocurren en la labor de lavado y desinfectado de fruta luego de pasar por la zona de recibo (47,70%) seguido del uso de los baños (30,48%) por parte del personal técnico y administrativo, para un consumo total estimado de  $71,0621\text{m}^3$ /mes.



De esta manera, haciendo uso de la EC2 con los m<sup>3</sup> se procede relacionar cada operación realizada con la cantidad de 92.837,57kg de aguacate procesadas en mes de estudio, y de esta manera se obtuvo par cada una de las operaciones la HH, tal como se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18: HH de las operaciones logísticas en la Planta

Operaciones	Volumen diario ( $\frac{m^3 \text{ Agua}}{\text{Día}}$ )	Tiempo ( $\frac{\text{Día}}{\text{Mes}}$ )	Volumen mensual ( $\frac{m^3 \text{ Agua}}{\text{Mes}}$ )	% Mensual	HH ( $\frac{m^3 \text{ Agua}}{\text{Kg Aguacate}}$ )	HH ( $\frac{m^3 \text{ Agua}}{\text{Ton Aguacate}}$ )
Lavado y desinfectado	2,26	15	33,90	47,70%	0,000365	0,365154
Baños	1,44	15	21,6	30,48%	0,000233	0,233333
Lavado maquinaria	0,50	15	7,50	10,55%	0,000081	0,080786
Lavado canastillas	0,30	15	4,50	6,33%	0,000048	0,048472
Prelavado	0,10	23	3,50	4,33%	0,000038	0,037700
Total				100,00%	0,000765	0,765445

Fuente: El autor.

Finalmente, se adelanta un análisis de sostenibilidad de este recurso para la Planta, tomando como base la herramienta “*Aquetuc Water Risk Atlas*”. Con esta se facilitó obtener información sobre el riesgo de escases de agua en la zona del municipio de Armero Guayabal (ver Ilustración 14). De acuerdo con lo reportado por la herramienta, el municipio de Armero Guayabal, tiene riesgo medio de escases de agua (valor 40% y 60%). Ante esta realidad, es de indicar que no se presentan situaciones críticas de provisión de agua en la zona de procesamiento, por lo tanto las operaciones en la Planta de selección y clasificación del aguacate hass en el norte del Tolima, no tienen alto riesgo de verse afectada por el desabastecimiento de agua.

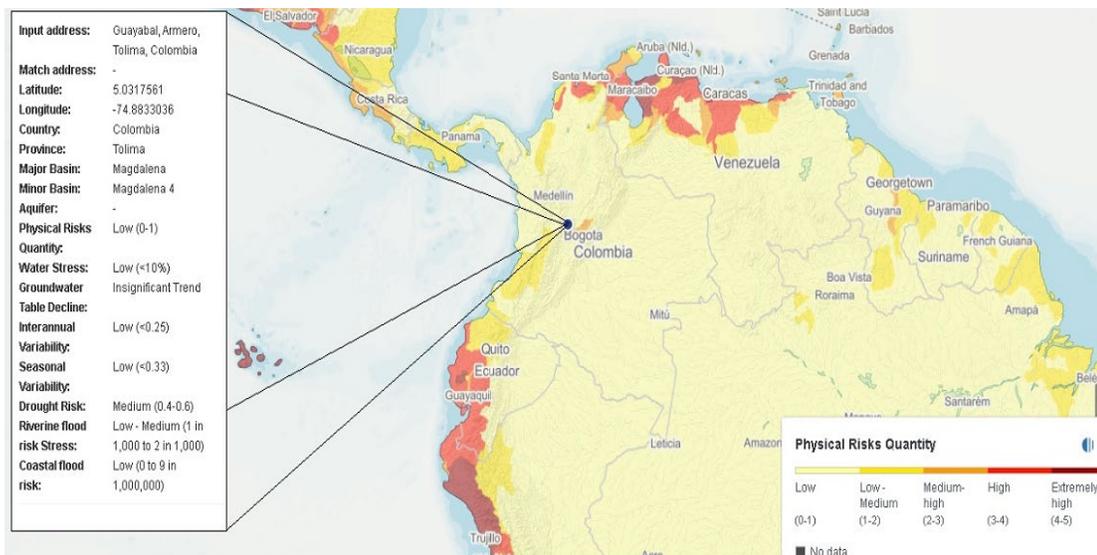


Ilustración 14: Riesgo físico Armero, Guayabal  
 Fuente: “*Aquetuc Water Risk Atlas*” (World Resources Institute , 2014)



#### 4.5. Discusión y confrontación de los indicadores estimados

Las estimaciones de la HC y HH para la ACAHT se precisan analizar frente a los referentes de consumo reportados a nivel país y a nivel de otros países productores de aguacate hass como: Chile, México y Perú

##### 4.5.1 Comparación de la Huella de carbono.

Si bien hay limitaciones en los procedimientos metodológicos (Alcance, unidad funcional y fuentes de información) utilizados para el cálculo de la HC, algunos estudios proveen reportes que son riqueza para analizar la posición competitiva del aguacate hass que se produce en el Tolima. A nivel de poscosecha, el estudio adelantado en Chile (Huiza, 2014) ofrece un valor de referencia, aunque éste no es del todo comparable en tanto la medición en Chile extiende el cómputo hasta la producción de insumos, y en el caso del proceso de *packing*, la labor analizada utilizaba combustible fósil, mientras que en el Tolima es proceso usa energía eléctrica como se observa seguidamente:

Tabla 19: HC de las operaciones logísticas del aguacate caso Colombia y Chile

País	Operación	HC	Total
Colombia	Planta(Packing)	0,013	0,025
	Transporte Nacional	0.012	
Chile	Packing	0,029	0,078
	Transporte Nacional	0,043	

Fuente: El autor y (Huiza, 2014)

Si a lo anterior se suman el tramo de transporte marítimo, por ejemplo, a países destino como España y Reino unido, el cómputo apoyado en los indicadores que provee Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (en inglés GHG Protocol), considerando las distancias de recorrido, pero manteniendo constante el mismo tipo de carguero marítimo, revela que Colombia produce menos GEI seguido respectivamente de México, Perú y Chile (ver Tabla 20 e Ilustración 17).

*Factor de emisión:* para dicho parámetro se hizo uso del suministrado por GHG protocol, el cual se encuentra en unidades del sistema americano, las cuales posteriormente se convirtieron de acuerdo a las disposiciones del Sistema Internacional de Unidades para la realización del cálculo.

*Distancia y duración:* El presente valor se halló gracias a la herramienta digital Sea rates (Sea Rates LLC, 2005) , donde muestra el recorrido de los barcos desde su origen hasta su destino de una forma muy práctica. Ente tanto la duración es suministrada por la misma herramienta la cual usa una velocidad promedio de 19Knots, en donde 1 Knot equivale a 1.852Km/Hora.

*Emisiones:* Se realizó por cada puerto origen y destino, en donde se multiplico la distancia recorrida por el factor de emisión, en donde el valor queda expresado en  $\frac{KgCo_2}{Kg}$ .



Tabla 20: Emisiones Transporte Marítimo

Factor de Emisión por GHG protocol					
Sistema Americano	$0.048 \frac{KgCo_2}{Short\ tone * Mile}$	Sistema Internacional	$3,287 \times 10^{-5} \frac{KgCo_2}{Kg * Km}$		
País	Puerto	Destino	Distancia(Km)	Duración	Emisiones $\frac{KgCo_2}{Kg}$
Chile, Valparaíso	Puerto de Valparaíso	Felictowe, Reino unido	13709,1	16 y 6 horas	0,45
		Puerto de Valencia, España	13772,98	16 y 7 horas	0,45
Perú, Callao	Puerto del Callao	Felictowe, Reino unido	11328,63	13 y 10 horas	0,37
		Puerto de Valencia, España	11332,72	13 y 10 horas	0,37
México, Veracruz	Puerto de Veracruz	Felictowe, Reino unido	9237,76	10 y 23 horas	0,30
		Puerto de Valencia, España	9609,42	11 y 9 horas	0,32
Colombia, Cartagena	Muelles El Bosque	Felictowe, Reino unido	8353,44	9 y 21 horas	0,27
		Puerto de Valencia, España	8316,04	9 y 20 horas	0,27

Fuente: El autor basado en "Distancias y velocidad" (Sea Rates LLC, 2005) y "Emission Factors cross sector tools" (GHG protocol org, 2017)



Ilustración 15: Discusión transporte marítimo de la fruta

Fuente: El autor con el apoyo de la plataforma digital Sea rates (Sea Rates LLC, 2005)



#### 4.5.2. Comparación de la Huella Hídrica

Para el presente indicador se obtuvo información de la fase de cultivo con el fin de generar un análisis en dicha etapa de la fruta, la información fue obtenida por lo contenido en el documento: *“The Green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products”* (Mekonnen & Hoekstra, 2010). En éste se reporta la huella hídrica azul, gris y verde de los cultivos de diferentes frutas a nivel global, en ellos, el consumo de agua azul y verde de los cultivos del aguacate de los países seleccionados, cabe recalcar que la fuente no hace referencia explícita a la variedad hass, de igual forma sirve como una aproximación. Aunque no desagrega por el componente propio a la labor de poscosecha de la fruta, la Tabla 21 se presenta con el fin de poder realizar un contraste del aguacate como un plus, dado que esta aporta a los objetivos del proyecto marco en el desarrollo de ventajas competitivas.

Tabla 21: HH de los cultivos de aguacate por país – período 1996-2005

Código FAO	País	Área (Ha)	HH m <sup>3</sup> Ton <sup>-1</sup>			
			HHA	HHV	HHG	Total
572	México	103.119	239,43	672,92	89,39	1.001,74
	Chile	26.700	91,59	91,53	23,01	206,13
	Colombia	16.108	1,06	126,59	0,17	127,82
	Perú	11.762	29,50	53,98	6,97	90,45

Fuente: Adaptado de (Mekonnen & Hoekstra, 2010)



Ilustración 16 : Composición de la HH por país

Fuente: Adaptado de (Mekonnen & Hoekstra, 2010)

Como lo sugiere la Tabla 21 y la Ilustración 18, la relación área y consumo son directamente proporcionales. Las variaciones en el volumen de agua azul y agua verde requerida en la etapa de cultivo se deben a las diferentes condiciones climáticas de cada país. En el caso de Colombia, el consumo o uso de agua verde es mucho mayor que el agua azul. Es claro que la composición de la HH varía por cada país; un claro ejemplo de esto es el caso de Colombia frente al de Chile, mientras Chile tiene un mayor consumo de agua azul por sistemas de producción intensivos en riego que se



nutre de una cuenca de río como fuente hídrica, en Colombia el mayor consumo de agua es de tipo verde, gracias a la presencia regular de aguas lluvias o precipitaciones que se presentan en las zonas de cultivo.

A nivel de poscosecha, la comparación resulta limitada. Sólo el estudio adelantado por Falconi (2019) para el caso del Perú, hace referencia a una HH de 0,53 m<sup>3</sup>/Ton considerando los consumos directos por procesamiento poscosecha. Este valor frente al valor obtenido en este estudio, estimado en 0.76 m<sup>3</sup>/Ton, contrasta pero no resulta del todo comparable, en tanto en el caso del Tolima el cálculo fue más riguroso al incluirse el consumo de agua (Indirecta) por uso de la parte operativa y administrativa de la planta en los baños en la Planta, y el consumo en las fincas por prelavado de fruta y el lavado de las canastillas donde se transporta la fruta.



## Capítulo 5: Conclusiones & Recomendaciones

### Conclusiones

Se pudo evidenciar que la HC y la HH, son indicadores que últimamente ha estado tomando importancia, dado que se genera información fundamental para que las empresas u organizaciones aseguren sus procesos y generen propuestas de mitigación de los GEI y uso eficiente de agua, esto con el fin de incursionar o permanecer en un mercado tan competitivo como es el internacional.

Dentro el presente estudio se pudo comprender la importancia de las fuentes de información, alcance, procesos y fuentes de información que se incluyen, dado que, si se quiere realizar un contraste con otro estudio, es necesario verificar cada aspecto antes mencionado, motivo por el cual puede ser muy complejo realizar un análisis comparativo de estudios realizados.

El uso de agua para necesidades del personal dentro de la planta es un volumen grande y el cual se tiene que empezar a controlar mediante estrategias que impliquen un mejor manejo del recurso hídrico, es en donde se comprende que el tema de la HH tiene que estar en completo balance no solo con las operaciones implicadas directamente con la fruta sino también las que están indirectamente relacionadas.

Las emisiones por transporte internacional son menores debido a la geo posición en donde Colombia se encuentra más cerca al mercado europeo, seguidamente se encuentra México, Perú y por ultimo Chile con la mayor distancia, por ende, es el que produce más GEI en dicha operación.

La etapa productiva de la fruta influye mucho en el impacto relacionado con la HH, esto se debe a su composición en este caso la HH azul, HH verde y HH gris, las cuales presentan variaciones por cada país. No obstante, el cambio climático, puede afectar, es por esto que las organizaciones y los entes gubernamentales deben estar realizando propuestas y trabajando de la mano para el aseguramiento de los procesos enfocados hacia un desarrollo sostenible. Así mismo se comprende el uso de agua en donde el aguacate colombiano se encuentra con un alto volumen de Agua tipo verde en comparación con los valores de México, Chile y Perú.

### Recomendaciones

Teniendo en cuenta los puntos críticos identificados para la generación de HC durante la poscosecha del ACAHT, relacionados mayoritariamente con la labor de selección y clasificación en planta (emisiones por consumo de energía) seguidos de las labores de transporte (emisiones por combustión), se formulan las siguientes propuestas para reducir el impacto de la HC:



- Valorar la posibilidad del uso de paneles solares para la recolección de energía fotovoltaica, aprovechando la alta exposición al sol y las altas temperaturas que están presentes casi todo el año en Armero Guayabal.
- Privilegiar la contratación de conductores que tengan vehículos automotores con tecnología que involucre una mayor eficiencia en cuanto al consumo de combustible por distancia recorrida, a incorporar un registro histórico de su desempeño en la prestación de cada servicio que se les contrate.
- Mejorar las relaciones comerciales con los productores, para involucrarlos a ellos en acciones conjuntas que faciliten la planificación de rutas para mayor eficiencia energética en las labores de transporte desde finca.
- Crear programas conjuntos con los operadores logísticos, para hacer una eficiente planificación de la distribución de carga desde la Planta a puerto, y así optimizar los tiempos de cargue en Planta, transporte en ruta y descargue en Puerto.
- Capacitar a los conductores en las buenas prácticas logísticas y en las buenas prácticas en la conducción (material de referencia (Noel S.A.S, 2013)).

De igual manera, a partir de los puntos críticos identificados para la generación de HH durante la poscosecha de fruta en la ACAHT, especialmente causada por las labores de lavado y desinfección de la fruta, seguido del uso de baterías sanitarias en la Planta de clasificación, se formulan las siguientes acciones para reducir el impacto de la HH:

- Reusar el agua utilizada para lavar la fruta y canastillas dentro de la Planta, una vez que tenga un tratamiento para poder ser reutilizada en la descarga de batería de baños.
- Fortalecer la conciencia en los trabajadores de la Planta para el uso racional del agua, con la difusión de campañas y talleres en donde se explique la importancia del ahorro del agua y demás implicaciones.
- Incentivar en los productores agrícolas que proveen la fruta, el establecimiento de prácticas en finca como la recolección y aprovechamiento de las aguas lluvias, que una vez pre-tratadas pueden utilizarse en la limpieza de canastillas de recolección y transporte.

### **Limitaciones del estudio**

Este estudio presenta una limitación en el cálculo de la HH en poscosecha, en tanto la huella directa gris proveniente de la carga contaminante generada por los vertimientos de la Planta no fue medida, en tanto su análisis y estimación demanda un estudio técnico particular y especializado. De otro lado, la discusión de resultados obtenida frente a otros productores en otras regiones del país o en otros países fue limitada, en tanto son pocos estudios respecto al desempeño ambiental de la producción de aguacate hass, por medio de la HC Y HH, lo cual hizo limitada la comparación.



## Referencias bibliográficas

- Alfsen, K., & Sæbø, H. (1993). *Environmental Quality Indicators: Background, Principles and Examples from Norway*. Kluwer Academic Publishers, 416.
- Asohofrucol. (2018). *Los amigos del Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola: Informe de gestión*. Obtenido de <http://www.asohofrucol.com.co/>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro. Quinta edición*. México: Pearson Educación.
- Banco Mundial. (2014). *Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales)*. Obtenido de Datos Banco Mundial : [datos.bancomundial.org](http://datos.bancomundial.org)
- BBC. (7 de Agosto de 2019). *Por qué se ha disparado el precio del aguacate y hasta cuándo seguirá subiendo*. Obtenido de Bbc, News mundo.: [www.bbc.com](http://www.bbc.com)
- British Standards Institution. (2008). *Guide to PAS 2050 How to assess the carbon footprint of goods and services*. Reino Unido: The Charlesworth Group.
- Brovia, L., Sanjuán, N., & Clemente, G. (29 de Octubre de 2015). *Evaluación ambiental del tratamiento poscosecha de clementina- Huella de carbono*. Obtenido de Riunet Universitat Politècnica de València: [riunet.upv.es](http://riunet.upv.es)
- BSI. (2011). *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. Obtenido de SHOP BSI GROUP: [shop.bsigroup.com](http://shop.bsigroup.com)
- Carbon Trust, Defra & BSI. (2008). *The Guide to PAS 2050 : How to assess the carbon footprint of goods and services*. London: BSI.
- Castelli, L., Herrero, A., & Arevalo, D. (2014). *Calculo Huella Hídrica*. Obtenido de Huella Hidrica org: [www.huellahidrica.org](http://www.huellahidrica.org)
- CEPAL. (11 de 2012). *Huella de carbono y exportaciones*. Obtenido de Repositorio.cepal.org: [repositorio.cepal.org](http://repositorio.cepal.org)
- Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. Pitman publishing.
- Donoso, G., Blanco, E., Franco, G., & Lira, J. (2015). *Water footprints and irrigated agricultural sustainability: the case of Chile*. *International Journal of Water Resources Development*, 738-748.
- Enginyers Agrònoms de Catalunya. (28 de 12 de 2010). *Cálculo y verificación de la huella de carbono en productos agroalimentarios*. Obtenido de Agrònoms web site : <https://www.agronoms.cat>
- FAO. (2005). *FAOSTAT-Crops*. Obtenido de FAO Web site: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- FAO. (2006). *¿Qué demandan los consumidores?* Obtenido de FAO web site : [www.fao.org](http://www.fao.org)
- FAO. (2007). *Agro- industrial supply chain management: concepts and applications*. Obtenido de FAO web site : [www.fao.org](http://www.fao.org)
- FAO. (2009). *Foro de Alto Nivel de Expertos: Cómo alimentar el mundo en 2050*. Roma: FAO.
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*. Obtenido de Repositorio cepal: [www.repositorio.cepal.org](http://www.repositorio.cepal.org)
- GHG protocol org. (Marzo de 2017). *Emission Factors from sector tools*. Obtenido de [ghgprotocol.org](http://ghgprotocol.org): [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water Footprint Assessment Manual : Setting the Global Standar*. UK: Taylor & Francis.
- Huiza, F. (2014). *Calculo de la Huella de Carbono de la producción de paltas, Tesis de pregrado, Ingeniería de Recursos Naturales Renovables*. Obtenido de [repositorio.uchile.cl](http://repositorio.uchile.cl): <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148058>
- Ingwersen, W. W. (2012). *Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica*. *Journal of Cleaner Production*.
- Instituto Forestal. (Enero de 2011). *El cambio climático los bosques y la silvicultura*. Obtenido de [researchgate](http://researchgate.net) web site : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)



- IPCC. (2006). *Combustión móvil*. Obtenido de Intergovernmental Panel Climate Change web site: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014- Informe de síntesis*. Obtenido de IPCC web site: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- Iriarte, A., Villalobos, P., Yañez, P., & Huenchuleo, C. (2013). Modeling carbon footprint of the Chilean apple. *Argentina. Proceedings of the Vth International Conference on Life Cycle Assessment*.
- ISO. (2014). *ISO 14046. Environmental Management. Water Footprint. Principles, requirements and guidelines*. Obtenido de ISO Web site : [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Lakovou, E., Vlachos, D., Achillas, C., & Anastasiadis, F. (2014). Design of sustainable supply chains for the agrifood sector.
- Linares Castillo, L. M., & Melo Rojas, L. (2015). *Evaluación de la huella hídrica del cultivo de fresa en una finca del municipio de Sibaté, Tesis de pregrado, Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. Obtenido de Repositorio de la salle web site : [www.repository.lasalle.edu.co](http://www.repository.lasalle.edu.co)
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (December de 2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products Volume 2: Appendices*. Obtenido de Water Footprint web site : [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)
- Ministerio de Agricultura. (Septiembre de 2018). *Cadena de Aguacate: Indicadores e Instrumentos*. Obtenido de Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas : [www.sioc.minagricultura.gov.co](http://www.sioc.minagricultura.gov.co)
- Ministerio de Agricultura. (2 de Diciembre de 2019). *"Iniciamos la primera exportación de aguacate hass a China": Ministro Andres Valencia*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ministerio de Agricultura. (26 de 09 de 2019). *Ya somos el cuarto productor de aguacate del mundo y tenemos todo para convertirnos en grandes exportadores: ministro Valencia*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/>
- Noel S.A.S. (Febrero de 2013). *Manual Transporte Limpio* . Obtenido de Asociación Nacional de Empresarios de Colombia Web site : [www.andi.com.co](http://www.andi.com.co)
- Observatorio de la sostenibilidad en España. (Junio de 2013). *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para hoteles*. Obtenido de Comunidad Instituto Superior del Medio Ambiente web site : [www.comunidadism.es](http://www.comunidadism.es)
- ONU. (2003). *XIV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente: Indicadores Ambientales*. Obtenido de Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente Web site: [www.pnuma.org](http://www.pnuma.org)
- Oxfam. (June de 2012). *Climate Change Risks and Supply Chain Responsibility*. Obtenido de oxfam web site : [www.oxfam.org](http://www.oxfam.org)
- Peña, Y., Nieto, P. A., & Diaz, F. (2008). *Cadenas de valor: un enfoque para las agro cadenas*. Obtenido de Researchweb: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)
- Revista Dinero. (30 de Marzo de 2017). *Aguacate: el oro verde de la economía colombiana*. Obtenido de Dinero Web site: [/www.dinero.com](http://www.dinero.com)
- Robertson, K., Garnham, M., & Symes, W. (2014). Life cycle carbon footprint of the packaging and transport of New Zealand kiwifruit. *Int J Life Cycle Assess*, 1693-1704.
- Rodas Samayoa, S. G. (2014). *Estimación y Gestión de la Huella de Carbono del Campus Central*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Rodriguez, M., Mance, H., Barrera, X., & Garcia, C. (10 de Noviembre de 2015). *Libro: Cambio climático, lo que está en juego*. Obtenido de WFF web site : [www.wwf.panda.org](http://www.wwf.panda.org)
- Rojas Falconi, C. L. (2019). *Huella Hídrica en la obtención de Palta(Persea americana) variedad hass para exportación, Tesis pregrado, Ingeniería Agroindustrial*. Obtenido de Biblioteca Digital Universidad de Trujillo: [www.dspace.unitru.edu.pe](http://www.dspace.unitru.edu.pe)
- Santander Mercado, A., Amaya Leal, J., Viloria Núñez, C., Saavedra Antolinez, I., González Solano, F., Romero Rodríguez, D., . . . Ariza Aguilar, R. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte .
- Schaltegger, S., & Wagner, M. (2006). *Managing the business case for sustainability : The integration of social , environmental and economic performance*. Sheffield: Greenleaf.
- Sea Rates LLC. (2005). *Distancias y Tiempo* . Obtenido de Searates web site : <https://www.searates.com/es/>



- Sen, S. (2009). Linking green supply chain management and shareholder value creation. *The UPI Journal of Supply Chain Management*, Vol.VI,pp. 95-109.
- Slone, R., Dittman, P., & Mentzer, J. (2012). *Transformando la cadena de suministro: Innovando para la creación de valor en todos los procesos críticos*. España: Profit.
- Svanes, E., & Aronsson, A. (2013). Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain. *Int J Life Cycle Assess*, 1450-1464.
- Tsolakis, N., Keramydas, C., Toka, A., Aidonis, D., & Lakovou, E. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Science Direct*, 47-64.
- UPME. (Julio de 2003). *Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos* . Obtenido de Unidad de Planeación Minero Energetica de Colombia web site : [www.bdigital.upme.gov.co](http://www.bdigital.upme.gov.co)
- UPME. (2015). *calculadora Fecoc 2016*. Obtenido de Unidad de Planeación Minero Energetica de Colombia web site: [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)
- World Resources Institute . (2014). *Aqueduct*. Obtenido de wri web site : [www.wri.org](http://www.wri.org)
- World Resources Institute. (2015). *The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. Obtenido de The Green House Gas Protocol Web site : [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)



## A. Anexo: Producción octubre 2019, PalTolima F&P

MUNICIPIO	KILO INGRESADO	KILO EXPORTADO	DESCARTE
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	902	448	428,74
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	2114	1286	768,81
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	1069	804	235,07
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	724	530	173,73
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	640	448	174,08
VIIILA HERMOSA-TOLIMA	682	442	220,9
FRESNO-TOLIMA	1500	772	686
FRESNO-TOLIMA	1071	686	355,01
FRESNO-TOLIMA	2352	1632	654,14
ARMENIA	2740	2320	343,28
ANZOATEGUI	6573	3330	3058,96
FRESNO-TOLIMA	2457	1490	898,2
FRESNO-TOLIMA	840	630	186,48
FRESNO-TOLIMA	1680	1080	552,96
HERVEO-TOLIMA	2142	1410	672,02
HERVEO-TOLIMA	3297	2750	454,68
HERVEO-TOLIMA	1320	1120	163,04
HERVEO-TOLIMA	4248,04	2640	1489,09
CASABIANCA-TOLIMA	4247,96	3270	893
CASABIANCA-TOLIMA	4415,8	3660	632,16
FRESNO-TOLIMA	1818	1330	437,1
HERVEO-TOLIMA	4182	3360	738,36
HERVEO-TOLIMA	559,05	404,2	143,67
CASABIANCA-TOLIMA	5440	4562,3	768,9
CASABIANCA-TOLIMA	2905,88	2519,1	305,42
CASABIANCA-TOLIMA	2080	1410,8	610,96
HERVEO-TOLIMA	5900	5344,1	390,7
PADUA-TOLIMA	5200	4341,1	713,3
HERVEO-TOLIMA	4361,36	3839,9	399,34
FRESNO-TOLIMA	1060	886,2	144,12
FRESNO-TOLIMA	2493,8	1663,8	760,17
FRESNO-TOLIMA	300	161,7	129,9
HERVEO-TOLIMA	5788,68	4906,9	719,7
HERVEO-TOLIMA	4440	3155	1160,68
IBAGUE-TOLIMA	583	276	290,68
CONVENIO-TOLIMA	3451	2794,7	587,28
FRESNO-TOLIMA	1578,5	1311,7	222,6
FRESNO-TOLIMA	1139	847,1	260,01
FRESNO-TOLIMA	1448	959,7	447,76
SUBIA-CUNDINAMARCA	1438,25	1173,5	224,48
RISARALDA	5067,5	3533,1	1433,05
HERVEO-TOLIMA	1992	1495,3	456,86

Fuente: Contabilidad F&P



## B. Anexo: Variables medidas para el cálculo de la HC en la ACAHT

HC			
Operación	Variable o concepto	Unidad	Fuente
Selección y Clasificación	Cantidad procesada	kg	Visita técnica-Auxiliar administrativo
	Tiempo de operación mes de octubre	Horas	Liquidación mes de octubre
	Potencia	Kw	Protolabs electronics
	Consumo	Kwh	producto de la potencia por el tiempo de operación
	Factor de Emisión energía	Kg CO <sub>2-eq</sub> /KWh	Unidad de Planeación Minero Energética
	Emisiones Co2eq	Kg CO <sub>2-eq</sub>	Producto del Factor de emisiones de energía por el consumo
	HC	Kg CO <sub>2-eq</sub> /Kg	Relación de las emisiones de Co2eq por la cantidad procesada
Combustión móvil	Tipo de vehículo	-	Auxiliar administrativo
	Peso bruto vehicular PBV	Tn	Ficha técnica del vehículo
	Cantidad Transportada	Kg	Liquidación mes de octubre
	Factor de emisión combustión (N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> )	Mg GEI /Km	Asignación de acuerdo a las disposiciones del IPCC
	Distancia	km	Google maps®
	Emisiones	Kg	Producto del factor de emisión asignado por la distancia
	Potencial de calentamiento(N <sub>2</sub> O y CH <sub>4</sub> )	Kg CO <sub>2-eq</sub> /Kg GEI	Asignación de la equivalencia de acuerdo al GEI, IPCC
	Emisiones Co2eq	Kg CO <sub>2-eq</sub>	Producto del valor de potencial de calentamiento por las emisiones
	HC/operación	Kg CO <sub>2-eq</sub> /Kg	Relación de las emisiones de Co2eq por la cantidad transportada
HC total		Kg CO <sub>2-eq</sub> /Kg	Sumatoria de la HC de cada operación

Fuente: El autor



### C. Anexo: Variables medidas para el cálculo de la HH en la ACAHT

HH			
Operación	Variable o concepto	Unidad	Fuente
Cosecha	Volumen de agua usado en el prelavado	m <sup>3</sup>	Visita técnica-Auxiliar administrativo
	Cantidad de fruta pre lavada	Kg	Liquidación mes de octubre
	Tiempo de operación	Días	Liquidación mes de octubre
	Volumen total	m <sup>3</sup>	Producto del volumen diario por los días de operación
Limpieza de la fruta	Volumen de agua usado en lavado y desinfectado	m <sup>3</sup>	Visita técnica-Auxiliar administrativo
	Cantidad de fruta lavada y desinfectada	Kg	Liquidación mes de octubre
	Tiempo de operación	Días	Liquidación mes de octubre
	Volumen total	m <sup>3</sup>	Producto del volumen diario por los días de operación
Limpieza de utensilios	Volumen de agua usado en lavado de canastillas	m <sup>3</sup>	Visita técnica-Auxiliar administrativo
	Cantidad de fruta relacionada con el uso de las canastillas	Kg	Liquidación mes de octubre
	Tiempo de operación	Días	Liquidación mes de octubre
	Volumen total	m <sup>3</sup>	Producto del volumen diario por los días de operación
Limpieza de maquinaria	Volumen de agua usado en lavado y desinfectado de la maquina	m <sup>3</sup>	Visita técnica-Auxiliar administrativo
	Cantidad de fruta	Kg	Liquidación mes de octubre
	Tiempo de operación	Días	Liquidación mes de octubre
	Volumen total	m <sup>3</sup>	Producto del volumen diario por los días de operación
HH total		m <sup>3</sup> /Kg	La relación del volumen de agua por la cantidad de fruta por operación

Fuente: El autor.



## D. Anexo: Formulario HH aplicado a operarios y administrativos de Planta

### Recurso Hídrico F&P

El presente formulario hace parte de los instrumentos de consulta que facilitaran la estimación de la huella hídrica en la la borde poscosecha del aguacate hass en el Tolima, durante su paso por la Planta de clasificación y selección. Este hace parte del trabajo de grado que adelanto como estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de Ibagué. Su colaboración con la información que provea en esta consulta, será de utilidad para darle profundidad y calidad al estudio que se realiza. La información será tratada de manera confidencial y sólo para los fines aquí indicados.

Para el registro, responder respectivamente las siguientes preguntas y enviar:

1. ¿A que tipo de área pertenece dentro de la empresa? \*

Administrativa

Operativa

2. ¿Cuántas veces usa el lavamanos al día? \*

Texto de respuesta corta  
.....

3. ¿Cuánto tiempo en promedio usa el lavamanos? \*

Texto de respuesta corta  
.....

4. ¿Cuántas veces usa el Inodoro al día? \*

Texto de respuesta corta  
.....

5. ¿Cuando hace uso del Inodoro generalmente descarga la basura? \*

Si

No

Fuente: El autor.