

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN PRODUCCION DE  
PALTAS.**

**FELIPE EDUARDO HUIZA CONTRERAS**

**Santiago, Chile**

**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN PRODUCCIÓN DE  
PALTAS.**

**CALCULATING THE CARBON FOOTPRINT IN AVOCADO  
PRODUCTION.**

**FELIPE EDUARDO HUIZA CONTRERAS**

**Santiago, Chile**

**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN PRODUCCIÓN DE  
PALTAS.**

Memoria para optar al título profesional de  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**FELIPE EDUARDO HUIZA CONTRERAS**

	<b>Calificaciones</b>
<b>Profesor Guía</b> Sr. Fernando Santibáñez Q. Ingeniero Agrónomo. Dr. Es. Sci.	7,0
<b>Profesores Evaluadores</b> Luis González F. Ingeniero Agrónomo	6,0
Mauricio Galleguillos T. Ingeniero Agrónomo. M.S. Dr.	5,0

**Santiago, Chile**

**2014**

## AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las tengo que agradecer por contribuir a que terminara mi Memoria de Título. Fue un proceso más extenso de lo habitual, pero creo que valió la pena y sin la ayuda de quienes figuran en esta página estoy seguro que no hubiese sido posible.

En primer lugar, creo que el mayor esfuerzo se lo han llevado mis padres, en especial mi madre por esforzarse en darme la mejor educación y por su eterna preocupación. Agradezco al resto de mi familia, mis hermanos Juan Pablo y María Verónica, mis sobrinos Cristóbal y Mickaela y a mi gran abuela Cristina.

Agradecer a mis amigos de toda la vida, que han esperado por este momento mucho tiempo y me han entregado todo su incondicional cariño: Paola A., Carmen Gloria G., Teresa V., Javiera S. y Mauricio V.

A mis amigos y compañeros que alegraron mi paso por la universidad. A mis compañeros de trabajo, por tener los actos más llenos de sentido y de profundo apego a la Naturaleza que me motivan a seguir en esto; a Patricio P., por escuchar, a Cecilia M., Paulina G., Carolina C. y Paula S., por todas sus palabras de ánimo, compañía, por su energía y apoyo.

A mi profesor guía, Don Fernando Santibáñez, por la paciencia, por confiar en mi trabajo, por compartir su conocimiento, por darme la autonomía necesaria para aprender sobre temas nuevos y por toda la ayuda entregada.

A Don Bruno Razeto, por recibirme, por motivarme a realizar esta Memoria y por todo el apoyo logístico entregado en un comienzo. A Sergio González M. por su ayuda logística, la coordinación y la información facilitada y por ultimo a la profesora M. Teresa V, por sus grandes consejos.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE SIGLAS UTILIZADAS</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>14</b>
Objetivos	16
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>17</b>
Herramientas disponibles para la evaluación de la huella de carbono de un producto	17
I.    Comunicación y etiquetado de carbono	19
Utilización de cifras exactas	19
Compromiso de reducción de la huella de carbono	20
Enfoque Vanguardista	20
II.   Normas internacionales	20
GHG Protocol	20
ISO 14067	21
Unión Europea	22
III.  Iniciativas públicas y privadas	23
Inglaterra	23
Francia	24
Alemania	26
Tailandia	26
Japón	27
España	27
Estados Unidos de América	27
Nueva Zelanda	28
Requerimientos de información para la estimación o medición de la huella de carbono de un producto	29
I.    Fijación de objetivos y definición de la unidad funcional	29
II.   Identificación del ciclo de vida y asignación	30

III.	Recopilación de datos	31
IV.	Cálculo de las emisiones de GEI	32
V.	Conversión a una unidad funcional	33
VI.	Presentación de información	33
	Estimación de la huella de carbono de la palta	33
I.	Fijación de objetivos y definición	34
II.	Identificación del ciclo de vida y asignación	34
III.	Recopilación de datos	35
	Plantación 1	36
	Plantación 2	37
	Packing	38
	Supuestos para la estimación de emisiones	39
	Asignación de emisiones	39
IV.	Cálculo de las emisiones de GEI	40
V.	Presentación de información	42
	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
	Oportunidades de Mitigación	43
I.	Rendimiento	45
II.	Fertilizantes	45
III.	Uso de combustibles fósiles	46
IV.	Riego	46
V.	Almacenamiento de los frutos	46
VI.	Carbono del suelo	46
VII.	Residuos	47
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>
	Anexo I. Factores de Emisión	53
	Anexo II. Factores de Conversión	54
	Anexo III. Supuestos Utilizados	55

Anexo IV. Gases de Efecto Invernadero y sus potenciales de calentamiento global	55
Anexo V. Ecuaciones utilizadas para la obtención de la Huella de Carbono	56
Anexo VI. Encuestas Aplicadas en Terreno	58

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1. Ciclo de vida “de la Cuna a la Tumba”	31
Figura 2. Ciclo de Vida de la Palta “de la Cuna de la Puerta”	35
Cuadro 1. Consumo eléctrico y combustible en plantación N°1	36
Cuadro 2. Consumo fertilizantes y plaguicidas en Plantación N°1	36
Cuadro 3. Manejo de residuos en plantación N°1	36
Cuadro 4. Consumo eléctrico y combustible en plantación N°2	37
Cuadro 5. Consumo fertilizantes y plaguicidas en plantación N°2	37
Cuadro 6. Manejo de residuos de plantación N°2	37
Cuadro 7. Consumo eléctrico y combustible en packing	38
Cuadro 8. Consumo químicos y gases refrigerantes en packing	38
Cuadro 9. Materiales utilizados en el embalaje en packing	38
Cuadro 10. Factores de emisión para consumo de fuentes de energía	40
Cuadro 11. Factores de emisión por extracción y refinamiento de combustibles	40
Cuadro 12. Factores de emisión por transporte (ruta de los combustibles)	41
Cuadro 13. Factores de emisión por transporte (ruta de los insumos)	41
Cuadro 14. Factores de emisión por transporte (ruta de los productos)	41
Cuadro 15. Huella de Carbono de la palta	43
Cuadro 16. Huella de Carbono de la palta (valle y ladera) dividido por proceso	43
Cuadro 17. Huella de Carbono de la palta (valle y ladera) por fuente de emisión	44
Cuadro 18. Tipo de emisiones resultados de la Huella de Carbono de la palta	44
Cuadro 19. Factor de emisión de la gestión de biomasa y residuos orgánicos biodegradables	53
Cuadro 20. Factores de emisión de los insumos (agroquímicos)	53
Cuadro 21. Factores de emisión por la manufactura de fertilizantes y otros agroquímicos	53
Cuadro 22. Factores de emisión por manufactura de otros insumos	54
Cuadro 23. Factores de conversión de carga total a fruta efectivamente transportada	54
Cuadro 24. Supuestos utilizados para la ruta de los insumos	55
Cuadro 25. Gases de Efecto Invernadero y PCG	55



## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Emisiones directas por consumo de combustibles o electricidad	56
Ecuación 2. Emisiones directas por fertilizantes	56
Ecuación 3. Emisiones directas por uso de urea	56
Ecuación 4. Emisiones directas por el uso de residuos	56
Ecuación 5. Emisiones por disposición de los residuos en un relleno sanitario	57
Ecuación 6. Emisiones indirectas por combustible utilizado por el traslado a/desde predio	57
Ecuación 7. Emisiones involucradas por extracción y refinamiento de combustibles	57
Ecuación 8. Emisiones involucradas por transporte de combustible	57
Ecuación 9. Emisiones involucradas por fabricación de insumos (fertilizantes, plaguicidas, gases refrigerantes, plásticos, madera, etc.)	57
Ecuación 10. Emisiones involucradas por transporte de insumos importados (fertilizantes, plaguicidas, otros)	58
Ecuación 11. Emisiones directas e indirectas por transporte de insumos nacionales	58
Ecuación 12. Emisiones directas por el uso de insumos (gases refrigerantes, otros)	58

## LISTA DE SIGLAS UTILIZADAS

<b>ACES:</b>	Energía Limpia y Seguridad Estadounidense.
<b>ADEME:</b>	Agencia para el Medio Ambiente y el Control de la Energía.
<b>BPX30-323:</b>	Guía de Huella Ambiental del Gobierno Francés.
<b>BSI:</b>	Instituto de Estandarización de Gran Bretaña.
<b>C/N:</b>	Proporción Carbono Nitrógeno.
<b>C:</b>	Carbono.
<b>CCX CFI:</b>	Instrumento Financiero del Programa de Cambio Climático de Chicago.
<b>CCX:</b>	Programa de Cambio Climático de Chicago.
<b>CFL:</b>	Etiqueta de Huella de Carbono.
<b>CH4:</b>	Metano. Gas de Efecto Invernadero.
<b>CLIMATOP:</b>	Programa de Etiquetado de Productos Bajos en Carbono.
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de Carbono. Gas de Efecto Invernadero.
<b>CO<sub>2</sub>e:</b>	Dióxido de Carbono equivalente.
<b>CRC:</b>	Programa de Reducción de Emisiones del Gobierno Inglés.
<b>CRL:</b>	Etiquetado de Reducción de Carbono.
<b>DECC:</b>	Departamento de Energía y Cambio Climático del Gobierno Inglés
<b>DEFRA:</b>	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido.
<b>EPEA:</b>	Asociación de Empresarios Productores Ecológicos de Andalucía.
<b>FE:</b>	Factor de Emisión.
<b>GEI:</b>	Gases de Efecto Invernadero.
<b>INGEI-AFOLU:</b>	Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Sector Agricultura, Forestal y Otros Uso de Suelo.
<b>INIA:</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
<b>INN</b>	Instituto Nacional de Normalización
<b>IPCC:</b>	Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
<b>ISO:</b>	Organización Internacional de Normalización.
<b>JEMAI:</b>	Asociación Japonesa de Gestión Ambiental para la Industria
<b>METI:</b>	Ministerio de Economía, Comercio e Industria del Gobierno Japonés.
<b>MINERGI:</b>	Ministerio de Energía del Gobierno de Chile.
<b>MMA:</b>	Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de Chile.
<b>MO:</b>	Materia Organiza.
<b>MTEC:</b>	Centro Nacional de la Tecnología de los Metales y los Materiales del Gobierno Tailandés.
<b>N:</b>	Nitrógeno.

<b>N<sub>2</sub>O:</b>	Óxido Nitroso. Gas de Efecto Invernadero.
<b>NOAA:</b>	Administración Nacional de los Océanos y la Atmosfera de Estados Unidos.
<b>NSTDA:</b>	Organismo Nacional para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología de Tailandia.
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desarrollo Limpio
<b>ODEPA:</b>	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Gobierno de Chile.
<b>PCA:</b>	Potencial de Calentamiento Global.
<b>PGCARBONO:</b>	Programa Nacional de Gestión de Carbono del Gobierno de Chile.
<b>PCF Proyecto:</b>	Proyecto Huella de Carbono en Productos del Gobierno Alemán.
<b>PCF World Forum:</b>	Foro Mundial de Iniciativas sobre Huella de Carbono.
<b>RAS:</b>	Red de Agricultura Sostenible de Estados Unidos.
<b>RGGI:</b>	Iniciativa Regional de Gases de Efecto Invernadero de Estados Unidos.
<b>SCP:</b>	Plan de Acción para el Consumo y la Producción Sostenible de la Unión Europea.
<b>SIC:</b>	Sistema Interconectado Central.
<b>SIP:</b>	Plan de Acción para la Política de Industrial Sostenible de la Unión Europea.
<b>TGO:</b>	Organización Pública de Gestión de los Gases de Efecto Invernadero de Tailandia.
<b>UE:</b>	Unión Europea.
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>WBCSD:</b>	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.
<b>WRI:</b>	Instituto de Recursos Mundiales.

## RESUMEN

El cambio climático se ha identificado como uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad. El problema de los gases de efecto invernadero (GEI) se ha venido tratando en la última década tanto a nivel nacional (Inventarios de Gases de Efecto Nacionales), empresarial o de organización a nivel mundial. En las últimas décadas ha venido surgiendo la necesidad de controlar las emisiones de GEI, lo que ha llevado a la implementación de la llamada huella de carbono, la que debe explicitar las emisiones que un producto genera durante su cadena de producción.

En la presente memoria se realizó un análisis de las metodologías existentes que se han implementado en el mundo, para identificar, cuantificar y analizar los gases de efecto invernadero que son emitidos a lo largo del ciclo de vida de un producto. A través de esta memoria se definió y evaluó el ciclo de vida de la palta, estableciendo los alcances del producto, identificando los procesos que serán cuantificados para el cálculo. Para ello, se realizaron consultas a especialistas del ramo y se realizaron visitas a terreno. Gracias al análisis de las metodologías y a la definición del ciclo de vida, se adecuó e implementó la metodología más apropiada para el cálculo de la huella de carbono para la producción de paltas.

Para la identificación y cuantificación de la huella de carbono de la palta, se analizaron varias metodologías existentes, pero finalmente se aplicó los criterios de especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de bienes y servicios PAS 2050, proceso que se complementó con los criterios del IPCC.

Para la asignación de emisiones, fueron tomados datos de viveros y productores del sector de Quillota, V Región, servicios asociados a la producción y del transporte utilizado en el ciclo de vida definido del producto.

Luego de obtener los datos correspondientes a cada proceso que hace parte del ciclo de vida de la palta, se dio paso al cálculo de las emisiones. Para ello se determinó la unidad funcional de medida de la huella de carbono. Posteriormente se identificaron los factores de emisión para cada elemento del proceso dentro del ciclo de modo de determinar y calcular la huella de carbono, es decir, las emisiones de GEI por unidad de producto producido.

Dentro de los resultados se observó que los ítems de energía y transporte juegan un papel fundamental en la contabilidad de la huella de carbono de los paltos. Otro punto importante es la producción, ya que a mayor producción la huella de carbono puede llegar ser menor, tal como se observó entre plantación en valle versus en ladera.

**Palabras clave:** Huella de carbono, gases de efecto invernadero, Persea americana, ciclo de vida, factor de emisión.

## ABSTRACT

Climate change has been defined as one of the greatest challenges that mankind is facing in the present day. In the last decade, the problem posed by Greenhouse Gas (GHG) emissions has been addressed at international and national level (Through National Greenhouse Gas Inventories) and from the business sector. As a result, a need to control GHG emissions has originated over the last decades, which has led to the creation of the so-called carbon footprint, in order to specify the amount of emissions that the production chain of a certain product entails.

The following dissertation is a study of the worldwide existing methodologies for GHG identification, quantification and analysis during a product's life cycle. During the elaboration of this paper we defined and evaluated the life cycle of avocado production and identified the processes for their later quantification. For this purpose, we interviewed experts and carried out field visits. Thanks to the methodology analysis and after defining the product's life cycle we could adjust and implement the most suitable method to determine the carbon footprint of avocado production.

In order to identify and quantify the aforementioned carbon footprint, we analyzed several current methodologies. Nonetheless, we eventually adopted the PAS 2050 specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services and then complemented these criteria with those of the IPCC.

For the emission allocation we collected data from avocado nurseries and local producers from Quillota, Valparaíso Region, Chile and from services related to avocado production and transport and therefore to its life cycle.

After obtaining data from each stage of the avocado life cycle, the emissions were calculated and the carbon footprint functional unit of measurement was determined. Subsequently, the emission factors for each stage were identified so as to determine and quantify the carbon footprint, i.e., the amount of GHG emissions per production unit.

The results show that the energy and transport items play a fundamental role in this matter. They also prove production to be an important factor, since the carbon footprint is smaller as the avocado production increases. That can be seen when we compare farms placed in valleys versus those placed in a slope.

### **Key words**

Carbon footprint, greenhouse gas, *Persea americana*, life cycle, emission factor.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe un elevado nivel de consenso científico de que el clima a nivel global se verá alterado significativamente, en el siglo XXI, como resultado del aumento de las concentraciones atmosféricas de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e hidroclorofluorocarbonos (Houghton *et al.*, 1990, 1992). Estos gases están atrapando una porción creciente de radiación infrarroja terrestre y se espera que hagan aumentar la temperatura planetaria entre 1,5 y 4,5 °C. Recientemente la Administración Nacional de los Océanos y la Atmósfera de USA (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) informó, por primera vez desde que hay registros, que la atmósfera habría sobrepasado las 400 partes por millón de CO<sub>2</sub>. La influencia humana en el sistema climático es clara y el calentamiento en el sistema parece ser inequívoco (IPCC, 2013).

Existe una enorme incertidumbre, con respecto a los alcances que tendrá el cambio climático a nivel mundial y de cómo reaccionarán los ecosistemas, pudiendo conllevar desequilibrios a niveles macros y micros económicos. Este punto es de vital importancia para aquellos países que dependen fuertemente de los recursos naturales, como lo es nuestro país.

Esta incertidumbre y la creciente preocupación internacional por las consecuencias del cambio climático, ha llevado a una reacción gubernamental mundial, que se ha expresado en numerosos estudios y conferencias, incluyendo tratados enfocados a enfrentar, y en lo posible solucionar el tema. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) ha sido el ente coordinador a nivel mundial de todas estas acciones. Como consecuencia de esta reacción, el debate se ha llevado también a nivel de comercio exterior y, dentro de ello, ha expuesto la necesidad de internalización de los costos climáticos del carbono emitido en la cadena productiva de los bienes y servicios (objeto de comercio), lo que facilitaría la tarea de asignar los costos de mitigación de emisiones y las medidas que los responsables deberán implementar. En resumen la implementación de la llamada “huella de carbono”, que se ha concebido como un instrumento reconocido internacionalmente para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de los bienes y servicios de la cadena de suministro.

La huella de carbono se puede definir como la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), emitidos durante el ciclo de vida total de un producto, expresada en cantidades de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente) emitidas a la atmósfera.

En Chile, el acelerado crecimiento de la economía en la última década así como las características del desarrollo están ejerciendo presiones sobre el medio ambiente que es necesario controlar y revertir. La economía chilena tiene su base principalmente en las exportaciones, donde a través de los años Chile se ha ganado un lugar importante en algunos sectores como el cobre, frutas, salmónes y vinos. Un ejemplo de ello es la

participación de la palta en el mercado europeo, con un aumento de 51.000 toneladas para la temporada 2009-2010 (Ochagavía, 2010), lo que constituye un aumento aproximado de un 20% de las exportaciones de la palta a este mercado, aunque las principales exportaciones van al mercado Norteamericano,

Los principales clientes de los productos chilenos se encuentran en los mercados con mayor conciencia respecto del cambio climático y, por ende, la huella de carbono es un tema que no pasa inadvertido para ellos. Los mercados están comenzando a exigir productos cuya cadena de producción tenga bajas emisiones de carbono. Por ejemplo, en una encuesta realizada en Inglaterra, el 67% de los clientes encuestados señalan que su preferencia de compra sería por productos con menor huella de carbono y un 44% de estos clientes indican que comprarían un producto con baja huella de carbono, aunque la marca no sea su primera elección. (Det Norske Veritas, 2009). En Francia, la información sobre la huella de carbono de los productos y de su embalaje, así como de su consumo o potencial para impactar en medios naturales durante su ciclo de vida, es un tema importante. Ejemplo de ello es el marco del proceso "Grenelle de l'Environnement", que partió en el año 2007 con el compromiso del Presidente de la República de posicionar el desarrollo sostenible en el centro de sus prioridades. De manera complementaria, se discute en ese país la aplicación de un impuesto de carbono. (Bárcena, 2009)

Producto de lo anterior, la huella de carbono es un tema que se debe enfrentar dentro del marco normal de negocios, ya sea por competitividad en los mercados con mayor conciencia en estas materias, o por nuevas regulaciones locales o internacionales; estas regulaciones pueden significar reducir emisiones o tener que reportarlas y tal vez en un futuro cercano, incorporar cláusulas de reducción de emisiones en los tratados de libre comercio o condiciones especiales para optar a fondos de inversiones sustentables. La palta no es una excepción, por lo que deberá afrontar estas nuevas exigencias, haciendo necesario un proceso de preparación de la industria para dicho escenario.

En esta senda Chile, a través de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente, está diseñando un Programa Nacional de Gestión de Carbono (PGCARBONO), que tiene como objetivo apoyar y fomentar la gestión y la cuantificación voluntaria de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel corporativo, ya sea en el ámbito público y/o privado, entregando las herramientas adecuadas para el cálculo de la "huella de carbono" corporativa, formatos estandarizados para el reporte, ayudando en el diseño de planes de mitigación y seguimiento permanente.

El programa pretende ser permanente y de mejoramiento continuo, por lo que anualmente se deberán incorporar mejoras enfocadas a la transparencia de los informes, la exhaustividad del cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la herramienta en sí y la creación de nuevos incentivos para la participación voluntaria. Este programa estará puesto en marcha de manera piloto durante este año, lo que incluirá la herramienta de cálculo, los formatos estandarizados para el informe y los incentivos pertinentes. Además, incluirá la realización de capacitaciones y talleres de difusión a nivel nacional.

En los próximos años, la capacidad para determinar la huella de carbono y el etiquetado respectivo de un producto, serán esenciales para asegurar la sustentabilidad comercial de éste. Por este hecho, es imperativo comenzar a realizar el cálculo de huella de carbono. Esta memoria de título tiene como meta entregar un protocolo para la determinación de la huella de carbono de un producto agrícola que ha tenido mucho éxito a nivel de exportación, como es la palta.

### **Objetivo general**

Calcular la huella de carbono en la producción de paltas en Chile.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un análisis de las actuales metodologías de cálculo.
- Identificación de los componentes y análisis del ciclo de vida de la palta.
- Calcular la huella de carbono de la producción de paltas en Chile, previa adaptación de la metodología de estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>e a las condiciones existentes en Chile.



## **MATERIALES Y METODOS**

### **Materiales**

Los materiales utilizados para la elaboración de esta memoria fueron los siguientes:

- Guía de buenas prácticas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)
- Directrices del IPCC 2006
- Base de datos de factores de emisión del IPCC
- Metodologías de evaluación de emisiones del IPCC
- Public Available Specification 2050:2008 y 2050:2011 (PAS 2050)
- Carbon Trust 2006
- GreenHouse Gas Protocolo of World Resources Institute and Word Business Council for Sustainable Development. GHG Protocol
- ISO 14040/44
- ISO 14064 (partes 1,2,3)
- ISO 14067
- ISO 14640
- Diagramas de flujo de los factores y componentes de las emisiones.
- Información sobre las tecnologías de producción de la palta.
- Rutas de transporte de los componentes del producto (palta), sus insumos y embalaje.
- Estudios sobre los procesos de pre-plantación, plantación, cosecha, sistema productivo de la palta
- Organigramas de los procesos ya mencionados
- Estudios e informes sobre medios de transporte involucrados en el ciclo de vida de la palta
- Encuesta para la verificación y cuantificación del ciclo de vida
- Entrevistas a terreno

Ademes se utilizaron los siguientes instrumentos y herramientas:

- Ordenador
- Software Microsoft Office 2010 (Microsoft Word y Microsoft Excel)

Se emplearon también fuentes de información secundaria, tanto nacionales como internacionales, obtenidas referencias como tesis, libros, revistas, publicaciones de internet, entre otros.

## Métodos

A continuación se detalla el proceso metodológico empleado en la realización de esta memoria de título, correspondiente a un trabajo que consideró tres etapas para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados:

Objetivo específico n°1: Análisis de las actuales metodologías de cálculo

Objetivo específico n°2: Identificación de los componentes y estudio del ciclo de vida de la palta

Objetivo específico n°3: Calcular la huella de carbono de la producción de paltas en Chile, previa adaptación de la metodología de estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>e a las condiciones existentes en Chile

### I. Análisis de las actuales metodologías de cálculo

En la primera etapa, se identificaron y analizaron las actuales herramientas de cálculo de la Huella de Carbono que están disponibles a nivel mundial. Para esto, se realizó una recopilación bibliográfica de las metodologías de cálculo y programas utilizadas tanto a nivel internacional, como públicas o gubernamentales y privadas, que se encuentran disponibles en la red y que cuentan con información suficiente para poder identificar la mejor alternativa para poder contabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de la palta. Para poder discriminar entre las herramientas o programas internacionales, se procedió a identificar las herramientas que presentan mayor uso a nivel mundial. Para la identificación y análisis de los programas públicos o gubernamentales, como también para los programas privados, se seleccionaron los países en donde el tema ambiental y de cambio climático es relevante o su aporte al cambio climático es muy importante y poseen iniciativas para la reducción y reporte de gases de efecto invernadero.

Adicionalmente con la identificación de las herramientas de cálculo se recopiló, dependiendo de la disponibilidad de información, aspectos legales u otros que han ayudado a la puesta en marcha y al éxito del proceso del cálculo de la Huella de Carbono.

Finalmente al contar con toda la información, se analizaron las metodologías, identificando los puntos críticos en el diseño, evaluación y cuantificación de la Huella de Carbono. Con esto y tomando la experiencia internacional en la formulación de metodologías y en la cuantificación de la Huella de Carbono, se procedió de forma preliminar a elegir la metodología a utilizar para el cálculo de la huella de carbono.

### II. Identificación de los componentes y estudio del ciclo de vida de la palta

Para la identificación y posterior estudio de los componentes que forman parte de ciclo de vida de la palta, se debió definir el alcance del estudio y para ello se optó, por la propuesta “de la cuna a la puerta” que es puntualizada por la metodología PAS 2050, para la definición de los alcances de un producto. La misma metodología especifica los procesos y

actividades que es necesario incluir en el análisis y lo que ha de excluir. Definido lo anterior, se procedió a recopilar la información de los procesos que se encuentra dentro de este ciclo de vida. Como medio de verificación, pero también como medio para poder obtener información para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, se realizaron visitas a terreno tanto a productores de paltos, como también a packing, visualizando todas las actividades que están presentes en la cadena de la producción de las paltas. Los puntos críticos a observar en esta etapa son:

- Componentes de la pre-plantación
- Componentes de la plantación
- Componentes del sistema de producción.
- Componentes de la cosecha
- Componentes del transporte del producto.
- Componentes de procesamiento y embalaje (empaquete)
- Distribución final.

Para el cálculo de las emisiones en las distintas etapas de ciclo, se utilizaron los estándares de la PAS 2050, los que fueron complementados con los propuestos por el IPCC.

### **III. Calcular la huella de carbono de la producción de paltas en Chile, previa adaptación de la metodología de estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>e a las condiciones existentes en Chile**

Posteriormente a la elección de la metodología para la cuantificación del impacto de los GEI producidos durante el ciclo de vida de la palta, sumado a la definición de la unidad funcional e identificación del ciclo de vida y también la recopilación de datos para la asignación de emisiones de GEI, se procedió al cálculo de emisiones de GEI.

Para proceder con la cuantificación de las emisiones de GEI de las actividades y procesos del ciclo de vida de la palta, se identificaron las ecuaciones de cálculo y dentro de estas, los factores de emisión, los potenciales de calentamiento global y los datos paramétricos correspondientes. Para esto, se consultó principalmente las Directrices del IPCC 2006 y siguiendo con las orientaciones de la PAS 2050, se consultó otras fuentes como los factores de emisión de DEFRA, del Departamento de Medio Ambiente de Australia e Inventario de Gases de Efecto Invernadero realizado en Chile durante el año 2013, en donde se entrega algunos factores de emisión y potenciales de calentamiento global con los que trabaja el gobierno de Chile para su reporte bianual de GEI. También se trabajó con el factor de emisión país-específico del sector energía, contando así con un dato que muestra el presente de las emisiones que tienen relación con el uso de energía eléctrica.

Dentro de la contabilidad de la Huella de Carbono, se trabajó con ciertos supuestos (distancia recorrida para los insumos, de donde provienen los suministros, etc.), debido a que no se puede identificar con exactitud el origen de ciertos suministros (varias fuentes de origen), también las distancias recorridas por fuentes

La recopilación de datos de fuentes de emisión de alcance 3 (emisiones indirectas, por ejemplo, la fabricación de insumos) que participan en el cálculo de la huella de carbono de la palta, presentaron un desafío, para su contabilidad, debido a que existen una gran variedad de fuentes de origen, haciendo difícil y engorroso contar con datos precisos de estas fuentes de emisión, por lo que se optó por trabajar con ciertos supuestos para poder cuantificar estas emisiones. Los supuestos para el cálculo se pueden ver en el Anexo III.

Dentro del cálculo de huella de carbono, han de estar expuestos todos los componentes propios del ciclo de vida de la palta (escenarios de producción, manufactura, transportes, embalaje, etc.). Conjuntamente con el cálculo de la huella de carbono, se realizó una comparación para identificar si las plantaciones que se encuentran en ladera, presentan una mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero por kilogramos de palta versus las plantaciones que se encuentran en planicie y que tan significativa esta cantidad puede ser.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Herramientas disponibles para la evaluación de Huella de Carbono de un producto

Existe consenso que conocer la huella de carbono permite identificar rutas para controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto y se reconoce cada vez con más intensidad su alcance en el comercio de bienes y servicios, especialmente en aquellos transados internacionalmente y entre países con compromisos de reducción de emisiones que suscribieron el protocolo de Kioto. Pero, dada la ausencia de una metodología única acordada internacionalmente, ha dado lugar al desarrollo y la adopción de distintos métodos de análisis para el cálculo de la huella de carbono. Un ejemplo de ello son las diferentes iniciativas que han llevado a cabo países como el Reino Unido, Francia y Japón, entre otros. Por este motivo, es posible que las distintas metodologías no permitan la comparación de la huella de carbono entre distintos productos.

Las distintas metodologías y/o programas de huella de carbono se pueden clasificar en tres grandes grupos, en función de la participación de las partes interesadas de organizaciones públicas y de sus vías de desarrollo:

- **Programas internacionales**, desarrollados mediante consultas internacionales con la participación de partes interesadas de organizaciones públicas y privadas, empresas, ONG, el sector académico, etc.;
- **Programas públicos o gubernamentales**, desarrollados con el apoyo de gobiernos nacionales y que también pueden incluir consultas internacionales o pruebas internacionales y ser aplicados internacionalmente; y
- **Programas privados**, desarrollados y aplicados por empresas individuales u otras partes interesadas (por ejemplo, cadenas de supermercados), en ocasiones sin la publicación de todos los detalles del cálculo.

Todas las metodologías y/o programas actuales para conocer la huella de carbono del producto son voluntarios, con la excepción del programa *Grenelle* que se está desarrollando en Francia. Por consiguiente, las empresas y demás partes interesadas pueden elegir qué norma desean aplicar para el cálculo de sus productos o servicios. Para tomar esta decisión se basan normalmente en la metodología que les resulta más adecuada, aunque la elección también está a menudo sujeta a los requisitos del mercado. Un ejemplo claro de ello es la exportación de productos a Francia; en este caso las empresas estarían sujetas al programa *Grenelle*.

En los últimos años, han aparecido normas que han realizado una amplia consulta internacional. Una de ellas es la desarrollada por el Instituto Mundial de Recursos (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), la norma “Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard” (“Contabilidad del ciclo de vida

del producto y presentación de informes estándar”) del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, que fue publicada en octubre de 2011. Otra es la ISO 14067, que se ha publicado en mayo del 2013, que tiene como objetivo, establecer un marco de referencia internacionalmente reconocido para el cálculo de la huella de carbono y está basada en la norma PAS 2050 e incorpora algunas novedades, como el apartado relativo a la forma de comunicarla a las partes interesadas.

A pesar de la aparición de normas internacionales, es muy probable que el mercado siga estando diferenciado y que se resista a la armonización entre las normas. Esto se debe en parte al hecho de que las empresas competidoras utilizan la huella de carbono para diferenciar y comercializar sus productos y, en ocasiones, prefieren utilizar su propia norma.

Cuando se pongan en marcha los métodos normativos acordados internacionalmente, brindarán un amplio marco con el que podrán alinearse los programas públicos y privados, aunque no podrán abordar cuestiones que atañan a productos concretos. Los resultados también pueden verse afectados por la escasa disponibilidad de datos y por la incertidumbre que existe en cuanto al valor de las variables esenciales (Plassmann et al. 2010). Asimismo, sería importante que los métodos reflejen las condiciones locales susceptibles de justificar las metodologías nacionales o las adaptaciones nacionales de las metodologías internacionales.

Las emisiones de GEI también se están teniendo cada vez más en cuenta, como parte de iniciativas de alimentos orgánicos y sostenibilidad. Por ejemplo, en Suecia, se ha desarrollado un sistema de certificación climática para los alimentos en colaboración con varias empresas del país. Dicho programa se utiliza como módulo complementario de las normas existentes sobre sostenibilidad o para la producción de alimentos. En lugar de incluir cálculos reales del CO<sub>2</sub>e, define una serie de criterios de buenas prácticas con las que se esperan obtener reducciones de las emisiones de GEI. También existen otras normas de sostenibilidad que incluyen o desarrollan módulos climáticos complementarios, como por ejemplo, la norma Rainforest Alliance/La Red de Agricultura Sostenible (RAS), la Asociación 4C y la Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible (Cámara de Comercio Internacional, 2012).

## **I. Comunicación y Etiquetado de Carbono**

La comunicación de los resultados referentes a la huella de carbono constituye un elemento importante en varias normas sobre la huella de carbono. Las empresas pueden comunicar su Huella de Carbono a los consumidores o pueden utilizar los resultados para su análisis y mejorar su gestión interna disminuyendo la emisión de GEI. Para informar los resultados de la Huella de Carbono al consumidor u otros interesados, existen varias formas de comunicarlo como: utilizar una etiqueta de carbono colocada directamente en el producto, indicándolo de la estantería del supermercado, en el recibo de compra o el sitio web, entre otros.

En lo referente a las etiquetas de carbono, existen tres enfoques principales para el cálculo y la comunicación de la Huella de Carbono a los consumidores, a saber:

**Utilización de cifras exactas.**

Es el enfoque más utilizado para informar los resultados de la huella de carbono de un producto o servicio. Para ello, se calculan las emisiones de GEI producidas durante el ciclo de vida de un producto y se comunica el resultado mediante cifras exactas de CO<sub>2</sub>e por unidad del producto. A la empresa, esto le permite realizar una evaluación a nivel cuantitativo de las condiciones en que se encuentra el producto o servicio, pudiendo identificar los puntos críticos en cuanto a emisiones y evaluar las posibles medidas de mitigación. Al consumidor, le permite identificar de manera sencilla y explícita la huella de carbono del producto, permitiéndole tomar decisiones en cuanto a la adquisición del producto o servicio. Se puede solicitar la etiqueta de huella de carbono para todos los productos sometidos a la evaluación, independiente del nivel de emisiones de carbono generadas. Existen algunas iniciativas de etiquetado, entre ellas la **Carbon Reduction Label** británica que, adicionalmente de comunicar los resultados obtenidos, exigen que se apliquen o se sigan aplicando mejoras que den lugar a reducciones de las emisiones de GEI continuas y documentadas.

**Compromiso de reducción de la Huella de Carbono.**

Por otra parte, algunas iniciativas prefieren indicar su compromiso en la reducción de las emisiones, dado que se han planteado dudas con respecto a las metodologías utilizadas, como también a las cifras y la comparación de productos. Debido a ello, es que algunos usuarios de la Carbon Reduction Label británica, han optado por utilizar una nueva versión de la etiqueta que no incluye ninguna cifra, pues prefieren imprimir la etiqueta simplemente para informar a sus usuarios o compradores su compromiso con la medición y la reducción de la Huella de Carbono de su producto.

**Enfoque vanguardista.**

Esta iniciativa otorga etiquetas a los productos que tienen un impacto climático considerablemente inferior al de otros productos equivalentes. El programa que aplica Climatop en Suecia constituye un buen ejemplo de ello: cuando se determina que un producto tiene esta característica se le otorga la etiqueta “Aproved by Climatop” para indicar que la Huella de Carbono del producto es relativamente inferior en comparación a productos similares que se encuentran en el mercado. Este tipo de etiqueta puede resultar más comprensible para los consumidores que el etiquetado que utiliza valores absolutos. Pero hay que tomar en cuenta que este etiquetado no permite una comparación entre distintos productos y a los consumidores o usuarios les queda claro cuales productos que no portan la etiqueta han sido analizados y cuáles no.

A continuación se describen las iniciativas internacionales más importantes y se ofrece un resumen de los diversos e importantes programas públicos y privados, con referencia a la huella de carbono tanto del producto como corporativo.

## II. Normas Internacionales

En la actualidad existen dos iniciativas basadas en el consenso internacional para calcular la huella de carbono de un producto y ambas son voluntarias.

### **GHG Protocol.**

Esta iniciativa nació en 1998, realizada por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible y el Instituto de Recursos Mundiales, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero es una asociación única de múltiples partes interesadas; empresas, ONG y gobiernos que sirve como la principal fuente de conocimiento, contabilidad y presentación de informes de gases de efecto invernadero de las empresas. Desde su inicio hasta la fecha, han publicado varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono. En octubre del 2011 elaboraron la norma “Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard”, que reúne la experiencia de las anteriores normativas, pero ésta apunta a todo el ciclo de vida del producto. En ella participaron un comité directivo y grupos de trabajo técnicos, se realizaron pruebas experimentales y se recibieron amplios comentarios públicos sobre los distintos borradores.

La elaboración de esta norma no exigió la aplicación de normas estrictas con respecto a la aprobación oficial, la votación o el consenso mayoritario, como sucede en las normas formuladas por ISO, aunque sí contó con participación de las partes interesadas. Para resolver algunas cuestiones que seguían siendo polémicas, se permitió una serie de opciones aceptables en función del contexto específico de cada estudio. La norma ofrece requisitos y orientación dirigidos a las empresas y otras organizaciones para que cuantifiquen y comuniquen un inventario de emisiones de GEI asociadas a un producto concreto. No obstante, esta norma indica explícitamente que no respalda las comparaciones de productos, porque los resultados de los cálculos dependen en gran medida de las hipótesis y de las opciones metodológicas adoptadas durante el cálculo. Para permitir el etiquetado de los productos, las declaraciones de las partes interesadas sobre rendimiento, las decisiones de compra de los consumidores y las empresas o las declaraciones comparativas, se necesitarán especificaciones adicionales (Centro de Comercio Internacional 2012).

### **ISO 14067.**

La norma internacional ISO 14067, que ha sido elaborada por la **Organización Internacional de Normalización (ISO)**, está basada en el consenso pleno para la cuantificación y la comunicación de las emisiones de GEI de productos y servicios. Su publicación se realizó en mayo del 2013. De la formulación de las normas ISO se encargan grupos técnicos que reciben aportes de diversos comités nacionales y organizaciones de enlace con vínculos regionales e internacionales. Participan todas las partes interesadas – por ejemplo, fabricantes, ONGs, usuarios, grupos de consumidores, gobiernos y organizaciones de investigación – y sus opiniones se toman en consideración con el fin de buscar soluciones globales que satisfagan tanto al sector privado como público y a los consumidores. Tras definir los aspectos técnicos que ha de cubrir una norma nueva, los países participantes negocian las especificaciones detalladas de la misma. En el presente estudio no es posible aportar información detallada sobre norma ISO 14067 sobre la Huella



de Carbono de los productos y los requisitos y las directrices para su cuantificación y su comunicación, porque los documentos y los requisitos y las directrices para su cuantificación y su comunicación, por los documentos de trabajo de esta organización no son de acceso público. En Chile, la contraparte es el Instituto Nacional de Normalización (INN), quienes constituyeron un Comité Espejo, para discutir la norma ISO. A continuación se entrega la información que se conoce acerca de la ISO 14067:

- ISO 14067-1 - Huella de Carbono de Producto: Parte 1 Cuantificación: Contiene en detalle los principios y los requisitos para la cuantificación de la huella de carbono de los productos (incluyendo tanto los productos y servicios). Incluye los requisitos para la determinación de los límites para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero, el transporte y almacenamiento en el ciclo de vida de un producto. Los requisitos para la evaluación modular de la huella de carbono (negocio a negocio y la evaluación parcial del ciclo de vida) también se proporcionan. Las Reglas de Categoría de Producto, que se han desarrollado en conformidad con la norma ISO 14025, deben ser compatibles con los requisitos de esta norma la que puede proporcionar una mayor especificación para la evaluación de la huella de carbono de un producto.
- ISO 14067-2 - Huella de Carbono de Producto: Parte 2 Comunicación. Esta parte incluye los requisitos y orientaciones para el desarrollo y uso de información para comunicar la huella de carbono de los productos, incluyendo la presentación de informes, verificación interna, haciendo declaraciones públicas de los resultados y las responsabilidades de las actividades de verificación. Esto incluye los requisitos para que se comunique la información de la huella de carbono del producto a los consumidores a través de un informe (de acuerdo con ISO 14067-1) lo que debe ser verificado por una tercera parte independiente.

Por otra parte la ISO 14069, publicada también el año 2013, está orientada a la cuantificación y reportes o presentación de informes de inventarios de GEI de una organización, particularmente con las emisiones indirectas que ocurren en la dentro del ciclo de vida del producto de la organización. Estas emisiones indirectas, abarcan actividades tales como la producción de insumos, servicios contratados (arriendo de vehículos, etc.), uso del producto por parte del consumidor y desechos del producto.

### **Unión Europea.**

Por otra parte, la Unión Europea, a través de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, presentó en 2008 un plan de acción para el Consumo y la Producción Sostenible (SCP) y la Política de Desarrollo Industrial Sostenible (SIP). Este plan está orientado a la armonización y el reforzamiento a nivel continental de medidas que apuntan al consumo y producción sostenible, destacándose aspectos relacionados con la huella de carbono, como son:

- Realizar esfuerzos para determinar estándares y metodologías para la evaluación de emisiones de GEI. Esto, con base a los avances logrados por algunos países europeos, como Francia e Inglaterra
- Reforzar la información al consumidor mediante eco-etiquetas, considerando el ciclo de vida de los productos “circulando dentro de la Unión Europea”. Esto, a nivel de los negocios minoristas, en primera instancia.
- Reforzar la comunicación y la información en general entre los consumidores y las empresas tanto minoristas como grandes productoras.
- Analizar herramientas de incentivo económico (bonificación/castigo, por ejemplo) a las empresas productoras y comercializadoras.

Si bien, la economía de la Unión Europea posee una orientación a la disminución de las emisiones de GEI, como parte de una estrategia para mitigar los efectos del calentamiento global, también existe otra lectura sobre las iniciativas que han llevado a cabo y tienen relación a medidas proteccionistas frente a los productos importados desde países que no pertenecen a ella. La UE resalta la importancia de no debilitar la competitividad de sus empresas frente al resto del mundo, lo que deja espacio a negociaciones internacionales y posibles medidas concretas en las fronteras, como la aplicación de un impuesto de carbono a los productos importados.

### III. Iniciativas Públicas y Privadas

#### Inglaterra

Al igual que Francia, líder europeo y mundial tanto en la elaboración de estrategias como de herramientas de determinación y valorización de la huella de carbono a nivel de productos, pero también de empresas y eventos, lo que ha logrado una concientización importante de parte de la comunidad.

Una de las primeras iniciativas públicas fue la **Publically Available Specification (PAS) 2050**, que ha sido adoptada en numerosos países del mundo y ha influido en el desarrollo de otras metodologías de Huella de Carbono. La PAS 2050 fue desarrollada y publicada por el British Standards Institute (BSI) y copatrocinada por el Carbon Trust y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido con una importante colaboración de partes interesadas y expertos internacionales mediante dos consultas públicas, de varios grupos de trabajo técnicos y la realización de pruebas de campo con borradores de la PAS. La PAS 2050 fue revisada recientemente y se ha alineado con las normas GHG Protocol y la ISO 14067.

Las PAS 2050 no incluye una base de datos de factores de emisión, como es el caso de las herramientas del GHG Protocol, si no que se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y tomar en cuenta. Con respecto a los factores de emisión la PAS 2050, aconseja que si el país no cuenta con valores propios se utilicen los del IPCC u otros que representen o se asemejen a la realidad de la actividad a cuantificar.

La Carbon Reduction Label transmite en los productos los resultados de un análisis PAS 2050 y muestra las cifras exactas de CO<sub>2</sub>e. El mensaje principal que traslada la etiqueta a los consumidores es el compromiso de reducción de las emisiones de GEI de las empresas, aunque también se puede utilizar para informar a los consumidores acerca de cómo reducir sus propias emisiones asociadas a la utilización de un producto dado. Algunos usuarios de la Carbon Reduction Label han decidido utilizar ahora una nueva versión de la etiqueta que no incluye ninguna cifra, pues prefieren imprimir la etiqueta simplemente para declarar su compromiso con la medición y la reducción de la Huella de Carbono del producto.

La evaluación se repite al cabo de dos años y si se evidencia una reducción de la Huella de Carbono, se otorga la etiqueta durante otros dos años. Para obtener la etiqueta se exige una certificación independiente. La Carbon Reduction Label ha sido adoptada por las partes interesadas por diversos países, entre ellos, numerosas otras naciones europeas, Estados Unidos, Canadá, la Federación Rusa, Nueva Zelandia y Austria. La Carbon Trust Footprinting Certification Company ofrece una verificación independiente de los resultados de la Huella de Carbono con respecto a la PAS 2050. A través de Internet, se puede acceder a una base de datos pública que contiene información sobre todos los productos etiquetados. Entre las empresas que aplican la Carbon Reduction Label figura el minorista británico **Tesco**.

Más recientemente, estos mismos organismos han elaborado y publicado la PAS 2060, dirigido a la medición de la huella de carbono de organismos (empresas, administraciones), colectividades territoriales y particulares, con un enfoque hacia la compensación de las emisiones de GEI no reductibles y la comprobación de la validez del carácter “neutro en carbono” de las iniciativas desarrolladas.

Por otro lado, en el año 2008, el Gobierno británico creó el Departamento de Energía y Cambio Climático (Department of Energy and Climate Change, DECC) con el fin de mitigar las emisiones de las grandes empresas, tanto públicas como privadas, obligándolas, a partir de abril del 2010, a medir regularmente sus emisiones de GEI e implementar medidas de reducción (programa CRC).

Más allá de las iniciativas institucionales, se observa una mayor presión a nivel voluntario. Los consumidores británicos están conscientes del impacto de sus estilos de vida y sus hábitos de consumo, la evolución del medio ambiente y, ciertamente, del calentamiento global.

Por otra parte la PAS 2060; 2010 es heredera de la PAS 2050 y dirigido al cálculo y difusión de huellas de carbono de entidades u organizaciones, como por ejemplo, ONG, ministerios, comunas, familias, etc. La norma se aplica a todas las entidades que puedan demostrar que no producen un aumento neto en la emisión de gases de efecto invernadero como consecuencia del desarrollo de ciertas actividades.

## **Francia**

En Francia, el cambio climático ha cobrado gran importancia y reconocimiento por la

ciudadanía, lo que derivó en las leyes “Grenelle de l’environnement” (“Grenelle 1”), aprobada en octubre del 2008, la cual recogía el derecho de los consumidores a una información accesible, objetiva y completa sobre el impacto ambiental de los productos y servicios. El etiquetado ambiental se considera un elemento de peso, pues ayuda a los consumidores, a los productores y a los minoristas a incluir el tema del medio ambiente.

Por otra parte la “Grenelle 2”, se convertía en un requisito legal, sobre la base de los resultados de un proyecto piloto nacional, con el objetivo de divulgar la huella de carbono y otros impactos ambientales de los productos de consumo. Este conjunto de leyes y normas, apuntan a una economía y gestión sostenible, Involucrando en esta lucha contra el calentamiento global a los actores económicos y, a través de la información, a los consumidores.

Todos los productos de consumo, que se vendan en Francia, incluidos los productos importados, tendrán que poner a disposición de los consumidores información de las emisiones de GEI como cifras exactas de CO<sub>2</sub>e La metodología utilizada se basará en los métodos del Análisis del Ciclo de Vida y aunque ya existe una metodología que establece unos principios generales (BPX30-323), el método está siendo perfeccionado por una serie de grupos de trabajo sectoriales. Se está elaborando una base de datos genérica y publica en las que se incluirán los datos genéricos del ciclo de vida, también de los productos agrícolas, y se están elaborando normas para categorías de productos (por el momento ya se han adoptado nueve).

Dentro de las disposiciones de la “Grenelle 1 y 2”, el gobierno, para facilitar la aplicación por parte de los agentes económicos, proporcionará calculadoras en línea vinculadas a las metodologías y a la base de datos. Se ofrecerán una serie de instrumentos específicos para ayudar a las pequeñas y medianas empresas con las cuestiones relativas a los datos y cálculos. Los datos primarios utilizados en los cálculos tendrán que ponerse a disposición de las autoridades públicas, con una cláusula de confidencialidad, si se realizan comprobaciones aleatorias. Como resultaría excesivamente caro exigir una verificación independiente obligatoria, espera que se lleven a cabo comprobaciones aleatorias para verla por el cumplimiento cuando se ponga en marcha la aplicación del nuevo sistema (S. Chevassus, PCF World Forum, abril 2011).

En julio de 2011, se puso en marcha un programa piloto de un año de duración en el que participaron, voluntariamente, más de 160 empresas, entre ellas, productores y minoristas de distinto volumen y procedentes de diversos sectores. Tres de ellas estaban basadas en el exterior (Chile, Colombia y Suecia). Durante este periodo se analizaría la viabilidad de medición de la huella y el etiquetado previstos, así como las distintas opciones para poner la información a disposición de los consumidores.

Pero esta ley no ha estado exenta de problemas desde su aprobación. Por ejemplo, el decreto que prevé la obligación de informar sobre la huella de carbono de las empresas ahora sólo se refiere a las emisiones directas, dejando de lado a las emisiones indirectas, quienes pueden representar hasta un 80% de las emisiones totales de las

empresas.

Por otra parte, la Agencia para el Medio Ambiente y el Control de la Energía (ADEME) elaboró e implementó a partir del 2004 una herramienta metodológica, llamada Bilan Carbone<sup>TM</sup>, para la medición de emisiones de GEI. Ampliamente difundida y utilizada en Francia y en algunos países limítrofes, caracteriza el marco general francés en términos de medición de huella de carbono. El éxito de difusión del uso de dicho instrumento se debe, además de su perfil nacional e institucional, al hecho de que el Gobierno francés otorga subvenciones a las entidades que realizan la medición de huella de carbono con este método.

Al igual que en Inglaterra, en Francia está en progreso un importante proceso voluntario a nivel de los consumidores y de empresas (empresas minoristas como Casino y Leclerc ya implementaron el etiquetado de carbono en productos de marca propia). Este proceso responde, por un lado, a presiones ciudadanas y, por otro, a anticiparse a las legislaciones, como la ley Grenelle 2 o a la obligación de las empresas de cumplir con cuotas de emisiones en el marco del Protocolo de Kioto. En cualquier caso, se aplican “estrategias carbono” para la medición de la huella y la implementación de medidas de reducción y compensación. Las empresas utilizan principalmente la metodología Bilan Carbone<sup>TM</sup>.

### **Alemania**

Alemania se ha fijado metas importantes de reducción de emisiones de GEI: cumplir en 2050 con la mitad de las emisiones que registró en 1990 y aumentó este desafío imponiéndose una reducción de un 40% de estas emisiones para el 2020. Su estrategia se basa principalmente en el uso de energías renovables, a través de incentivos y presiones dirigidos tanto a las empresas como a la sociedad en general.

A pesar de esta marcada preocupación por el cambio climático, en parte como consecuencia de la potencia de sus industrias, Alemania no ha establecido un lineamiento estratégico en lo que corresponde a la huella de carbono. Tampoco ha desarrollado herramientas metodológicas propias. Sin embargo, en 2008 nació el Proyecto Huella de Carbono en Productos (PCF Project), que tiene como objetivo elaborar un estándar para la huella de carbono de los productos y trabajar en conjunto con empresas de diferentes rubros.

### **Tailandia**

La Organización Pública de Gestión de los Gases de Efecto Invernadero (TGO), el Centro Nacional de la Tecnología de los Metales y los Materiales (MTEC) y el Organismo Nacional para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (NSTDA) han elaborado una guía nacional para el cálculo y análisis de la huella de carbono de los bienes y servicios de consumo. Se pretende fomentar un uso más eficiente de la energía y una reducción de las emisiones de GEI, aumentar la competitividad de los productos en los mercados globales e impulsar el crecimiento económico, el desarrollo sostenible y preparar a los exportadores para tener en cuenta la creciente importancia de la contabilidad del carbono en el mercado internacional. La guía tiene estrecha relación con la PAS 2050 y con la ISO 14067.

Hay un punto importante que la guía excluye actualmente las emisiones derivadas del cambio de uso del suelo. Esto se debe a la falta de información disponible para que Tailandia pueda incluir las emisiones por el cambio de uso de suelo. Para corregir esta falta de información, el gobierno tailandés ha estado realizando investigaciones para el desarrollo de coeficientes de emisión específicos nacionales relacionados con las emisiones derivadas del cambio del uso del suelo. Cuando concluyan, este tipo de emisiones se incluirán en la guía nacional. En la actualidad, se están elaborando normas para categorías de productos y una base de datos publica sobre el inventario de ciclo de vida que contiene coeficientes de emisión específicos nacionales.

En la actualidad, existen dos tipos de etiquetas de carbono, que se están aplicando en Tailandia: la Carbon Footprint Label (CFL) y la Carbon Reduction Label (CRL). La primera sigue la guía nacional y está dirigida al mercado internacional. Se basa en todo el ciclo de vida de un producto e indica cifras precisas en términos de CO<sub>2</sub>e. La normativa no exige la obligatoriedad de la reducción de las emisiones de GEI, ya que es un proceso voluntario, pero se espera que las empresas reduzcan su huella de carbono, para mantener la competitividad de sus productos a nivel internacional. Uno de los objetivos principales de la CFL consiste en fomentar la concienciación. Esta etiqueta tailandesa se acepta en otros países de la región que poseen sistemas de etiquetado propios, por ejemplo el Japón. La segunda etiqueta, la CRL, se utiliza en el mercado interno y no abarca todo el ciclo de vida sino la fase de producción.

### **Japón**

El gobierno japonés ha impulsado un programa público sobre la huella de carbono, el que fue desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI), juntamente con universidades locales, la Asociación Japonesa de Gestión Ambiental para la Industria (JEMAI) y el Ministerio de Agricultura, Bosque y Pesca. El programa determina un estándar nacional para la medición de la huella de carbono de productos y del etiquetado de carbono. Los resultados del cálculo son transmitidos a los consumidores a través de etiquetas con las cifras exactas de CO<sub>2</sub>e, buscando con ello ofrecer información los consumidores e incrementar los incentivos para que las empresas reduzcan sus emisiones.

### **España**

En España, en comparación con los demás países de la UE, el proceso de implementación de medidas con respecto a la medición de la huella de carbono, ha ido más lento. Aunque existe conciencia por parte de la ciudadanía con respecto al cambio climático y las medidas de mitigación para hacerle frente, éstas se mantienen detrás de otras preocupaciones como los temas económicos y sociales. Como consecuencia de ello, no existen orientaciones estratégicas estatales claras con respecto a la huella de carbono.

Pero, cabe destacar la iniciativa de la Asociación de Empresarios Productores Ecológicos de Andalucía (EPEA), apoyada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta, la cual, tiene como objetivo contabilizar y verificar la huella de carbono de los productos agroalimentarios a lo largo del todo el ciclo de vida, desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuo. El objetivo de esta iniciativa, es que los actores

involucrados en la elaboración de los productos y quienes lo compran, conozcan cuál es su contribución al cambio climático mediante un etiquetado de carbono. Por otra parte, las empresas que son miembros de la EPEA se comprometen a implementar medidas de mitigación de las emisiones de GEI a través de este programa.

### **Estados Unidos de Norteamérica**

Bajo el primer mandado del Presidente Barack Obama, se presentó al Congreso un proyecto de ley que consideraba aplicar, desde 2020, aranceles diferenciados según las emisiones de carbono de los productos. Se trata del Proyecto de Ley “Energía Limpia y Seguridad Estadounidense (ACES)”, que fue aprobado por la Cámara de Representantes, pero aún se encuentra estancada en el Senado. El parlamento también analiza una ley que establece que los productos de importación provenientes de países sin obligaciones de reducción de emisiones similares a las existentes en los Estados Unidos, deben comprar bonos compensatorios de reducción para poder entrar al mercado.

Por otra parte, la cadena de supermercados Wal-Mart forma parte de la iniciativa Carbon Disclosure Project, la cual tiene como uno de sus objetivos principales, que las empresas informen sus estrategias sobre cambio climático, sus emisiones de GEI y el uso de energía. Debido a ello, Wal-Mart exige a sus proveedores trazar sus huellas de carbono.

No hay que dejar de mencionar que los casos más importantes de comercio de emisiones están en Estados Unidos, que si bien no firmó la ratificación del Protocolo de Kioto, sí ha desarrollado algunos programas de reducción, como son:

- Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI): programa “cap and trade”, consiste en la fijación de límites e intercambio de los derechos de emisión, buscando con ello la reducción de las emisiones de GEI en los estados del noreste y medio-este de los Estados Unidos, que se han dedicado desde 2009 a la generación de electricidad a base a energía fósil.
- Chicago Climate Exchange (CCX): Es un mercado voluntario de carbono que funciona desde 2003 como una bolsa de valores, donde se intercambian unidades de GEI valoradas en CCX.
- Carbon Financial Instrument (CCX CFI): Inicialmente estuvo limitado a proyectos en países que no habían ratificado el Protocolo de Kyoto. Desde 2008, está abierto a proyectos de reducción de emisiones de GEI en todo el mundo.
- Proyecto “Climate Leaders”: Creado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) e implementado en 2002, nació con miras a generar una red de empresas que realizan en forma voluntaria inventarios anuales de sus emisiones de GEI y ejecutan medidas de reducción. En diciembre de 2009, dicho programa contaba con la participación de 283 empresas (tales como Boeing, Kodak, IBM, Pfizer y 3M), las que representarían más del 8% del total de las emisiones de GEI de los Estados Unidos.

Las demás iniciativas que han aparecido en los diferentes estados, siguen las líneas metodológicas tanto de GHG Protocol o la PAS 2050.

### **Nueva Zelandia**

Nueva Zelandia, al igual que nuestro país, es un exportador de productos agrícolas y estos deben recorrer grandes distancias para llegar a su destino, generando emisiones de GEI también por el concepto de transporte. Es por ello que el Gobierno neozelandés con la colaboración de diferentes organismos de investigación y gremios, comenzó y avanzó en el análisis, medición y mitigación de la huella de carbono en varios de sus productos de exportación, entendiendo los desafíos planteados por potenciales decisiones de otros países, en términos de huella de carbono. Todo esto fue plasmado por el Ministerio de Agricultura y Silvicultura en una Estrategia para la Huella de Carbono a partir del año 2008. Con esta estrategia, el gobierno desea disminuir la falta de conocimiento local en esta materia para mantener y fortalecer el sector productivo tanto agrícola como ganadero, de tal manera de marcar presencia en el escenario internacional acerca de la toma de decisiones al respecto (reglas, estándares, sellos).

Siguiendo en esta línea, el gobierno neozelandés en asociación con distintas universidades e institutos de investigación en el rubro agropecuario, creó el Centro de Investigación Agrícola de GEI, para así hacer frente a los desafíos planteados por la huella de carbono y sus posibles consecuencias.

### **Requerimientos de Información para la Estimación o Medición de la Huella de Carbono de un Producto.**

Como se indicó con anterioridad, la huella de carbono permite estimar las emisiones de GEI generadas en todo el ciclo de vida de un producto o servicio.

Las emisiones se consideran a escala de producto o servicio cuando el CO<sub>2</sub> generado está asociado a una unidad de producción, por ejemplo, kilogramos de palta, cantidad de visitas, kilómetros recorridos por día, etc. También las emisiones asociadas a una escala de tiempo, por ejemplo, emisiones al año, la que incluye el CO<sub>2</sub> emitido durante ese periodo por todo el ciclo de vida que compone el bien o servicio.

Por otra parte, las emisiones de GEI que comprenden la huella de carbono tienen diferentes alcances, por un lado están las emisiones directas y por el otro están las indirectas. Las emisiones directas están asociadas a las operaciones que son propiedad o están bajo control de la entidad, empresa o corporación. Esto ayuda a cada institución establecer cuáles de las operaciones y fuentes generan emisiones indirectas. Obtenidos estos datos, se determina cuáles fuentes, como consecuencia de las operaciones, tienen un alcance indirecto en las emisiones para que sean incluidas en el inventario.

#### **I. Fijación de objetivos y definición de la unidad funcional**

El propósito del análisis de la huella de carbono, consiste en identificar los puntos de alarma de las emisiones y en orientar las decisiones acerca de dónde es posible obtener



reducciones. Asimismo, otro de los objetivos del análisis es comunicar los resultados externamente con el fin de contactar con los clientes y otras partes interesadas.

El uso coherente de las fuentes de datos, los métodos de cálculo, las limitaciones del sistema y otras hipótesis son importantes.

Es necesario definir la unidad funcional del análisis. La unidad representa la forma en que consume el producto el usuario final o la forma en que se transfiere de una empresa a la otra en las evaluaciones de empresa a empresa. Todas las emisiones de GEI se calculan y se expresan en relación con la unidad funcional (cantidad representativa de un producto utilizada para referenciar los cálculos, que, a su vez, debe representar la cantidad que normalmente es adquirida por el consumidor (por ejemplo 250 ml de aceite, un kg de palta, etc.), que a continuación se pueden utilizar para fines de comunicación o potencialmente para comparaciones entre productos.

## II. Identificación del ciclo de vida y asignación

El ciclo de vida define el alcance de los procesos incluidos en el análisis. Cuando se realicen comparaciones entre productos similares procedentes de cadenas de suministro distintas, es importante definir con claridad los límites del ciclo de vida y conocer todas las diferencias potenciales existentes.

Las metodologías de la huella de carbono, tales como la PAS 2050, establecen un conjunto específico de normas y limitaciones de los sistemas que son necesarios respetar. Esto se debe, entre otras cosas, al hecho de que se pretende utilizar estos métodos para fines comparativos. La PAS 2050 define dos alcances para el análisis:

- **De la cuna a la puerta:** Fases del ciclo de vida desde la extracción o la adquisición de materias primas hasta el punto en que el producto sale de la organización.
- **De la cuna a la tumba:** Fases del ciclo de vida desde la extracción o la adquisición de materias primas hasta el reciclado y eliminación de residuos

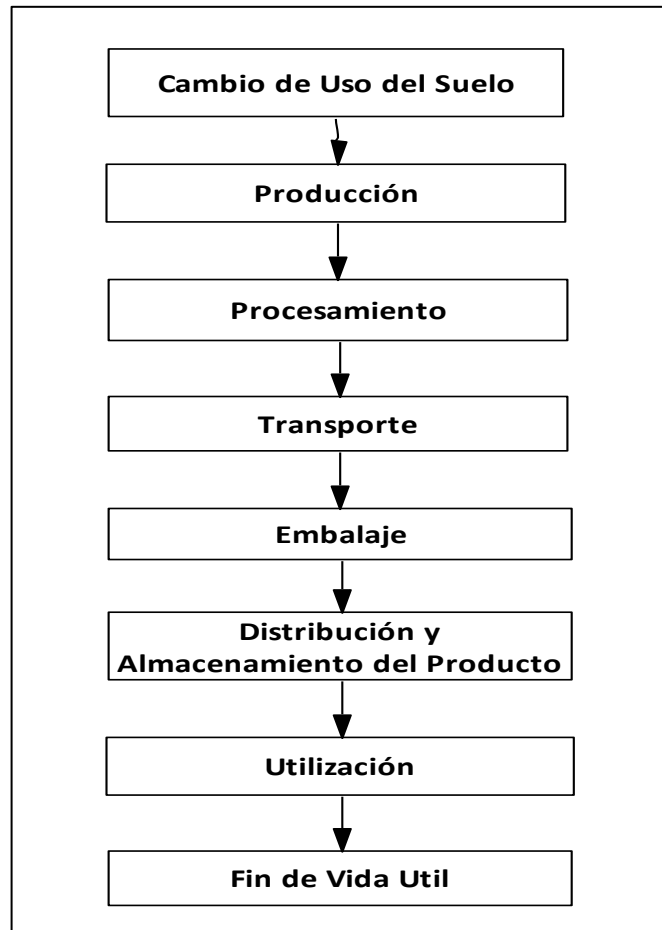
La PAS 2050 especifica los procesos y actividades que es necesario incluir en el análisis y lo que han excluir y orienta sobre cómo abordar las fuentes menores de emisiones que se espera que contribuyan en menos de un 1% al total de las emisiones. Cuando exista una norma para categorías de productos, debe utilizarse para obtener orientación adicional acerca de cómo abordar las cuestiones específicas del producto que se va analizar y que podrían no abordarse de un modo tan exhaustivo en la PAS 2050.

La norma sobre productos del Protocolo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero no exige la inclusión de procesos no atribuibles, por ejemplo, los que no guarden relación directa con el ciclo de vida del producto objeto del estudio. Entre los procesos no atribuibles figuran los siguientes: bienes de capital, operaciones generales, actividades corporativas, transporte de empleados y transporte del consumidor al punto de venta. Este

último elemento no se incluye al definirse que la fase de utilización comienza cuando el consumidor toma posesión o compra el producto. No obstante, sí que se ha de incluir el transporte del consumidor desde el punto de compra hasta su casa. Si se decide incluir alguno de estos procesos que no tienen relación directa con el ciclo de vida del producto, porque se espera que sean importantes, tienen que declararse.

Las distintas metodologías para calcular la Huella de Carbono que están apareciendo en todo el mundo difieren en sus normas y requisitos para la inclusión o exclusión de variables. Por ejemplo la PAS 2050 incluye las emisiones de GEI derivadas del cambio directo del cambio de uso de suelo, siempre que haya ocurrido a contar del 1 de Enero de 1990, mientras que actualmente, la metodología que se aplica en Tailandia no las incluye. Esto quiere decir que no siempre es posible comparar directamente las Huellas de Carbono y que se debe informar con claridad del marco exacto del sistema aplicado en un estudio concreto.

La elaboración de un diagrama de flujo o un gráfico de procesos de la cadena de suministro ayuda a identificar todas las actividades, materiales y procesos que son necesario tener en cuenta para cada paso de la cadena de suministro, para informar de la recopilación de datos. También es efectivo para conocer el sistema de producción a fondo. En el caso del cultivo de la palta, esto incluye un listado de los distintos insumos tales como fertilizantes, agroquímicos, el consumo de energía, los productos consumibles tales como los materiales de envasado. En el diagrama de flujo se incluye los insumos, productos y actividades importantes y los requisitos conexos de recopilación de datos que son necesarios tomar en consideración para los cálculos de la huella de carbono. A continuación, en la Figura N°1, se muestra el ciclo de vida “de la cuna a la tumba” de un producto agrícola como la palta.



**Figura 1. Ciclo de vida “de la Cuna a la Tumba”**

No siempre están presentes todas estas etapas, como es el caso del cambio de uso del suelo, que solo se debería contabilizar si ocurrió a contar del 1 de Enero de 1990.

### **III. Recopilación de datos**

El siguiente paso incluye la recopilación de datos de la actividad correspondiente al tipo y cantidad de insumos, incluidos los materiales, la energía y los procesos pertinentes (por ejemplo, la cantidad de diésel, electricidad, fertilizantes, agua y otros insumos utilizados).

Los datos de actividad y los coeficientes de emisión pueden venir de dos fuentes: primarias o secundarias. Los datos primarios son específicos de la cadena de suministros o el producto objeto de análisis; los datos secundarios no son específicos del producto (por ejemplo: promedios industriales o medidas generales de procesos).

Los datos primarios favorecen la identificación de los puntos críticos de las emisiones y los posibles aumentos de la eficiencia.

La metodología empleada para este estudio, la PAS 2050, no exige datos primarios correspondientes a las emisiones producidas en fases avanzadas de la cadena de suministro, por ejemplo, durante la fase de la utilización de la palta por parte del consumidor o el proceso de eliminación.

Los datos secundarios se utilizan cuando no existen datos primarios disponibles o de buena calidad. Un ejemplo de ello son las emisiones de óxido nitroso de los suelos agrícolas que no se pueden medir individualmente en cada explotación. En este caso, la PAS 2050 no exige la utilización de datos primarios y aconseja utilizar factores de emisión del IPCC (2006), garantizando coherencia y permitiendo una mayor comparabilidad.

#### **IV. Cálculo de las emisiones de GEI**

El cálculo de los GEI emitidos desde los insumos, los productos y los procesos ya definidos en el ciclo de vida. Para ello, se multiplica la cantidad de un insumo utilizado, por ejemplo, el fertilizante de nitrato de amonio por su factor de emisión.

Los factores de emisión (FE) son cifras que se expresan la cantidad de GEI emitidos durante la fabricación o utilización de los productos y durante determinados procesos. Estos factores se expresan normalmente en términos de kg de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente).

Los FE combinan datos sobre la cantidad de un producto utilizado en la cadena de suministro, por ejemplo el fertilizante de nitrato de amonio, con los factores de emisión correspondientes a la producción y a la utilización de ese fertilizante, es posible calcular total de GEI emitidos a causa de su utilización.

Si se repite este proceso con todos los insumos y procesos se logra estimar la cantidad de GEI emitidos en el ciclo de vida.

Las emisiones del uso del suelo se calculan, con las ecuaciones y factores de emisión predeterminados por el IPCC.

Al utilizar los factores de emisión, es necesario seleccionar el que mejor se adecue al proceso que se va a analizar, considerando las singularidades locales. También es importante prestar atención a la utilización del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para convertir los GEI de CO<sub>2</sub> en la unidad de CO<sub>2</sub>e, ya que estos han cambiado en el transcurso de los años debido a las mejoras en el conocimiento científicos. La mayoría de las metodologías para el cálculo de la huella de carbono exigen la utilización de las publicaciones más recientes del IPCC. El IPCC define potenciales de calentamiento atmosférico correspondientes a distintos periodos de tiempo (20,100 y 500 años) aunque la práctica habitual consiste en utilizar el horizonte de tiempo de 100 años.

## V. Conversión a una unidad funcional

Los resultados de los cálculos del todo el ciclo de vida de la palta, se deben convertir a una unidad productiva. Las emisiones de GEI de la fabricación de insumos (fertilizantes) y otros procesos, como por ejemplo las emisiones de óxido nitroso del suelo, se calculan a menudo por hectárea y la conversión exige la expresión de las emisiones por unidad de producto, en este caso, por kg de rendimiento por hectárea de lo producido. En la siguiente ecuación se expresa el cálculo de la huella de carbono, convertida a unidad funcional:

$$\text{Emisiones totales de GEI} \left( \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kg de paltas}} \right) = \frac{\text{Emisiones de GEI} \left( \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{ha} * \text{año}} \right)}{\text{Rendimiento} \left( \frac{\text{kg de palta}}{\text{ha} * \text{año}} \right)}$$

## VI. Presentación de información

Para concluir, la normativa PAS 2050 no exige la divulgación exterior de los resultados ni la publicación del análisis, pero si estos desean ser informados externamente deberán ser certificados por una entidad independiente, verificada por otras partes o una autoverificación, para así alegar el cumplimiento con la PAS 2050.

### Estimación de la Huella de Carbono de la Palta.

Se optó por la herramienta de evaluación de la huella de carbono PAS 2050, debido principalmente a dos puntos importantes: primero es la metodología más utilizada en el mundo para el cálculo de la huella de carbono de productos, y el segundo porque los resultados obtenidos pueden ser comparables al realizado por Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, 2010), en donde se identificó la huella de carbono de varios productos frutícolas de exportación utilizando este protocolo, incluyendo la palta, esta última bajo dos condiciones: en fondo ladera y en planicie.

Adicionalmente, la PAS 2050 utiliza como referencia para sus términos y definiciones, la siguiente serie de normas internacionales:

- ISO 14021. Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaración.
- ISO 14025. Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiquetas y declaraciones ambientales.
- ISO 14040. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y guía.
- ISO/TS 14048. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Modelos de documentación de los datos.

- ISO 14064-1. Gases de efecto invernadero. Parte 1. Especificación con guía a nivel organizativo para la cuantificación e informe de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero.

## **I. Fijación o identificación de objetivos**

Dentro de los primeros pasos, como se describió más arriba, es la fijación de objetivos que para esta memoria, ya se han cumplido con la identificación de la metodología a usar en el cálculo de huella de carbono, pero también de conocer posibles alternativas que puedan ayudar en un futuro a reducir la huella de carbono del cultivo de la palta.

Aplicar un protocolo internacionalmente reconocido, para la evaluación de la huella de carbono de las paltas chilenas e identificar las etapas con potencial de reducción.

## **II. Identificación del ciclo de vida de la palta y sus alcances.**

Este análisis de ciclo de vida se realizó asegurando que se ha considerado toda la información relevante y el ciclo de vida completo del producto. En la figura 1, se esquematiza el ciclo de vida de la palta, el que puede descomponerse en los siguientes procesos: Cambio de uso de suelo; Producción; Procesamiento; Transporte; Embalaje; Distribución y Almacenamiento; Utilización y Fin de la Vida Útil. Para este “ejercicio” de cálculo de huella de carbono se optó por el alcance de análisis “de la cuna a la puerta”, es decir, desde la adquisición de insumos (ejemplo: fertilizantes) hasta el puerto de entrega en EEUU nuestro mayor comprador de paltas). En la figura 2, se muestra el ciclo de vida resultante de este ejercicio e incluye las emisiones derivadas en cada proceso del ciclo.

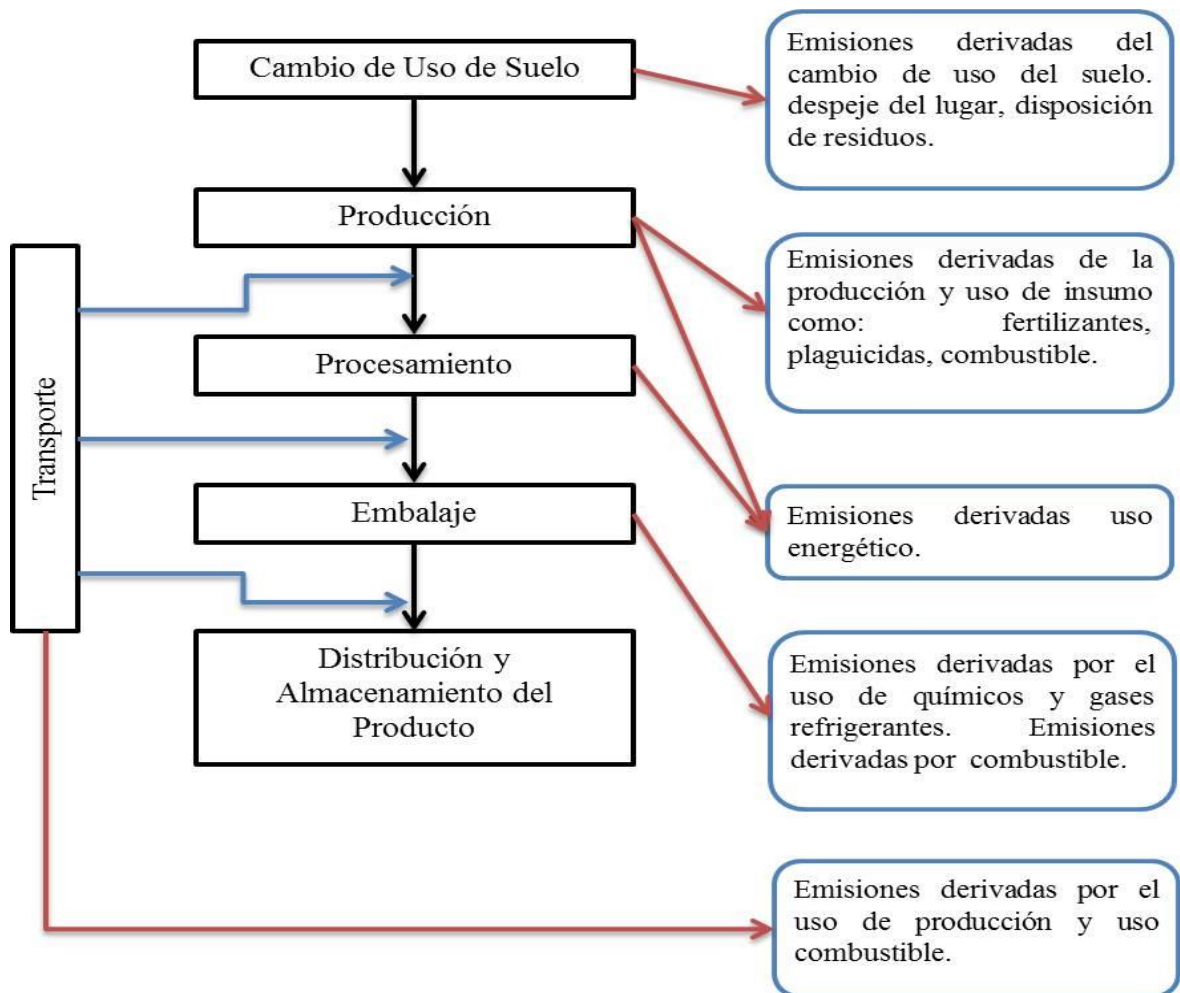


Figura 2. Ciclo de Vida de la Palta “de la Cuna de la Puerta”

### III. Recopilación de datos

La PAS 2050 incluye mucha información práctica, para la evaluación de los análisis del ciclo de vida. En el Anexo V, se incluye una lista de los gases que deben incluirse en las evaluaciones, como también los factores de emisión utilizados para esta memoria. Se trabajó con los últimos factores de emisión del IPCC disponibles, también se requirió para el cálculo de las emisiones del ciclo de vida, una serie de factores de emisión adicionales. En el caso de los fertilizantes, se utilizaron los factores de emisión del estudio realizado por Wood, S. y Cowie A. (2004) y para el ítem transporte se contó con los factores sugeridos por DEFRA. Para el uso de electricidad se contó con factor de emisión nacional, que es calculado año a año por el Ministerio de Energía.

Se consideró una serie de fuentes de emisión como el uso de energía, los procesos de combustión, la reacción química, las pérdidas de gases refrigerantes y otros gases volátiles.

Es importante destacar que el análisis del ciclo de vida de un producto, según la PAS 2050, no puede reducir las emisiones asociadas utilizando como argumento que dichas emisiones se excluyen debido a cualquier mecanismo de compensación de emisiones, aunque estos mecanismos estén reconocidos a nivel nacional o internacional.

Siguiendo los lineamientos de la PAS 2050, los datos que se recopilamos mediante encuestas, a productores de palta, transportistas, funcionarios de packing y la inclusión de juicio de experto, son los siguientes:

### **Plantación 1.**

San Pedro - Parcela 39 (UTM: -32.958; -71.243). Se encuentra ubicada en la comuna de Quillota, Región de Valparaíso. Tiene una superficie de 12 ha y una producción estimada de 228 toneladas por temporada. Plantación en planicie. El año de la plantación fue en 1991. Los procesos que tienen lugar dentro de la plantación, son los siguientes: Manejo (poda; control de plagas, riego, utilización de fertilizantes, cosecha, residuos, etc.); Producción; Utilización de transporte y maquinaria.

En los siguientes cuadros, se presentan los datos entregados por el agricultor:

**Cuadro 1. Consumo eléctrico y combustible en plantación 1**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Consumo Eléctrico		31.250,0	KWh
Petróleo	Maquinaria y Transporte	7.338,0	L
Lubricante	Maquinaria y Transporte	220,1	L

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

**Cuadro 2. Consumo fertilizantes y plaguicidas en plantación 1**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Fertilizantes	Nitrógeno	60,0	kg/ha
	Urea	120,0	kg/ha
Plaguicidas	Citrovil	12,0	L/ha
	Metomil 90% PS	2,8	kg/ha
	Glifosato 48%	12,0	L/ha

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

**Cuadro 3. Manejo de residuos en plantación N°1**

<b>Residuos</b>	<b>Disposición Residuo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
-----------------	----------------------------	-----------------	---------------

(Continúa)



Cuadro 3 (Continuación)

<b>Residuos</b>	<b>Disposición Residuo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Poda y hojarasca	Uso como leña	300,0	kg/ha
Poda y hojarasca	Descomposición sobre el suelo	1000,0	kg/ha
Poda y hojarasca	Relleno Sanitario	3000,0	kg/ha
Residuos Plásticos y otros	Relleno Sanitario	200,0	kg/ha

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

### **Plantación N°2.**

San Pedro (UTM: -32.962; -71.246). Se encuentra ubicada en la comuna de Quillota, Región de Valparaíso. Tiene una superficie de 13 ha y una producción estimada de 338 toneladas por temporada. Plantación en ladera. Los procesos que tienen lugar dentro de la plantación, son los siguientes: Manejo (poda; control de plagas, riego, utilización de fertilizantes, cosecha, residuos, etc.); Producción; Utilización de transporte y maquinaria.

A continuación se presentan los datos entregados por el agricultor:

### **Cuadro 4. Consumo anual de electricidad y combustible en plantación N°2**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Consumo Eléctrico		35.937,5	KWh
Petróleo	Maquinaria y Transporte	12.360,0	L
Lubricante	Maquinaria y Transporte	370,7	L

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

### **Cuadro 5. Consumo anual de fertilizantes y plaguicidas en plantación N°2**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Fertilizantes	Nitrógeno	80,0	kg/ha
	Urea	120,0	kg/ha
Plaguicidas	Citrovil	12,0	L/ha
	Metomil 90% PS	2,8	kg/ha
	Glifosato 48%	12,0	L/ha

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada

### **Cuadro 6. Manejo de residuos de plantación N°2**

<b>Residuos</b>	<b>Disposición Residuo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Poda y hojarasca	Uso como leña	330,0	kg/ha
Poda y hojarasca	Descomposición sobre el suelo	1200,0	kg/ha

(Continúa)

Cuadro 6 (Continuación)

<b>Residuos</b>	<b>Disposición Residuo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Poda y hojarasca	Relleno Sanitario	3100,0	kg/ha
Residuos Plásticos y otros	Relleno Sanitario	250,0	kg/ha

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

### **Packing**

(UTM: -33.119; -70.830). Se encuentra ubicado en la comuna de Tiltil, Región Metropolitana. Procesa una cantidad de 9.672 ton., de paltas por temporada. Los procesos que están involucrados dentro del Packing son los siguientes: Procesamiento y embalaje; selección de frutas; lavado y limpieza; aplicación de productos; desinfección, embalaje; almacenamiento refrigerado; mantención general; residuos.

A continuación se presentan los datos entregados por la empresa:

**Cuadro 7. Consumo anual de electricidad y combustible en packing**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Consumo Eléctrico		146.568,42	KWh
Petróleo	Generador	52.700,00	L
Gas	Grúas Horquillas	22.016,00	L
Gas	Otros	11.706,00	L

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

**Cuadro 8. Consumo anual de químicos y gases refrigerantes en packing**

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Proceso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Químico	Hipoclorito de Sodio al 10%	4640,00	L
	Ácido Clorhídrico	200,00	L
Refrigerante	Freón R-12	96,00	kg
	Freón R-22	30,00	kg

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

**Cuadro 9. Materiales utilizados en el embalaje en packing**

<b>Material</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Caja	Cartón one touch 4,2	1920,00	c/u
Esquinero	Kraf impreso 2,3 m cartón	80,00	c/u
Clavos	1 1/2*14 cabezón	320,00	kg
Sellos	Dentado tipo R	180,00	kg

(Continúa)

Cuadro 9 (Continuación)

<b>Material</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Zuncho Plástico	Polipropileno blanco 1/2 * 0,8 2000 m	1080,00	m
Parrilla	Cartón caja 4,2 weyer	20,00	c/u

Fuente: Elaboración propia, derivado de la información entregada.

Antes de realizar el cálculo de las emisiones y conocer la huella de carbono se debió trabajar con ciertos supuestos debido a la incertidumbre de ciertos datos.

### **Supuestos para la estimación del cálculo de emisiones.**

Debido a la variabilidad e incertidumbre de algunos de los datos recolectados en la fase de recopilación de datos, se trabajó con algunos supuestos, para así poder realizar la contabilidad de las emisiones. Estos supuestos están respaldados por el estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria en el cálculo de la huella de carbono de productos de exportación.

Los insumos utilizados en los diferentes procesos del ciclo de vida de carbono de la palta, son importados y la oferta internacional es amplia, por lo realizó un promedio de la distancias recorridas por dichos productos desde su origen a su uso. Los insumos que caen en esta categoría son los siguientes:

- Fertilizantes
- Plaguicidas
- Gases Refrigerantes
- Diésel

Otros supuestos son:

- Horas trabajadas de las maquinarias
- Rendimiento

### **Asignación de emisiones**

La PAS 2050, también especifica los requisitos para realizar la asignación de emisiones durante el ciclo de vida del producto y en este caso de la palta. De este modo, se estableció la asignación de emisiones asociadas a:

- La generación de residuos.
- Utilización de energía.
- Transporte de los insumos – materia prima, fertilizantes, combustible -, considerando incluso las emisiones de los vehículos cuando estos retornan vacíos tras llevar los bienes a su destino (solo a nivel nacional).
- Aplicación y utilización de los insumos

- Utilización de residuos.

#### IV. Cálculo de Emisiones

El proceso de evaluación de la huella de carbono se completa finalmente con el cálculo de las emisiones. Y para todas las etapas y procesos del ciclo de vida de la huella de carbono de la palta, se necesitó conocer la distancia recorrida, número de viajes, rendimiento y combustible utilizado tanto de la maquinaria utilizada y del transporte usado para el traslado de la maquinaria como otros insumos. También se debió conocer el uso y la disposición final de los residuos, energía utilizada en los diferentes procesos, la fabricación y uso de los insumos. A continuación, en los cuadros del 10 al 14, se pueden observar algunos de los factores de emisión utilizados. En el Anexo I, se puede encontrar todos los FE empleados en esta memoria.

**Cuadro 10. Factores de emisión para consumo de fuentes de energía**

Fuente	Combustible	Unidad	Factor de Emisión	
			Valor	Unidad
Móvil	Petróleo Diésel	L	2,6765	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Bencina 93-95-97	L	2,2718	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Gas natural	L	1,7357	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Gas licuado (GLP)	L	1,6117	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Lubricante	L	2,9467	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
Estacionaria	Petróleo Diésel	L	2,7318	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Bencina 93-95-97	L	2,4203	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Electricidad	KWh	0,3490	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Gas natural	L	2,2039	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
	Lubricante	L	2,9467	kg CO <sub>2</sub> e/unidad

Fuente: Elaboración propia con datos de IPCC 2006 y MINENERGIA

**Cuadro 11. Factores de emisión por extracción y refinamiento de combustibles**

Combustible	Unidad	Factor de Emisión	
		Valor	Unidad
Petróleo Diésel	L	0,255619	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
Bencina 93-95-97	L	0,313728	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
Bencina 170	L	0,313728	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
Gas natural	L	0,152490	kg CO <sub>2</sub> e/unidad
Lubricante	L	0,255619	

Fuente: Elaboración propia con datos de Dr. C.A. Lewis, 97

**Cuadro 12. Factores de emisión por transporte (ruta de los combustibles)**

Tramo de la ruta	Vía	Unidad	Factor de Emisión	
			Valor	Unidad
Refinería a puerto/puerto a refinería	Terrestre	L-km	0,00014138	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Puerto a puerto	Marítima	L-km	0,00000403	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Puerto a sitio de expendio	Terrestre	L-km	0,00014138	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.

Fuente: Elaboración propia con datos de DEFRA

**Cuadro 13. Factores de emisión por transporte (ruta de los insumos)**

Tramo de la ruta	Vía	Unidad	Factor de Emisión	
			Valor	Unidad
Fábrica a puerto/aeropuerto	Terrestre	kg-km	0,00031873	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Puerto a puerto	Marítima	kg-km	0,00001311	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Puerto a sitio de expendio	Terrestre	kg-km	0,00031873	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Aeropuerto a aeropuerto	Aérea	kg-km	0,00060076	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Aeropuerto a sitio de expendio	Terrestre	kg-km	0,00031873	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.

Fuente: Elaboración propia con datos de DEFRA

**Cuadro 14. Factores de emisión por transporte (ruta de los productos)**

Tramo de la ruta	Vía	Unidad	Factor de Emisión	
			Valor	Unidad
Campo a packing	Terrestre	kg-km	0,00031873	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Packing a Unidad Frío	Terrestre	kg-km	0,00031873	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Unidad Frío a puerto/aeropuerto	Terrestre	kg-km	0,00035057	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Puerto a puerto	Marítima	kg-km	0,00000706	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.
Aeropuerto a aeropuerto	Aérea	kg-km	0,0004506	kg CO <sub>2</sub> e/kg-km transp.

Fuente: Elaboración propia con datos de DEFRA

Para el cálculo de emisiones se siguieron los requisitos establecidos por PAS 2050, los cuales son:

1. Conversión de datos primarios y secundarios en emisiones de gases de efecto invernadero.
2. Conversión de las emisiones a CO<sub>2</sub>e
3. Cálculo del carbono almacenado en el producto en CO<sub>2</sub>e
4. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad funcional de producto.
5. Cálculo final de emisiones considerando materias primas o procesos menores que hayan sido excluidos, en una primera oportunidad, del análisis del ciclo de vida.
6. Declaración de conformidad.

## **V. Presentación de información**

Finalmente, se consideran 3 métodos para realizar la declaración de conformidad con los requisitos de PAS 2050.

Estos métodos pueden ser:

1. Certificación por tercera parte independiente acreditadas
2. Verificación de otras partes
3. Autoverificación. En cuyo caso se requiere que el método para esta verificación y la declaración de los resultados sean conformes a ISO 14021.

## **Oportunidades de Mitigación**

Uno de los principales beneficios de realizar el cálculo de la huella de carbono en cualquier producto, es la identificación de los puntos críticos que están generando mayores emisiones de GEI. Este punto es importante, dado que nos permite identificar oportunidades para mitigar o reducir las emisiones generadas durante el ciclo de vida.

El transporte de larga distancia también puede constituir un punto de alarma de las emisiones especialmente si los productos frescos se transportan por vía aérea (Sim et al. 2007, Edward-Jones et al 2009a)

Las emisiones producidas en las exportaciones agrícolas se deben fundamentalmente a los suelos. El N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>, conjuntamente con el CO<sub>2</sub>, son los principales GEI emitidos. Durante las fases restantes de la cadena de suministro, tales como el transporte, el almacenamiento, la refrigeración, la venta al por menor, la cocción y la eliminación de los residuos, suelen predominar las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de los combustibles fósiles (Garnett, 2011). En los siguientes cuadros, se puede observar los resultados obtenidos del cálculo de emisiones de GEI del ciclo de vida de la palta, tanto en planicie como en ladera.

**Cuadro 15. Huella de Carbono de la palta**

<b>Ciclo de Vida Completo</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de palta</b>
Palta Valle	0,437
Palta Ladera	0,430

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 16. Huella de Carbono de la palta (valle y ladera) dividido por proceso**

<b>Ciclo de Vida</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>		<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>	
	<b>Valle</b>	<b>%</b>	<b>Ladera</b>	<b>%</b>
Producción	0,252	57,7%	0,245	57,0%
Packing	0,029	6,7%	0,029	6,8%
Transporte nacional	0,043	9,8%	0,043	9,9%
Transporte internacional	0,113	25,8%	0,113	26,2%
<b>Ciclo Completo</b>	<b>0,437</b>	<b>100,00%</b>	<b>0,430</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 17. Huella de Carbono de la palta (valle y ladera), por fuente de emisión**

<b>Fuente de Emisiones</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>		<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>	
	<b>Valle</b>	<b>%</b>	<b>Ladera</b>	<b>%</b>
Energía	0,337	77,1%	0,338	78,5%
Insumos	0,044	10,1%	0,038	8,9%
Residuos	0,056	12,8%	0,054	16,8%
<b>Ciclo Completo</b>	<b>0,437</b>	<b>100,00%</b>	<b>0,430</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 18. Tipos de emisiones resultantes de la Huella de Carbono de la palta**

<b>Tipo de emisión</b>	<b>Ítem</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>	
		<b>Valle</b>	<b>Ladera</b>
<b>Directas</b>	<b>Ciclo de Vida</b>		
	Energía	0,275	0,276
	Insumos	0,028	0,027
	Residuos	0,056	0,054
	<b>Total</b>	<b>0,359</b>	<b>0,357</b>
<b>Indirectas</b>	Energía	0,005	0,004

(Continúa)

Cuadro 18 (Continuación)

<b>Tipo de emisión</b>	<b>Ítem</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg de Palta</b>
	<b>Ciclo de Vida</b>	<b>Valle</b>	<b>Ladera</b>
<b>Indirectas</b>	Residuos	0,000	0,000
	<b>Total</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>
<b>Involucradas</b>	Energía	0,057	0,058
	Insumos	0,016	0,011
	<b>Total</b>	<b>0,073</b>	<b>0,069</b>
<b>Total emisiones ciclo de vida</b>		<b>0,437</b>	<b>0,430</b>

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que la Huella de Carbono de la palta, tanto en valle como en ladera, se encuentra dentro de los valores resultantes del estudio realizado por INIA (2010). Es importante destacar que la Huella de Carbono de la palta es claramente inferior a las emisiones producidas durante el ciclo de vida de otros productos frutícolas como la manzana, según los valores del mismo estudio.

## **I. Rendimiento**

El resultado de la Huella de Carbono final de la palta está directamente relacionado con la productividad, como se vio en los casos de estudio realizados a los agricultores. Un cultivo con una alta cantidad de insumos que realiza con eficacia la conversión de estos insumos en rendimiento puede tener una huella de carbono reducida. Cuanto mayor sea el producto en relación con los insumos, menor será la huella de carbono. Por consiguiente, para reducir la huella de carbono es relevante potenciar los niveles de rendimiento, para así incrementar las eficiencias de la producción.

El suelo es un recurso finito, motivo por el cual es muy importante hacer un uso eficiente y sustentable. Un rendimiento bajo implica que se va necesitar más hectáreas de suelo para producir una cantidad de producto. Si por el contrario, existiera un mejor rendimiento, se necesitará menos suelos para producir la misma cantidad de producto. Esto quiere decir que un alto rendimiento podría evitar el cambio de uso de suelo, disminuyendo las emisiones de GEI, correspondiente a este ítem. Sin embargo, hay que tomar en cuenta la prestación de servicios del ecosistema, como el suministro de agua y la biodiversidad. Por lo que hay que evaluar que si este aumento del rendimiento del cultivo no afecte de manera negativa al conjunto del ecosistema.

## **II. Fertilizantes**

La utilización de fertilizantes sintéticos provoca emisiones de GEI y éstas provienen de dos fuentes: la fabricación industrial de fertilizantes minerales y las emisiones de óxido nitroso de los suelos agrícolas tras la aplicación de fertilizantes de nitrógeno y minerales.



El incremento de nitrógeno disponible en los suelos mediante la adición de fertilizantes tanto orgánicos como minerales, residuos vegetales, etc., conduce a un aumento de las emisiones directas de  $N_2O$  mediante procesos microbianos. Adicionalmente, estos insumos nitrogenados causan emisiones indirectas de  $N_2O$  mediante la volatilización, lixiviación y escorrentía de nitrógeno desde los suelos gestionados. Debido a que se aplica una gran cantidad de fertilizante nitrogenado y sumado al elevado potencial de calentamiento global (310, valor utilizado para esta memoria), estas emisiones suelen ser muy relevantes en el cálculo de la Huella de Carbono de un producto. Por lo anterior, es que tener datos de buena calidad es fundamental para un buen cálculo de la huella.

Un punto importante a considerar sobre los fertilizantes es su elaboración. En la elaboración industrial de estos productos se utilizan grandes cantidades de energía y también se liberan grandes cantidades de  $N_2O$ , constituyendo otra fuente importante de emisiones de GEI

Las oportunidades de mitigación en los cultivos, se pueden centrar en una aplicación y gestión más eficientes de los fertilizantes nitrogenados. Un análisis del contenido de nitrógeno disponible en los suelos en determinadas épocas del año, puede ayudar a evaluar las necesidades del nutriente y adaptar la aplicación a las necesidades del cultivo. Es necesario mencionar que las emisiones derivadas de la producción industrial de fertilizantes se pueden reducir con la mejora de la eficiencia energética o la utilización de energías renovables, para reducir las pérdidas de  $N_2O$ .

### **III. Uso de combustibles fósiles**

La utilización de combustibles derivados del petróleo en las operaciones tales como el arado, la cosecha, la labranza, la aplicación de fertilizantes, contribuye al total de las emisiones de GEI. El aumento de la eficiencia del consumo y la utilización de energía fósil puede derivar en una reducción de las emisiones. Por lo anterior, la reducción de la huella de carbono depende de la eficiencia con que se haga la gestión de la maquinaria, reduciendo al mínimo el número de horas de uso de esta.

### **IV. Riego**

El riego puede constituir una importante fuente de uso energético dentro de la explotación del cultivo y de las emisiones asociadas de GEI, especialmente cuando éste se realiza por métodos modernos, que requieren impulsión del agua.

La aplicación de ciertas medidas puede suponer importantes ahorros en este ítem;

- Configurar los aspersores o goteros y la presión de operación, para optimizar el uso del agua.
- Realizar mantenimiento frecuente y utilizar bombas de tamaño adecuado.

- Reducir al mínimo la cantidad de agua (incluyendo el agua lluvia en la programación de riego, supervisando la humedad de suelo).
- Utilizar bombas de alto rendimiento energético.

La instalación de medidores de agua proporciona información para supervisar el consumo de agua real, que es esencial para la gestión de un sistema de riego eficiente.

## **V. Almacenamiento de los frutos**

El almacenamiento puede tener un impacto significativo en el total de la huella de carbono, principalmente cuando el producto se almacena por un tiempo prolongado. Por lo que es recomendable mejorar la eficiencia energética, como también el uso de energías renovables y la reducción de las pérdidas que se producen durante el almacenamiento.

## **VI. Carbono del Suelo**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo representan uno de los flujos más importantes del ciclo global del carbono (Schlesinger & Andrews 2000). La implementación de ciertas medidas puede contribuir a mitigar estas emisiones, estamos hablando de; fomento a la agricultura orgánica, secuestro de carbono en los suelos agrícolas por aplicación e incorporación de materia orgánica estabilizada en forma regular.

La primera medida tiene como objetivo fomentar la captura de carbono estable en el suelo a través de la aplicación de materia orgánica (MO), en sistemas permanentes de aplicación con certificación asociada. Esta incorporación considera la estrata 0-20 cm de profundidad del suelo. Por lo tanto, esta medida aumenta las capturas de CO<sub>2</sub>. Este procedimiento asume que en sistemas convencionales de cultivo en estado de régimen (>20 años) no existe captura ni emisión de CO<sub>2</sub>e asociado al método de labranza, en concordancia con las recomendaciones del IPCC (2006).

Con respecto al secuestro de carbono por los suelos mediante la cero labranza, busca incrementar el contenido de carbono orgánico de los suelos, como consecuencia de una estrategia de labranza cero de la superficie de los suelos e incorporación de residuos de cultivos. Esta medida considera la captura de carbono en suelos, por incorporación de rastrojos con una alta relación C/N, los que al degradarse en el suelo, permiten la captura de la fracción recalcitrante de C disponible en los mismos. Hay que tener en cuenta que es muy posible que se necesite una fertilización adicional de N, por lo que el impacto final de reducción de esta medida debe considerar el balance entre la captura de CO<sub>2</sub> y las emisiones por uso de N tanto directas como indirectas.

Por último, el secuestro de carbono en suelos agrícolas por aplicación e incorporación de materia orgánica estabilizada en forma regular, consiste en la incorporación al suelo, en forma deliberada y consistente, de materiales con alto contenido de carbón estabilizado en cantidades superiores a los niveles de mineralización que dicho suelo registra. Con esto se

logra el aumento de los contenidos de carbono orgánico estable en el suelo, lo que aumenta la captura de carbono en suelos agrícolas, por sobre los valores base considerados en equilibrio (captura=emisión). A diferencia de la medida de incentivo a la agricultura orgánica, en este caso no se requiere que el producto que contiene el C estabilizado provenga de sistemas productivos con certificación, ampliando el rango de aplicación de la medida.

Hay que tomar en cuenta que la metodología PAS 2050, al igual que otras, establece que se excluyan de todos los cálculos estas pérdidas y ganancias de carbono en suelos cultivados.

## **VII. Residuos**

Los residuos están presentes en todas las fases de la cadena de suministro. La pérdida va acompañada de un desperdicio de los recursos y en la energía utilizada.

Las medidas de reducción deben ir dirigidas a una mejor gestión e inversión en infraestructura, mejoras en las instalaciones de almacenamiento, el transporte, envasado y distribución. También se debe incluir a los minoristas, los proveedores de servicios alimentarios y consumidores, quienes tienen las oportunidades de mitigación más importantes, como la mejora del etiquetado, mejora en el conocimiento de los consumidores con respecto al etiquetado y almacenamiento de los alimentos.

## CONCLUSIONES

El protocolo PAS 2050 es perfectamente aplicable a los productos agrícolas nacionales, el cual proporciona un completo y objetivo conjunto de requisitos y directrices para la realización del análisis del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de un producto agrícola. Se puede concluir que la utilización de la PAS 2050 en Chile sería recomendable para ayudar a fortalecer la imagen del país como exportador de alimentos bajos en emisiones.

El punto importante, dentro del proceso de cálculo de la huella de carbono de la palta, fue la determinación del ciclo de vida del producto. Al conocer y tener claro los alcances de éste, se ponen en evidencia los procesos que serán contabilizados y los datos necesarios para realizar dicho cálculo. Pero quedó en evidencia que no es una tarea fácil de abordar, debido al nivel de profundidad al que es necesario llegar en el establecimiento de variables que a veces no se encuentran debidamente cuantificadas y registradas. Se concluye que será necesaria una mejor trazabilidad de las variables que caracterizan el ciclo de vida de los productos. En este sentido se necesita de una política o lineamientos claros a nivel nacional para abordar este tema o establecer una metodología propia, como ya lo han hecho otros países entre ellos, Francia, Inglaterra, Suecia, Japón, Tailandia o Corea del Sur.

Las emisiones de GEI de la palta que se encuentran en el valle (plantación 1), fueron mayores que las plantaciones de ladera (plantación 2). . Esto se debe a los mayores rendimientos de la plantación en ladera, a pesar de que esta plantación consume más energía por la elevación de agua para riego. Esto muestra la alta sensibilidad que tiene la huella de carbono frente a los rendimientos finales del producto.

Un monitoreo permanente de la huella de carbono de los productos exigirá contar con datos objetivos y confiables. Muchos de los datos requeridos para evaluar la huella de carbono no pueden ser tomados de otros países, pues son país-específicos<sup>1</sup> y con factores de emisión igualmente país-específicos.

La situación del país, en cuanto a factores de emisión distintos de nivel 1 (factor de emisión por defecto), es aceptable, para proceder al cálculo de huella de carbono, debido a que el sector energía cuenta con un factor de emisión país-específico (nivel 2), permitiendo entregar valores acordes con la realidad chilena en este ítem.

Por otra parte, el país no cuenta con información científica que le permita definir factores de emisión nivel 2 o 3 para las emisiones de óxido nitroso desde la superficie de los suelos. A futuro se debiera definir las necesidades de investigación conducentes a contar con

---

<sup>1</sup> En el caso de Chile, dada su amplia variabilidad ambiental, el concepto “país-específico” debe entenderse como “localidad-específicos”.

factores de emisión de nivel 2, al menos para las categorías y subcategorías significativas y, también, contar con acceso a fondos que le permita llamar a concursos de proyectos, de modo de ir satisfaciendo gradualmente las necesidades de conocimiento previamente definidas. A este respecto, se debería privilegiar los siguientes temas:

- **captura de carbono orgánico por los suelos:** sobre la base de una subdivisión de suelos según una matriz que involucre unidad territorial, tipo del suelo, tipo de cobertura vegetal y gestión del suelo,
- **emisión de óxido nítrico desde la superficie de los suelos:** sobre la base de una subdivisión de los suelos según una matriz que reconozca unidad territorial, tipo de suelos, cultivo y tipo gestión de insumos.

Al día de hoy, no parece aconsejable ampliar la base de necesidades de investigación a otros temas asociados a categorías menos significativas, de manera de no dispersar los siempre insuficientes fondos para investigación básica.

Es necesario en Chile, contar con factores de emisión propios, por un lado para tener datos más fidedignos y que expresen la realidad de las emisiones en cada uno de nuestros procesos productivos. Al contar con estos factores y realizar el cálculo de cada bien o servicio, podemos identificar con mayor detalle nuestra realidad.

Importante sería crear mecanismos de estímulo para el cálculo de la huella de carbono de los productos. En este sentido el Ministerio del Medio Ambiente, debería trabajar para presentar y entregar lineamientos claros con respecto a los límites del ciclo de vida de cada producto.

## BIBLIOGRAFIA

Bárcena, A. 2009. Segundo Dialogo de América Latina y el Caribe sobre camino hacia Copenhague: la negociación sobre cambio climático en 2009. Santiago, Chile. Septiembre. CEPAL, Santiago, Chile.

Bolwig, S., Gibbon, P. 2009. Emerging product carbon footprint standards and schemes and their possible trade impacts. Risø-R-1979(EN). Risø National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark. Recuperado en: <<http://www.risoe.dk/rispubl/reports/ris-r-1719.pdf>> Consultado el: 3 de Mayo de 2014

BSI (Institución Británica de Normalización), Inglaterra. 2011. PAS 2050:2011. Especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de bienes y servicios. British Standards, Londres. Reino Unido.

BSI (Institución Británica de Normalización), Inglaterra. 2008a. PAS 2050:2008. Especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de bienes y servicios. British Standards, Londres. Reino Unido.

BSI (Institución Británica de Normalización) Inglaterra. 2008b. PAS 2050:2008. Como evaluar la huella de carbono de bienes y servicios. British Standards, Londres. Reino Unido.

DEFRA (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Medio Rural), Inglaterra; DECC (Departamento de Energía y Cambio Climático), Inglaterra. 2009 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. Recuperado en: <<http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/091013-guidelines-ghg-conversion-factors-method-paper.pdf>> Consultado el: 12 de Junio de 2014.

DEFRA (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Medio Rural), Inglaterra; DECC (Departamento de Energía y Cambio Climático), Inglaterra. 2013. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. Recuperado en: <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/224437/pb13988-emission-factor-methodology-130719.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/224437/pb13988-emission-factor-methodology-130719.pdf)> Consultado el: 14 de Junio de 2014.

Edwards-Jones, G., Plassmann, K., York, L. Hounsome, B., Jones, D., Milá i Canals, L., 2009. The vulnerability of exporting nations to the development of a carbon label in United Kindom. Environmental Science and Policy 12, 479-490p.

Garnett. T., 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the good system. Food Policy 36, 23-32p.

Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1990. Climate change: The IPCC

Scientific Assessment. Cambridge University Press. 365 p.

Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1992. Climate change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 200p.

INIA (Instituto nacional de investigación agropecuaria), Chile. 2010. Estudio “Huella de Carbono en Productos de Exportación Agropecuarios de Chile”. Santiago, Chile.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2006. Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2 Energía. Recuperado en:

<<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>> Consultado el: 17 de Marzo de 2014

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2006. Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 3 Procesos industriales y uso de productos Energía. Recuperado en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol3.html>> Consultado el: 17 de Marzo de 2014.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2006. Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Recuperado en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>> Consultado el: 18 de Marzo de 2014

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2006. Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5 Desechos. Recuperado en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html>> Consultado el: 20 de Marzo de 2014.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2007a. Cambio Climático 2007. La Base Científica. Contribución del Grupo 1 de Trabajo al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2007b. Cambio Climático 2007. Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución de los Grupo I, II y III del Trabajo al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2013. Cambio Climático 2013. Bases Físicas. Contribución del Grupo I de Trabajo al Quinto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Lenus S., Gamalier, Ferreyra E., Raúl; Gil M., Pilar; Maldonado B., Patricio; Toledo G., Carlos; Barrera M., Cristián; Celedón de A., J.M. 2005. El Cultivo del Palto. La Cruz,

Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA. Boletín INIA –N° 129.

Centro de Comercio Internacional, 2012. Normas de la Huella de Carbono de Productos Agrícolas. Documento Técnico. Recuperado en:

<<http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Publications/Product%20Carbon%20Footprinting%20Spanish%20for%20web.pdf>> Consultado el: 24 de Abril de 2014.

Ochagavía, A.2010. Record de Exportaciones de Palta Hass Chilena hacia el Mercado Europeo. Servicio Agrícola y Ganadero. (25 Febrero). Recuperado en:

<<http://www.sag.gob.cl/OpenNews/asp/pagDefault.asp?argInstanciaId=1&argNoticiaId=475&NoticiaParaAutorizar=>>. Consultado el: 6 de Abril de 2010.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente), Chile. 2008. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2008-2012). Recuperado en: <[http://www.mma.gob.cl/1304/articles-49744\\_plan\\_01.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-49744_plan_01.pdf)> Consultado el: 21 de Abril de 2011

Santibáñez, F.; P. Santibáñez; C. Caroca; P. Morales; P. González; N. Gajardo. *et. al.* 2014. Atlas de cambio climático en las zonas en régimen árido y semiárido. Regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana 2014. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas.

Schlesinger, W.H., Andrews, J. A., 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry* 48. 7-20p.

Sim, S., Barry, M., Clift, R., Cowell, S.J., 2007. The relative importance of transport in determining an appropriate sustainability strategy for food sourcing. A case study of fresh produce supply chains. *International Journal of Life Cycle Assessment* 14, 195-203p.

Wood.,Sam and Cowie A. Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertilizer Production. Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Recuperado en:

<[http://ecite.utas.edu.au/87108/1/WoodCowie2004\\_EmissionsFertiliser.pdf](http://ecite.utas.edu.au/87108/1/WoodCowie2004_EmissionsFertiliser.pdf)>Consultado el: 20 de Mayo de 2014.

WRI (Instituto Mundial de Recursos) & WBCSD (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible). 2011. Greenhouse Gas Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard (2011). Recuperado en: <<http://ghgprotocol.org/standards/product-standard>> Consultado el: 04 de Mayo de 2014.

### **Páginas Web Nacionales**

CNE (Comisión nacional de energía). [En línea]. Santiago, Chile: Ministerio de Energía. Recuperado en: <<http://www.cne.cl/>> Consultado el: 03 de mayo 2014



SECTRAS (Secretaria interministerial de planificación de transporte). [En línea]. Santiago, Chile: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Recuperado en: <<http://www.sectra.cl/contenido/home/home.htm>> Consultado el: 13 de abril 2014

### **Páginas Web Internacionales**

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). [En línea]. Paris, Francia. Recuperado en: <<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3cid=96>> Consultado el: 17 de junio 2014

## ANEXOS

## Anexo I. Factores de Emisión

**Cuadro 19. Factor de emisión de la gestión de biomasa y residuos orgánicos biodegradables**

Uso de Residuos	GEI	Valor	Unidad
Quema en campo	CO <sub>2</sub>	0,928	kg C-CO <sub>2</sub> /kg C oxidado
	CH <sub>4</sub>	0,005	kg C-CH <sub>4</sub> /kg C oxidado
	N <sub>2</sub> O	0,007	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N oxidado
Uso como leña	CO <sub>2</sub>	0,928	kg C-CO <sub>2</sub> /kg C oxidado
	CH <sub>4</sub>	0,005	kg C-CH <sub>4</sub> /kg C oxidado
	N <sub>2</sub> O	0,007	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N oxidado
Incorporación al suelo	N <sub>2</sub> O	0,010	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N aplicado
Descomposición sobre suelo	CO <sub>2</sub>	1,000	kg C-CO <sub>2</sub> /kg C oxidado
Síntesis de BM	CO <sub>2</sub>	1,000	kg C-CO <sub>2</sub> /kg C sintetizado

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC 2006

**Cuadro 20. Factores de emisión de los insumos (agroquímicos)**

Fuente	Vía 1	Vía 2	Factor de Emisión	
			Valor	Unidad
N aplicado al suelo	convencional	fertirriego	0,0100	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N (volatilizado)
N aplicado al suelo	convencional	fertirriego	0,0075	kg N-N <sub>2</sub> O/kg N (lixiviación)
N volatilizado como NH <sub>3</sub>	convencional	fertirriego	0,1000	kg N-NH <sub>3</sub> /kg N aplicado
Cal - Piedra caliza	convencional	-	0,1200	kg C-CO <sub>2</sub> /kg producto.
Cal - Dolomita	convencional	-	0,1400	kg C-CO <sub>2</sub> /kg producto
Urea	convencional	-	0,2000	kg C-CO <sub>2</sub> /kg producto

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC 2006

**Cuadro 21. Factores de emisión por la manufactura de fertilizantes y otros agroquímicos**

Producto	Factor de emisión	
	Valor	Unidad
Cal caliza	0,7500	kg CO <sub>2</sub> e/kg producto

(Continúa)

Cuadro 21(Continuación)

Producto	Factor de emisión	
	Valor	Unidad
Cal dolomita	0,8600	kg CO2e/kg producto
Cal rica en mg	0,7700	kg CO2e/kg producto
Cal hidráulica	0,5900	kg CO2e/kg producto

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC 2006

**Cuadro 22. Factores de emisión por manufactura de otros insumos**

Ítem	Factor de emisión		
	Valor	Unidad	
Vidrios	Vidrios	0,2000	kg CO2/kg producto
	Float 0.21 10% - 25%	0,2100	kg CO2/kg producto
	Container (Flint)	0,2100	kg CO2/kg producto
	Fiberglass (Insulation)	0,2500	kg CO2/kg producto
	Specialty (Lighting)	0,2000	kg CO2/kg producto
Plásticos	Plásticos	2,4000	kg CO2/kg producto
	PVC	2,4000	kg CO2/kg producto
Alambres	0,2000	kg CO2/kg producto	
Papeles y cartones	1,7920	kg CO2/kg producto	
Pallets	0,6793	kg CO2/kg producto	
Amoniaco	2,2005	kg CO2/kg producto	
Hipoclorito de sodio	2,2005	kg CO2/kg producto	
Maderas	0,5000	kg CO2/kg producto	
Gases refrigerantes	2,2005	kg CO2/kg producto	
Cemento	5,0000	kg CO2/kg producto	
Otros materiales	1,0000	kg CO2/kg producto	

Fuente: Elaboración propia con datos de Australian Greenhouse Office 2001, IPCC 2006

## Anexo II. Factores de Conversión

**Cuadro 23. Factores de conversión de carga total a fruta efectivamente transportada**

Ruta de los Productos	Capacidad en ton	Relación fruta carga	Capacidad en fruta	Rendimiento L/h o km/L	Velocidad km/h
Campo a packing	15	0,9016	13,52	2,00	
Packing a Unidad Frío	30	0,9016	27,05	1,50	

(Continúa)

Cuadro 23 (Continuación)

Ruta de los Productos	Capacidad en ton	Relación fruta carga	Capacidad en fruta	Rendimiento L/h o km/L	Velocidad km/h
Unidad Frío a puerto/aeropuerto	30	0,6750	20,25	1,00	
Puerto a puerto	5500	0,8100	4455,00	504,78	33,3
Aeropuerto a aeropuerto	143,75	0,8100	116,44	10230,40	927

Fuente: Elaboración propia de datos de INIA

### Anexo III. Supuestos Utilizados

Cuadro 24. Supuestos utilizados para la ruta de los insumos

Vehículo	Capacidad (kg)	Rendimiento (km/L)	Combustible
Camión 3/4	7.500	6,0	Petróleo Diésel
Camión	15.000	2,0	Petróleo Diésel
Camión	30.000	1,5	Petróleo Diésel
Camioneta	750	8,0	Bencina 93-95-97

Fuente: Elaboración Propia con datos de INIA

### Anexo IV. Gases de Efecto Invernadero y sus Potenciales de Calentamiento Global

Cuadro 25. Gases de Efecto Invernadero y PCG

GEI	Formula Química	PCG
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	310
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	11.700
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	650
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	150
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2.800
HFC-134	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	1.000
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1.300
HFC-143	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	300
HFC-143a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	3.800
HFC-152a	CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	140

(Continúa)

Cuadro 25 (Continuación)

GEI	Formula Química	PCG
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2.900
HFC-236fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	6.300
HFC-245ca	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	560
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CHFCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1.300
Perfluorometano (PFC-14)	CF <sub>4</sub>	6.500
Perfluoroetano (PFC-116)	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.200
Perfluoropropano (PFC-218)	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7.000
Perfluorobutano (PFC-3-1-10)	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7.000
Perfluorociclobutano (PFC-318)	C-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	8.700
Perfluoropentano (PFC-4-1-12)	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	7.500
Perfluorohexano (PFC-5-1-14)	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7.400
Hexafloruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23.900
Freón (R11)	CCl <sub>3</sub> F	5.000
Freón (R12)	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.000
Bromuro de metilo	CH <sub>3</sub> Br	5

Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC 2006 y PAS 2050

## Anexo V. Ecuaciones utilizadas para la obtención de la Huella de Carbono

### Ecuación 1. Emisiones directas por consumo de combustibles o electricidad

$$\text{CO}_2\text{e por combustibles utilizados} = \text{Consumo (kg, L o KWh)} * \text{FE CO}_2 \left[ \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{Unidad}} \right]$$

### Ecuación 2. Emisiones directas por fertilizantes

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{e Fertilizantes} \\ = \text{Dosis aplicada} \left( \frac{\text{kg unidad}}{\text{ha}} \right) * \text{FE} \left( \frac{\text{kg N} - \text{NO}_2}{\text{kg N aplicado}} \right) * \text{FC N} - \text{N}_2\text{O} \\ * \text{PCG N}_2\text{O} \end{aligned}$$

### Ecuación 3. Emisiones directas por uso de urea

$$\text{CO}_2\text{e Urea} = \text{Dosis aplicada} \left( \frac{\text{kg unidad}}{\text{ha}} \right) * \text{FC C} - \text{CO}_2 * \text{CO}_2 \text{ emitido} \left( \frac{\text{kg CO}_2}{\text{fracción}} \right)$$

**Ecuación 4. Emisiones directas por el uso de residuos**CO<sub>2</sub>e Residuos organicos (Carbono)

$$= \text{Cantidad eliminada} \left( \frac{\text{kg ms}}{\text{ha}} \right) * \text{Combustión (eficiencia)}$$

$$* \text{Fracción de C} * \text{FE C} - \text{CO}_2 * \text{FC C} - \text{CO}_2$$

CO<sub>2</sub>e Residuos organicos (Metano)

$$= \text{Cantidad eliminada} \left( \frac{\text{kg ms}}{\text{ha}} \right) * \text{Combustión (eficiencia)}$$

$$* \text{Fracción de C} * \text{FE C} - \text{CH}_4 * \text{FC C} - \text{CH}_4 * \text{PCG CH}_4$$

CO<sub>2</sub>e Residuos organicos (Oxido Nitroso)

$$= \text{Cantidad eliminada} \left( \frac{\text{kg ms}}{\text{ha}} \right) * \text{Combustión (eficiencia)}$$

$$* \text{Fracción de C} * \text{Relacion} \frac{\text{C}}{\text{N}} * \text{FE N} - \text{N}_2\text{O} * \text{FC N} - \text{N}_2\text{O} * \text{PCG N}_2\text{O}$$

**Ecuación 5. Emisiones por disposición de los residuos en un relleno sanitario**CO<sub>2</sub>e Relleno Sanitario

$$= \text{Cantidad de residuos} \left( \frac{\text{kg ms}}{\text{ha}} \right) * \text{Fraccion de C} * \text{COD} * \text{CODr}$$

$$* \text{C emitido} * \text{FC por tipo de relleno} * \text{FC C} - \text{CH}_4 * \text{CH}_4 \text{ recuperado (\%)}$$

$$* \text{PCG CH}_4$$

**Ecuación 6. Emisiones indirectas por combustible utilizado por el traslado a/desde predio**

$$\text{CO}_2\text{e por combustibles utilizados} = \text{Consumo (kg, L, KWh)} * \text{FE CO}_2 * \left( \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{unidad}} \right)$$

**Ecuación 7. Emisiones involucradas por extracción y refinamiento de combustibles**

$$\text{CO}_2\text{e por extracción y refinamiento de combustible}$$

$$= \text{Consumo (kg, L)} * \text{FE} \left( \frac{\text{kg de CO}_2}{\text{unidad}} \right)$$

**Ecuación 8. Emisiones involucradas por transporte de combustible**CO<sub>2</sub>e por transporte de combustible

$$= \text{Consumo (kg, L)} * \text{Distancia recorrida (km)} * \text{FE} \left( \frac{\text{kg de CO}_2\text{e}}{\text{unidad}} \right)$$

- Distancia recorrida entre la refinería y puerto de embarque = 25 km
- Distancia recorrida entre los puertos = 10257,1 km
- Distancia recorrida entre puerto y lugar de compra = 43,3 km

**Ecuaciones 9. Emisiones involucradas por fabricación de insumos (fertilizantes, plaguicidas, gases refrigerantes, plásticos, madera, etc.)**

$$\text{CO}_2\text{e fabricacion de insumos} = \text{Cantidad (kg, L)} * \text{FE} \left( \frac{\text{kg de CO}_2\text{e}}{\text{unidad}} \right)$$

**Ecuación 10. Emisiones involucradas por transporte de insumos importados (fertilizantes, plaguicidas, otros)**

**CO<sub>2</sub>e transporte de insumos inter.**

$$= \text{Cantidad (kg, L)} * \text{Distancia (km)} * \text{FE} \left( \frac{\text{kg de CO}_2\text{e}}{\text{unidad}} \right)$$

- Distancia recorrida entre fabrica y puerto/aeropuerto = 100 km
- Distancia recorrida entre puerto/aeropuerto a puerto/aeropuerto = 8954,4 km
- Distancia recorrida entre puerto/aeropuerto a lugar de compra = 112,02 km

**Ecuación 11. Emisiones directas e indirectas por transporte de insumos nacionales**

**CO<sub>2</sub>e transporte de insumos nac.**

$$= \text{Cantidad (kg, L)} * \text{Distancia (km)} * \text{FE} \left( \frac{\text{kg de CO}_2\text{e}}{\text{unidad}} \right)$$

**Ecuación 12. Emisiones directas por el uso de insumos (gases refrigerantes, otros)**

$$\text{CO}_2\text{e por uso de insumos} = \text{Dosis aplicada o cantidad} * \text{PCG}$$

**Anexo VI. Encuestas Aplicadas en Terreno**

**Encuesta Terreno**

**Nombre del encuestado:** \_\_\_\_\_

**Profesión y cargo:** \_\_\_\_\_

**Lugar:** \_\_\_\_\_

**Ubicación:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Superficie:** \_\_\_\_\_

**Producción (Ton/año):** \_\_\_\_\_

### Habilitación y preparación del suelo

#### a) Tipo de vegetación pre-existente

Vegetación predominante antes de la plantación	
Metros Cuadrados de la plantación	

**b) Año en que se realizó la eliminación de la vegetación existente:** \_\_\_\_\_

#### c) Eliminación de la vegetación (procesos utilizado):

Proceso Utilizado	
Instrumentos utilizados	
Cantidad de instrumentos	
Cantidad de mano de obra	
Horas de trabajo	
Insumos.	

#### d) Drenaje

e) Utilización de 

SI	
----	--

No	
----	--

 subsolado.

Tipo de maquinaria utilizada	
Otro proceso utilizado	
Horas de trabajo	

f) Utilización de 

SI	
----	--

No	
----	--

 nivelación.

Tipo de maquinaria utilizada	
Otro proceso utilizado	
Horas de trabajo	



g) <b>Formación de</b>	<b>SI</b>		<b>No</b>		<b>camellones.</b>
Tipo de maquinaria utilizada					
Otro proceso utilizado					
Horas de trabajo					

**h) Aradura , rastroje (manual o maquinaria):** \_\_\_\_\_

Tipo de maquinaria utilizada	
Otro proceso utilizado	
Horas de trabajo	

**i) Preparación y utilización de caminos**

Tipo de maquinaria utilizada	
Otro proceso utilizado	
Horas de trabajo	

**j) Instalación de cercos (cantidad /tipo)**

Tipo de cerco	
M <sup>2</sup> cubiertos por el cerco	

### **Plantación**

**a) Tutor (tipo/cantidad)**

Tipo de tutor utilizado	
Cantidad de tutores	

**b) Amarras (tipo/cantidad)**

Tipo de amarras	
Cantidad de amarras (Metros)	

### **Manejo (1 año – plena producción)**

**a) Riego (cantidad y tipo)**

Tipo de riego implementado	
Cantidad de agua utilizada	

Energía utilizada para el riego	
---------------------------------	--

**b) Fertilización (tipo/cantidad/frecuencia)**

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

**c) Pesticidas utilizados (tipo/cantidad/frecuencia)**

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

Tipo	
Cantidad	
Frecuencia	

**d) Maquinaria utilizada para la aplicación de pesticidas**

Tipo de maquinaria	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**e) Utilización de control de malezas (tipo/frecuencia)**

Tipo	
Frecuencia	

**f) Poda (frecuencia/cantidad de operarios)**

Frecuencia	
Cantidad de mano de obra	
Horas de trabajo	

**g) Polinización (Transporte)**

Tipo de transporte	
Distancia recorrida ida /vuelta	

**h) Densidad de la plantación (8x6) vs (3,5x3,5) : \_\_\_\_\_**

**Producción (cosecha)****a) Utilización de tractor (tipo/frecuencia/distancia)**

Tipo	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Distancia recorrida en el predio	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**b) Cargador frontal (tipo/frecuencia/distancia)**

Tipo	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Distancia recorrida en el predio	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**c) Camión de transporte (tipo/frecuencia/distancia)**

Tipo	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Distancia recorrida en el predio	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**Transporte****a) Vivero al huerto**

Tipo de transporte	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y	

vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**b) Huerto al hoyo de plantación**

Tipo de transporte	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**c) Traslado de tutores**

Tipo de transporte	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**d) Traslado de insumos**

Tipo de transporte	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**e) Traslado de personal**

Tipo de transporte	
Frecuencia	
Distancia recorrida ida y vuelta	
Cantidad y Octanaje utilizado	

**Encuentas Packing**

**Nombre del encuestado:** \_\_\_\_\_

**Profesión y cargo:** \_\_\_\_\_

**Lugar:** \_\_\_\_\_

**Ubicación:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Superficie:** \_\_\_\_\_

**Producción (día):** \_\_\_\_\_

**Máquinas utilizadas en el packing:**

Tipo	
Modelo	
Función	
Energía utilizada (KWh)	

Tipo	
Modelo	
Función	
Energía utilizada (KWh)	

Tipo	
Modelo	
Función	
Energía utilizada (KWh)	

Tipo	
Modelo	
Función	
Energía utilizada (KWh)	

Tipo	
Modelo	
Función	
Energía utilizada (KWh)	

**Packing**

Tipo	
Material	
Cantidad utilizado	
Cantidad de paltas por caja	

**Proceso de limpieza**

Tipo	
Procedimiento	
Productos utilizados	

**Películas plásticas**

Tipo	
Material	
Cantidad utilizado	
Cantidad por caja	

**Bins**

Tipo	
Material	
Cantidad utilizado	
Cantidad por packing	

**Refrigeración (energía utilizada, contaminantes, tipo de refrigeración, horas de refrigeración)**

Energía utilizada (KWh)	
Contaminantes presentes	
Tipo de refrigeración	
Horas de refrigeración	