

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
SANTIAGO – CHILE**



**FUNDACIÓN PARA LA  
INNOVACIÓN AGRARIA  
(FIA)**

**INFORME FINAL**

**(copia)**

**ESTUDIO “HUELLA DE CARBONO EN  
PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN  
AGROPECUARIOS DE CHILE”**

**FIA EST-2009-0270**

**Estudio co-ejecutado por:**

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)  
y  
Servicios de Ingeniería DEUMAN Ltda.**



**DEUMAN**

**Mayo, 2010**

**INSTITUTO DE  
INVESTIGACIONES  
AGROPECUARIAS  
(INIA)**



**CHILE**  
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

OFICINA DE PARTES 2 FIA  
RECEPCIONADO

Fecha 26 MAY 2010 1540

Hora

Nº Ingreso 13004

# ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>i</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>3</b>
2.1. Generalidades	3
2.2. Equipo de trabajo	3
2.3. Entidades asociadas	6
<b>3. ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>7</b>
3.1. Definición de huella de carbono	7
3.2. Antecedentes generales	7
3.3. Protocolos de cuantificación existentes	8
3.3.1. PAS-2050:2008	8
A. Descripción general	8
B. Beneficios	9
C. Fuentes de emisión consideradas	10
3.3.2. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero	10
A. Descripción general	10
B. Enfoques	11
B.1. Participación accionaria	11
B.1. Enfoque de control	11
C. Determinación de los límites operacionales	12
D. Concepto de “alcance” (scope)	12
3.3.2. Protocolo de Contabilización de Gases Invernadero para la Industria Internacional del Vino (Greenhouse Gas Accounting Protocol for the International Wine Industry)	14
A. Aspectos generales	14
B. Partes y variables	14

3.3.3.	ISO <sup>1</sup> 14064:2006 (Inventarios y Verificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero <sup>2</sup> )	14
3.4.	Protocolos en desarrollo	15
3.4.1.	Protocolo de Gases Invernadero para Iniciativa de Producto y Cadena de Abastecimiento (GHG Protocol's Product and Supply Chain Initiative)	15
3.4.2.	ISO 14067 Huella de Carbono de Productos (Carbon Footprint of Products)	15
3.5.	Consideraciones finales	16
<b>4.</b>	<b>ANTECEDENTES METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO</b>	<b>17</b>
4.1.	Antecedentes del Estudio	17
4.1.1.	Objetivos	17
	A. General	17
	B. Específicos	17
4.1.2.	Resultados y/o productos	18
4.1.3.	Carta Gantt del estudio	18
4.1.4.	Productos agropecuarios exportables incluidos	20
4.1.5.	Otros acuerdos operacionales	20
4.2.	Aspectos metodológicos	22
4.2.1.	Decisiones tomadas	22
	A. Respecto del ciclo de vida (CdV)	22
	A.1. Alcance	22
	A.2. Fuentes de emisión de gases invernadero	25
	A.3. Tipos de emisión de gases invernadero	26
	A.3.1. Emisiones directa de tipo animal	26
	A.3.2. Emisiones directas, propiamente tales	27
	A.3.3. Emisiones indirectas	27
	A.3.4. Emisiones involucradas	27
	A.3.5. Emisiones por C no-biológico	28
	B. Límite de cuantificación, factores de emisión y potenciales de calentamiento global	28
	C. Estandarizaciones necesarias	30
<b>5.</b>	<b>CAMPAÑA DE ENCUESTA Y DISEÑO DE PLANILLAS DE CÁLCULO</b>	<b>33</b>
5.1.	Elaboración de documentos de base	33
5.1.1.	Encuestas	33
5.1.2.	Planillas de cálculo	34
5.2.	Selección de productores y exportadores por encuestar	35

<sup>1</sup> International Standards Organization

<sup>2</sup> GHG Emissions Inventories and Verification

5.2.1.	Selección de los encuestados	35
5.2.2.	Proceso de encuesta	36
	A. Aplicación de las encuestas	36
	B. Observaciones	36
5.3.	Comentarios generales	37
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>38</b>
6.1.	Introducción	38
6.2.	Destino de los productos	39
6.3.	Resultados	41
6.3.1.	Huella de carbono global	41
6.3.2.	Transporte internacional	43
6.3.3.	Huella de carbono nacional	45
6.3.4.	Análisis de la huella de carbono nacional, por producto	50
	A. Productos de origen animal	50
	A.1. Carnes ovinas magallánicas	50
	A.2. Quesos Gauda	53
	A.3. Conclusiones	55
	B. Productos con fase de producción, como principal contribuyente de la huella de carbono (maíz y paltas)	56
	B.1. Semillas de maíz	56
	B.2. Paltas en fondo de valle	57
	B.3. Paltas en laderas	60
	B.4. Conclusiones	62
	C. Productos con post-cosecha, como principal contribuyente de la huella de carbono (frutas, berries y vinos)	63
	C.1. Ciruelas (cultivar Angeleno)	63
	C.2. Uva de mesa (cultivares Red Globe y Thompson Seedless)	65
	C.3. Manzanas (cultivares Royal Gala y Granny Smith)	68
	C.4. Berries (arándanos y frambuesas)	72
	C.5. Vinos tintos	76
	C.6. Conclusiones	79
<b>7.</b>	<b>ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>80</b>
7.1.	Aspectos generales	80
7.2.	Posibles medidas de mitigación	85
7.2.1.	Medidas de mitigación de iniciativa privada	86
	A. Medidas transversales	86
	B. Medidas específicas	86
	B.1. Mitigación en la producción agrícola	87
	B.2. Mitigación en post-cosecha (packing, bodega, industria, otra)	88
	B.3. Mitigación en el transporte que ocurre en el territorio nacional	89

B.4.	Mitigación en la industria del vino	90
B.5.	Mitigación en la producción de carnes ovinas	90
B.6.	Mitigación en la producción de leches bovinas	92
7.2.2.	Medidas de mitigación de iniciativa pública	93
A.	Ámbito normativo	93
B.	Ámbito de subsidios y otros instrumentos de apoyo financiero	93
C.	Ámbito de la inversión	95
D.	Ámbito de la capacitación	97
E.	Ámbito de la difusión y entrega de información	97
8.	<b>BUENAS PRÁCTICAS AGRICOLAS PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO</b>	<b>99</b>
8.1.	Introducción	99
8.2.	Buenas prácticas agrícolas en la producción de frutales	99
A.	Autoevaluación.	99
B.	Compras y adquisiciones	100
C.	Manejo del suelo	100
D.	Manejo de productos fitosanitarios o plaguicidas	100
E.	Manejo de los fertilizantes	101
F.	Cosecha	101
G.	Manejo de post-cosecha	102
H.	Capacitación del personal	102
I.	Maquinaria del predio	103
J.	Riego	104
8.3.	Buenas prácticas agrícolas para packing de campo	104
A.	Condiciones Generales del Parking	104
B.	Tratamientos de postcosecha	105
C.	Transporte de producto fresco	105
D.	Control de vectores y plagas	106
E.	Registros	106
8.4.	Buenas prácticas agrícolas en la producción animal	106
A.	Generales	106
B.	Manejo del suelo	107
C.	Manejo animal y de alimentación	107
D.	Manejo de pradera	107
E.	Manejo de fertilizantes, enmiendas y residuos animales	108
F.	Manejo de productos plaguicidas	108
G.	Capacitación del personal	108
H.	Maquinaria del predio	109
I.	Riego	109
J.	Transporte del producto	109
K.	Control de vectores y plagas	109

<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
9.1.	En cuanto a lo metodológico	111
9.2.	En cuanto a los resultados	112
9.3.	En cuanto a la mitigación	113
9.4.	En cuanto a la participación	114
 <b>ANEXOS</b>		 <b>116</b>
 <b>ANEXO I. Factores de emisión empleados</b>		 <b>117</b>
<b>ANEXO II. Comparación de factores de emisión</b>		<b>126</b>
<b>ANEXO III. Encuestas</b>		<b>136</b>
<b>ANEXO IV. Planillas de Cálculo</b>		<b>137</b>
<b>ANEXO V. Contrato de co-ejecución INIA-DEUMAN</b>		<b>138</b>

## GLOSARIO

AgResearch	Agricultural Research, entidad de investigaciones de Nueva Zelanda
AN	América del norte
Ang ó ang	Angeleno, cultivar de ciruela
ASOEX A.G.	Asociación Gremial de Exportadores de Chile
ASPROEX VI Región A.G.	Asociación Gremial de Productores y Exportadores de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme
BPA	Buenas prácticas agrícolas
BSI	British Standards Institution
CH <sub>4</sub>	Metano
CMEDE	Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (CMEDE) <sup>1</sup>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono o anhídrido carbónico
CdV	Ciclo de vida
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs, del Reino Unido
DEUMAN	Empresa de Ingeniería DEUMAN Ltda.
EUA	Estados Unidos de América
fdf	Fundación para el Desarrollo Frutícola
FIA	Fundación para la Innovación Agraria
FRUSEXTA A.G.	Asociación Gremial de Productores de Fruta de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme
GEI ó G.E.I.	Gases de efecto invernadero, gases invernadero ó gases, simplemente
GHG	Greenhouse Gas
GJ	Giga-joule
GS ó gs	Granny Smith (cultivar de manzana verde)
HB ó hb	Highbush, plantas de arándanos de distintos cultivares que tienen en común la condición de arbusto alto
HC	Huella de carbono
Her ó her	Heritage, cultivar de frambuesa
HS ó hs	Hass, cultivar de palta
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRM	Instituto de Recursos Mundiales <sup>2</sup>
ISO	International Standards Organization
MAF	Ministry of Agriculture and Foods, de Nueva Zelanda
MJ	Mega-joule
MUCECH A.G.	Asociación Gremial Movimiento Unitario Campesino de Chile
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
ONG	Organización No Gubernamental
PAS	Publicly Available Specification (Especificación Públicamente Disponible)

<sup>1</sup> *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*

<sup>2</sup> *World Resources Institute (WRI)*

PICC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (traducción al español de IPCC)
PVC	Policloruro de vinilo
RG ó rg	Puede corresponder a Royal Gala (cultivar de manzana roja) ó a Red Globe (cultivar de uva negra)
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SANAG	Sociedad de Agricultores del Norte Asociación Gremial
SAO	Substancia Agotadora de la Capa de Ozono
Scope	Alcance, ámbito ó marco conceptual
SEMAMERIS	Empresa productora de semillas
Ton	Tonelada
UE	Unión Europea
VCN	Valor calorífico neto

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe Final que el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), como entidad responsable de la ejecución del Estudio FIA EST-2009-270 “Huella de Carbono en Productos Agropecuarios de Exportación de Chile”<sup>1</sup>, código INIA 501509-10, presenta a la instancia de financiamiento –la Fundación para la Innovación Agraria FIA- en cumplimiento de los compromisos adquiridos. Se hace hincapié que en este estudio, si bien la entidad ejecutora responsable es INIA, las actividades del estudio fueron co-ejecutadas con la empresa Servicios de Ingeniería DEUMAN Ltda., la que asumió responsabilidades en temas del uso de la energía (consumos y factores de emisión), de levantamiento de datos y en instancias de discusión.

El tema “huella de carbono” amenaza con transformarse rápidamente en un factor condicionante de las transacciones entre países –específicamente, de países del Hemisferio Sur hacia países del Hemisferio Norte- de productos, incluyendo los de origen agropecuario. De acuerdo a la información disponible hoy día, este condicionamiento estará basado fundamentalmente en la preferencia que muestren los consumidores hacia productos de menor huella de carbono. La implementación será a través de una rotulación de los productos, la que podrá ser impuesta tanto por entidades estatales (caso Francia) como por entidades privadas (caso Reino Unido). Desde el punto de vista del consumidor, la rotulación de los productos con esta información permitirá tomar decisiones informadas, al momento de decidir sus comprar.

No existe hoy una definición única de “huella de carbono” de un producto (bien o servicio), no obstante que se entiende que el término tiene que ver con la cantidad total de gases invernadero (expresados como CO<sub>2</sub>-equivalentes<sup>2</sup>) emitida por una unidad de producto enviado hasta un sitio de consumo determinado; para los alimentos, sería la sumatoria de los gases invernadero emitidos - directa o indirectamente- como consecuencia de sus ciclos de vida particulares, comprendiendo tanto las fases de producción (cambio de uso de los suelos, establecimiento de sistemas de producción, producción de campo, transformación o manufactura, embalaje y preservación) como las de comercialización (transporte entre distintos sitios).

El origen del concepto está en movimientos ambientalistas –británicos, principalmente- que empezaron a propugnar el consumo preferencial de alimentos de origen local, por considerarlos más amigables con el medio ambiente al no incluir las emisiones de gases invernadero por el transporte desde regiones lejanas, las cuáles fueron asumidas como abundantes. Como consecuencia de esto, se empezó a cuestionar el consumo de alimentos producidos lejos del sitio de consumo.

En el Reino Unido, el concepto ha empezado a ser asumido por las grandes cadenas de supermercados, que concentran largamente la distribución y venta a consumidores los alimentos, estando una de ellas ya rotulando sus productos con la huella de carbono contabilizada para sus

---

<sup>1</sup> En adelante, se mencionará como “el Estudio Huella de Carbono”

<sup>2</sup> Sumatoria de los distintos gases invernadero, luego de que sus cantidades hayan sido multiplicadas por sus respectivos potenciales de calentamiento global (PCGs))

sistemas de distribución y expendio a público, mediante la aplicación de una metodología desarrollada por el Carbon Trust. Esta cadena de distribución ya solicitó a sus proveedores (entre ellos, productores nacionales de vinos) que rotulen sus productos con la huella de carbono, además de indicar sus compromisos de mitigación, a corto y mediano plazo. La solicitud se enmarca en el Carbon Disclosure Project (CDP), una alianza de inversionistas institucionales para asumir acciones conjuntas frente al riesgo climático.

Se trata de un tema que emerge con importancia creciente y que amenaza con establecerse como una nueva exigencia de los países desarrollados, con impacto evidente sobre los precios de los productos. Por ello, es vital que el país genere información sobre el tema, con análisis y evaluación de sus principales productos agropecuarios de exportación, identificación de las posibles fases críticas y definición de estrategias de mitigación, de forma de estar en condiciones de transformar la amenaza en oportunidad.

Hay un tema de relevancia, al momento de comparar resultados de valores de huella de carbono de un producto, entre diferentes actores (países, productores) y que es la cuestión metodológica, la que debe verse en dos dimensiones: los procedimientos de cálculo y los factores de emisión. Al día de hoy, no existe un procedimiento de cálculo internacionalmente aceptado habiendo algunos desarrollos más empleados que otros, como es la norma técnica británica conocida con el nombre de PAS<sup>1</sup>-2050 y que, dentro de los desarrollos existentes, aparece como más orientada a productos que a empresas.

Por tanto, es altamente probable que dos valores de huella de carbono de un mismo producto no sean comparables debido a diferencias en las metodologías de cálculo, las que pueden provenir del alcance de los ciclos de vida, de los límites de cuantificación y, lo que podría ser más relevante, de diferencias en los factores de emisión considerados. Si bien en todos los casos se trabaja con el criterio de aplicar los factores de emisión del IPCC<sup>2</sup>, es posible encontrar dos ámbitos en los cuales se tiende a aplicar factores de emisión de origen distinto, a saber:

- cuando un país cuenta con información que les ha permitido generar factores país-específicos; y/o
- en áreas no cubiertas por el IPCC, como por ejemplo, la manufactura de plaguicidas o fertilizantes.

Por todas las razones explicitadas arriba, es de alta conveniencia nacional que el país empiece a generar información que permita aumentar o, en el peor escenario, mantener la competitividad de los productos agropecuarios nacionales, identificar las fases críticas –en cuanto a emisión de gases invernadero- y, finalmente, diseñar programas de mitigación de emisiones, empezando por aquellas más costo-efectivas y terminando con aquellas de mayor costo y/o menos efectividad.

---

<sup>1</sup> *Publicly Available Specification*

<sup>2</sup> *Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)*

## **2. EQUIPO DE TRABAJO**

### **2.1. Generalidades**

Si bien INIA es la entidad ejecutora y la entidad responsable ante FIA, de un adecuado desarrollo del Estudio Huella de Carbono, incluyendo el fiel cumplimiento de las metas trazadas, la oportuna entrega de la documentación comprometida y una ordenada y correcta gestión financiera, su ejecución fue efectuada en forma conjunta con Servicios de Ingeniería DEUMAN Ltda., con quién INIA firmó un contrato bilateral de co-ejecución, cuyo texto fue incluido en este informe, como Anexo V.

### **2.2. Equipo de trabajo**

La ejecución del estudio contó con la concurrencia de personal de ambas entidades ejecutoras, además de la participación –como Asesor Internacional, en lo metodológico- del Dr. Stewart Ledgard, perteneciente a Agricultural Research, de Nueva Zelanda.

El personal INIA asignado al estudio se presenta en el **Cuadro 2.1.**

**Cuadro 2.1. Personal INIA asignado al Estudio Huella de Carbono**

Nombre	Formación	Cargo, tiempo de dedicación	Dependencia	Función y responsabilidad dentro del estudio
Sergio González M.	Ing. Agrónomo M.Sc.	Coordinador Principal Investigador, 50%	La Platina	Planificación y coordinación. Dirección general del estudio
Francisco Tapia F.	Ing. Agrónomo M.Sc.	Coordinador (A) (Junio+) Investigador, 5%	La Platina	HC de semillas de maíz
Pilar Gil M.	Ing. Agrónoma	Coordinadora (A) (Mayo). Investigadora, 15%	La Cruz	HC de uva en la Región de Valparaíso (reemplazada por el Dr. Renato Ripa)
Francisco Meza A.	Ing. Agrónomo M.Sc.	Investigador, 15%	Illapel	HC de uva en las regiones de Atacama y Coquimbo
Gabriel Sellés van Sch.	Ing. Agrónomo Dr.	Investigador, 15%	La Platina	HC de uva en las regiones Metropolitana y de O'Higgins
Alejandro Antúnez B.	Ing. Agrónomo Dr.	Investigador, 10%	La Platina	Coordinar de actividades, en regiones de Valparaíso y O'Higgins
Alfonso Chacón S.	Ing. Agrónomo	Investigador, 10%	La Platina	Evaluación socioeconómica de opciones de mitigación
Gamaliel Lemus S.	Ing. Agrónomo M.Sc.	Investigador, 15%	Rayentué	HC de carozos
Marisol Reyes	Ing. Agrónoma Dr.	Investigadora, 20%	Raihuén	HC de berries
Francisco Salazar S.	Ing. Agrónomo Ph.D.	Investigador, 10%	Remehue	HC de productos lácteos
Erika Vistoso G.	Ing. Agrónoma Dr.	Investigadora, 10%	Remehue	Colaboradora en HC de productos lácteos
Oscar Strauch B.	Ing. Agrónomo M.Sc.	Investigador, 10%	Kampenaiké	HC de carnes ovinas
Juan Roa S.	Administrativo	Técnico de apoyo, 25%	La Platina	Aplicación de encuestas y traspaso de datos a planillas
Bolívar Vega O.	Técnico	Técnico de apoyo, 25%	La Platina	Aplicación de encuestas y traspaso de datos a planillas
Giovanni Cruz T.	Ing. en Administración Agroindustrial	Contrato de trabajo a plazo fijo	La Platina	Secretario Ejecutivo del Estudio. Registro de actividades; aplicar y procesar encuestas; traspasar datos a las planillas de cálculo; tabulación de datos
Mirtha Opazo S.	Administrativa	Administrativa, 5%	La Platina	Confección de Informes financieros
Patricia León R.	Administrativa	Secretaria, 5%	La Platina	Apoyo de secretaría; archivo de documentos

Por su parte, DEUMAN Ltda. puso a disposición del estudio, el personal que se identifica en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2. Personal asignado por DEUMAN Ltda.**

Nombre	Formación/grado	Cargo y tiempo de dedicación	Dependencia	Función y responsabilidad dentro del estudio
Jaime Parada I.	Doctor Ingeniero	Planta 10%	DEUMAN Ltda.	HC, en ámbito energético
Rodrigo Valenzuela G.	Ing. Ambiental	Planta 50%	DEUMAN Ltda.	HC, en ámbito energético. HC de vinos
Juan P. Astaburuaga P.	Geógrafo	Planta 50%	DEUMAN Ltda.	HC, en ámbito energético. HC de vinos
Eric Parra H.	Geógrafo	Planta 25%	DEUMAN Ltda.	Participante en la HC, en ámbito energético
Jorge Araya	Ing. Agrónomo	Honorarios, 50%	DEUMAN Ltda.	Encuestas de packing y vinos

Adicionalmente, se conformó el equipo de encuestadores y programadores identificado en el Cuadro 2.3.

**Cuadro 2.3. Personal adicional participantes en el Estudio**

Nombre	Formación/grado	Relación contractual	Institución	Función y responsabilidad
César Rivas A.	Ing. Ambiental	Honorarios	INIA-La Platina	Encuestas entre las regiones de Valparaíso y Maule
Matías Tapia C.	Egresado Ing. Civil Industrial con mención en Computación	Honorarios	INIA-La Platina	Elaboración de planillas de cálculo y programa de autoevaluación. Encuestas entre regiones de Valparaíso y O'Higgins
Francisco Tapia C.	Egresado Ing. Civil Industrial	Honorarios	INIA-La Platina	Elaboración de planillas de cálculo. Encuestas entre las regiones de Valparaíso y Maule
Geraldine Kyling Z.	Ing. Agrónomo	Honorarios	INIA-La Platina	Encuestas entre las regiones de Valparaíso y Maule
Sergio Hernández V.	Ing. Agrónomo	Honorarios	INIA-Raihuén	Encuestas vinculadas a berries, Región del Maule
Juan Pablo Rodríguez	Técnico Agropecuario	Honorarios	INIA-Kampenaiké	Encuestas vinculadas a carnes ovinas, Región de Magallanes

### **2.3. Entidades asociadas**

Desde el momento de la postulación al concurso abierto por FIA, el Estudio Huella de Carbono recibió el apoyo de muchas personas naturales y asociaciones gremiales, lo que permitió que, durante su ejecución, el estudio fuera efectivamente apoyado, tanto en cuanto a aporte de información relevante como de listas de productores y exportadores dispuestas a aportar sus datos, por las siguientes entidades:

- Asociación de Exportadores de Chile A.G. (ASOEX), la que además se constituyó en entidad asociada, al poner a disposición el informe final de estudio sobre consumo eléctrico en packings
- Sociedad de Agricultores del Norte A.G. (SANAG),
- Asociación de Agricultores de Petorca A.G.,
- Asociación de Agricultores del Aconcagua A.G.,
- Asociación de Agricultores de Los Andes A.G.,
- Comité de la Palta Hass,
- Asociación de Productores y Exportadores Región de O'Higgins A.G.,
- Movimiento Unitario Campesino de Chile A.G. MUCECH, Región de O'Higgins,
- FRUSEXTA A.G.,
- SEMAMERIS,
- Viñedos y Bodegas Cono Sur,
- Corporación Chilena del Vino,
- Vinos de Chile,
- Administradora de Empresas Maule Sur S.A.,
- Corporación Centro de Gestión Empresarial de Pelarco, y
- Consorcio Lechero S.A.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. Definición de huella de carbono

No existe una definición única de huella de carbono, debido a que el alcance de los procesos y los correspondientes límites de cuantificación varían entre las diferentes estrategias metodológicas actualmente disponibles, no obstante que todas concuerdan en el concepto involucrado.

Así, puede decirse que la huella de carbono de un producto (bien o servicio) es la sumatoria de los gases de efecto invernadero que son emitidos, como resultado de las acciones de generación y comercialización del producto en cuestión, involucrando bajo el término “comercialización” las asociadas a su preparación para entrega (selección, limpieza, embotellado, embalaje, cadena de frío) y las de traslado hasta sitio de expendio a público.

Algunas estrategias metodológicas sólo consideran las emisiones de dióxido de carbono, provenientes del consumo de energía requerido para manufacturar y transportar los insumos y el producto mismo. Otras estrategias toman en cuenta todos los gases de efecto invernadero emitidos, expresando la huella de carbono resultante en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), para lo cual hacen uso de los potenciales de calentamiento global (PCG) que ofrece el IPCC.

#### 3.2. Antecedentes generales

Una búsqueda de protocolos, estándares o cuantificadores de la huella de carbono permite llegar a dos formas generales de enfocar la contabilización de los gases de efecto invernadero, a saber:

- una medición a nivel corporativo, donde se mide la huella de carbono de las actividades de una empresa, en el proceso de producción de un bien o servicio, considerando un año base para la medición, y/o
- una medición a nivel del bien o servicio (normalmente, llamado producto), generalmente a través del análisis del ciclo de vida de este (CdV) y haciendo un seguimiento a la cadena de suministros.

El **Cuadro 3.1.** identifica los ítems de la cadena de suministro que son reconocidos por los dos tipos de metodologías arriba señalados.

**Cuadro 3.1. Alcances según tipo de metodologías**

Metodología	Cadena de suministros			
	Aguas arriba <sup>1</sup>	Organización	Aguas abajo	Uso, disposición
Huella de carbono por empresa		X		
Huella de carbono por producto	X	X	X	X

### 3.3. Protocolos de cuantificación existentes

A continuación, se señalan los distintos métodos, protocolos y/o estándares disponibles o en elaboración para el cálculo de la huella de carbono, los que han sido clasificados según el estado en que se encuentran (disponibles o en elaboración)

#### 3.3.1. PAS<sup>2</sup>-2050:2008

##### A. Descripción general

La PAS 2050:2008, titulada “Especificación para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de bienes y servicios”<sup>3</sup>, protocoliza un enfoque específico de cuantificación de las emisiones de gases invernadero por producto, incluyendo en el análisis el ciclo de vida del producto y la cadena de suministros. El resultado es expresado en CO<sub>2</sub>e, ya que considera no solo al dióxido de carbono sino que a todos los gases invernadero involucrados. Fue preparada por el BSI<sup>4</sup> y co-patrocinado por el Carbon Trust y la DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), del Reino Unido. Esta orientación metodológica debe ser revisada en intervalos de tiempo no superiores a dos años.

La PAS 2050:2008 se construyó sobre la base de las normas existentes para definir ciclos de vida de bienes y servicios (normas ISO 14.040 y 14.044), especificando los requerimientos para la evaluación de las emisiones de gases invernadero. La PAS 2050 establece, además, principios adicionales y técnicas que guían en la evaluación de gases invernadero, incluyendo:

- **alcance:** conceptos de “*cradle-to-grave*”, equivalente a “*cradle-to-consumer*”, o “*cradle-to-business*”<sup>5</sup>, como alcance del ciclo de vida del producto. El primero corresponde a un ciclo de vida completo, esto es, desde la generación del producto hasta su consumo y disposición final de los residuos generados. El segundo, por su parte, comprende un ciclo de vida con igual punto

<sup>1</sup> Los términos “aguas arriba” y “aguas abajo” están usados para identificar los procesos que ocurren antes o después de la ocurrencia de la etapa del ciclo de vida de un producto; es una traducción libre de los términos “upstream” y “downstream”. En “aguas arriba”, entra la manufactura y transporte de los suministros y en “aguas abajo”, los procesos que ocurren fuera del ciclo de vida del producto

<sup>2</sup> Publicly Available Specification. Corresponde a una norma no regulatoria, de cumplimiento voluntario, que orienta sobre como calcular la huella de carbono de productos

<sup>3</sup> “Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services”, título original

<sup>4</sup> British Standards institution, equivalente del Instituto Nacional de Normalización (INN) chileno y que forma parte de la International Standards Organization (ISO)

<sup>5</sup> Conceptos traducidos como “de la cuna a la tumba”, “de la cuna a consumo” y “de la cuna hasta un próximo negocio”, respectivamente

- de partida pero que se extiende solo hasta el ingreso del producto a un nuevo negocio, lo que excluye etapas de manufactura adicional, distribución del producto, su consumo por las personas y la disposición de los residuos generados por el consumo;
- **límites de cuantificación:** identifica las fuentes de gases de efecto invernadero que deben ser cuantificados; de acuerdo a la PAS-2050:2008. debe incluirse las emisiones generadas por las actividades que se dan dentro del ciclo de vida, además de las provenientes de los suministros (extracción de materias primas, refinación, manufactura y transporte de los suministros hasta sitios de consumo);
  - **criterios generales:**
    - uso de valores de potenciales de calentamiento global<sup>1</sup> (PCG) más recientes que hayan sido informados por el IPCC;
    - cambio de uso del suelo: contabiliza tanto las emisiones de gases invernadero como las capturas de carbono atmosférico, ocurridas con motivo de acciones ocurridas desde el 01 de Enero de 1990; en esta acción, debe contabilizarse las emisiones de dióxido de carbono de origen biogénico;
    - emisiones de dióxido de carbono: solo contabiliza las emisiones provenientes de carbono fósil o geológico; de este acápite, se exceptúa la fase “cambio de uso” para la que se requiere contabilizar las emisiones desde fuentes biogénicas;
    - emisiones de metano y óxido nitroso: son siempre contabilizables, no importando si el origen del carbono;
  - **almacenamiento de carbono en productos:** debe ser tomado en cuenta cuando su origen es no-biogénico;
  - **exclusiones:** exclusión de las emisiones de gases invernadero provenientes de:
    - la manufactura y transporte de bienes de capital;
    - traslado de personal entre hogar y sitio de trabajo;
    - los animales de trabajo; y
  - **otros requerimientos y requisitos:**
    - para el tratamiento de emisiones de gases invernadero originadas desde procesos específicos;
    - datos y contabilidad para emisiones provenientes de generación por energías renovables;

Es evidente que la PAS 2050:2008 no es aplicable a impactos sociales, económicos y ambientales, sino que está enfocada directamente a dimensionar el impacto sobre el calentamiento global de las distintas actividades concurrentes a la elaboración de un bien o servicio, a través de la carga de gases invernadero emitida por cada unidad física del producto. En cuanto al periodo de evaluación de las emisiones de gases invernadero, esta guía metodológica señala que la evaluación del impacto de las emisiones de gases invernadero, emergentes del ciclo de vida de un producto, es de 100 años tras la formación del producto, utilizando con ello el mismo criterio aplicado por el IPCC, para la contabilidad de las emisiones de gases invernadero al elaborar los inventarios nacionales.

## **B. Beneficios**

Los beneficios de este documento técnico-metodológico para organizaciones y empresas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- permite la evaluación interna del ciclo de vida de los productos, en función de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a estos;

---

<sup>1</sup> Más conocido, mundialmente, por la sigla en inglés de GPW (Global Potencial Warming)

- facilita la evaluación de procesos alternativos de producción, métodos de manufactura, selección de materias primas y proveedores, en base a las emisiones de gases invernadero por fase o etapa de ciclo de vida del producto;
- proporciona un punto de referencia para los programas en curso, destinados a reducir las emisiones de gases invernadero;
- permite la comparación de bienes y servicios usando un enfoque común, reconocido y estandarizado, para la evaluación de las emisiones de los gases invernadero, a nivel de fase o etapa del ciclo de vida de un producto; y
- otorga un soporte objetivo para la presentación de informes sobre responsabilidad corporativa.

### **C. Fuentes de emisión consideradas**

Incluye las emisiones de gases invernadero, originadas por procesos, suministros y residuos, dentro del ciclo de vida del producto bajo evaluación. Esto significa que las siguientes fuentes de emisión de gases invernadero están consideradas:

- consumo de energía no renovable;
- procesos de combustión;
- reacciones químicas de manufactura;
- emisiones fugitivas (como las de gases refrigerantes);
- operaciones;
- prestación de servicios y entrega;
- cambio de uso de los suelos;
- ganadería doméstica y otros procesos agrícolas; y
- disposición final de residuos.

### **3.3.2. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero**

#### **A. Descripción general**

Más conocido como el GHG-Protocol. La Iniciativa del Protocolo de Gases Efecto Invernadero es una alianza multipartita de varias entidades, entre ellas empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (IRM)<sup>1</sup> y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (CMEDE)<sup>2</sup>; se trata de una coalición de cerca de 170 empresas y cuya sede se localiza en Ginebra, Suiza. La Iniciativa fue lanzada en 1998, con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y entrega de informes, para empresas aceptadas internacionalmente, y promover su amplia adopción.

La Iniciativa del Protocolo de Gases Invernadero comprende dos estándares distintos, aunque vinculados entre sí, a saber:

- Estándar Corporativo de Contabilidad e Entrega de Informes: este documento, provee una guía para empresas interesadas en cuantificar e informar sus emisiones de gases invernadero; y
- Estándar de Cuantificación de Proyectos: es una guía para la cuantificación de reducciones de emisiones de gases invernadero, derivadas de proyectos específicos.

En este caso, es aplicable el primer estándar mencionado, relacionado con el cálculo de la huella de carbono a nivel corporativo, por lo que el texto siguiente está referido a él.

<sup>1</sup> *World Resources Institute (WRI)*

<sup>2</sup> *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*

## B. Enfoques

En este tipo de informes, se puede utilizar dos enfoques distintos en la consolidación de emisiones de gases invernadero, a saber:

- participación accionaria; y
- enfoque de control.

### B.1. Participación accionaria

Bajo este enfoque, una empresa contabiliza las emisiones de gases invernadero de acuerdo a la proporción de propiedad que posee en la estructura accionaria. Este protocolo se basa en que la participación accionaria refleja directamente un interés económico, el cual representa el alcance de los derechos que una empresa tiene sobre los riesgos y beneficios que se derivan de una operación.

Típicamente, la distribución de los riesgos y beneficios económicos de una operación está alineada con los porcentajes de propiedad, los cuales normalmente corresponden a la participación accionaria. Cuando este no es precisamente el caso, la esencia económica de la relación que la empresa tiene con una determinada operación, siempre pesará más que la propiedad legal.

### B.1. Enfoque de control

Bajo el enfoque de control, una empresa contabiliza el 100% de las emisiones de gases invernadero que sea atribuible a las operaciones sobre las cuales ejerce el control. No debe contabilizar emisiones provenientes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación pero no tiene el control de las mismas. El control puede definirse tanto en términos financieros como operacionales. Al utilizar el enfoque de control para contabilizar sus emisiones de gases invernadero, las empresas deben decidir cuál criterio utilizar: control financiero o control operacional, a saber:

- **control financiero:** según el protocolo, una empresa tiene control financiero sobre una operación si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades. El control financiero existe generalmente si la empresa posee el derecho de apropiarse de la mayoría de los beneficios de la operación, independientemente de cómo sean asumidos estos derechos;
- **control operacional:** una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha empresa -o alguna de sus subsidiarias- tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas en la operación. Este criterio es consistente con las prácticas actuales de contabilidad e informe de muchas empresas que reportan las emisiones provenientes de las operaciones que controlan. Salvo en circunstancias especiales, la empresa que opera una instalación, normalmente ejerce la autoridad de introducir e implementar sus políticas operativas.

Bajo el enfoque de control operacional, la empresa que posee el control de una operación, ya sea de manera directa o a través de una de sus subsidiarias, deberá contabilizar como propio el 100% de las emisiones de la operación. Debe enfatizarse que el control operacional no significa necesariamente que una empresa sea capaz de tomar todas las decisiones concernientes a una operación o instalación en particular. Por ejemplo, inversiones muy grandes requerirán la aprobación de todos los socios que ejercen de manera conjunta el control financiero. Existen guías que ofrecen más información al respecto del criterio de control operacional en materia de reporte de emisiones de gases invernadero (IPIECA, 2003).

En ocasiones, una empresa puede participar conjuntamente con otras en el control financiero de una operación, pero no poseer el control operacional. En tales casos, la empresa deberá revisar los arreglos contractuales para determinar si alguno de los socios tiene la autoridad para introducir e implementar políticas operativas en la operación y, por tanto, la responsabilidad de reportar las emisiones de la operación en cuestión. Si esta última tiene en sí misma la capacidad de definir e instrumentar sus propias políticas, los socios que -de manera conjunta- ejercen el control financiero no deben reportar sus emisiones.

Para las empresas que controlan un 100% de sus operaciones, el protocolo define que el límite organizacional será el mismo, independiente del enfoque que se utilice. Para empresas con operaciones conjuntas con otras empresas, el límite organizacional y las emisiones resultantes pueden diferir dependiendo del enfoque utilizado.

### **C. Determinación de los límites operacionales**

Después de haber determinado sus límites organizacionales, en términos de las operaciones de las que es propietaria o tiene el control, una empresa establece sus límites operacionales. Esto involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones, clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y de informe para las emisiones indirectas.

Lo que se clasifica como emisiones directas e indirectas de gases invernadero depende del enfoque de consolidación (participación accionaria o de control) seleccionado para determinar los límites organizacionales. Las emisiones directas son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Las emisiones indirectas son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad o están controladas por otra empresa.

### **D. Concepto de ámbito<sup>1</sup>**

Para delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas, mejorar la transparencia y proveer utilidad para distintos tipos de organizaciones y de políticas sobre el cambio climático y metas empresariales, se definen tres alcances (en inglés, scopes) para propósitos de contabilidad de los gases invernadero. Los alcances 1 y 2 (cuyo contenido se detalla más adelante) son definidos cuidadosamente, para asegurar que dos o más empresas no contabilicen emisiones en el mismo alcance. Esto hace posible utilizar los alcances en programas de gases invernadero en los que la doble contabilidad es un asunto importante. Las empresas deben contabilizar e informar de manera separada las emisiones de los alcances 1 y 2, como mínimo.

El detalle, por alcance, es el siguiente:

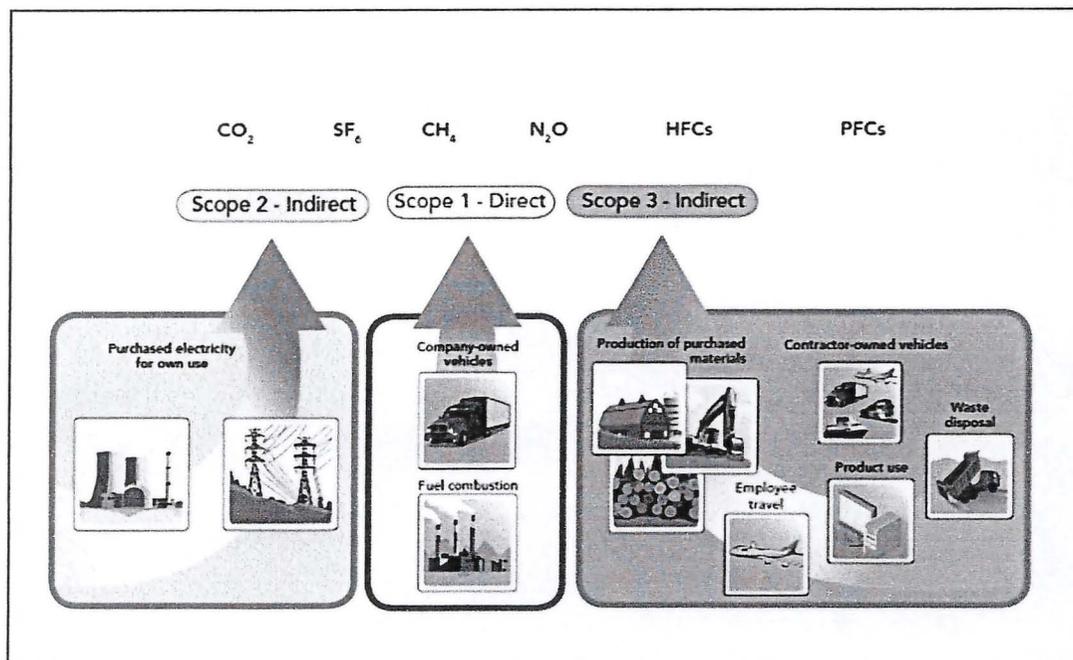
- **ámbito 1:** emisiones directas de gases invernadero. Ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controlados por la empresa; también, emisiones provenientes de la producción química en equipos de proceso propios o controlados. Las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, provenientes de la combustión de biomasa, no deben incluirse en el ámbito 1, debiéndose ser informadas de manera separada. Las emisiones de gases invernadero no cubiertos por el Protocolo de Kyoto, no deben ser incluidos en este capítulo, pudiendo ser informados de manera separada;

---

<sup>1</sup> Traducción de la palabra inglesa "scope"

- **ámbito 2:** emisiones indirectas de gases invernadero asociadas a la electricidad. Bajo este capítulo, se incluye las emisiones de gases invernadero por generación de la electricidad adquirida y consumida por la empresa. La electricidad adquirida se define como aquella que es comprada o traída dentro del límite organizacional de la empresa. Las emisiones del ámbito 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada; y
- **ámbito 3:** otras emisiones indirectas. El ámbito 3 es una categoría opcional de informe, que permite incluir el resto de las emisiones indirectas posibles de ocurrir. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades adjudicables al ámbito 3 son la extracción y producción de suministros adquiridos, el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos.

La **Figura 3.1.** presenta un esquema explicativo de los alcances considerados en el protocolo.



**Figura 3.1. Ámbitos de las emisiones de gases invernadero, según el Protocolo de Gases Invernadero (Fuente: Getting to Zero)**

Asimismo, el Protocolo señala las directrices a seguir en una serie de otros temas ligados al cálculo de la huella corporativa, que son:

- seguimiento a las emisiones a través del tiempo;
- identificación y cálculo de las emisiones de gases invernadero;
- gestión de la calidad del inventario;
- contabilidad de reducciones de emisiones de gases invernadero;
- reporte de emisiones de gases invernadero;
- verificación de emisiones de gases invernadero; y
- determinación de un objetivo de emisiones de gases invernadero.

### **3.3.3. Protocolo de Contabilización de Gases Invernadero para la Industria Internacional del Vino (Greenhouse Gas Accounting Protocol for the International Wine Industry)**

#### **A. Aspectos generales**

Este protocolo es una adaptación a la industria del vino del Protocolo de Gases Invernadero. Fue elaborado por agencias provenientes de EUA (California), Nueva Zelanda, Sudáfrica y Australia, todas ellas pertenecientes al sector vitivinícola (como el Instituto del Vino de California, Viticultores de Nueva Zelanda, Producción Integrada de Vino de Sudáfrica y la Federación de Productores de Vinos de Australia) en conjunto con la empresa Provisor Pty Ltd.

Consiste, principalmente, en una definición de lineamientos para cuantificar la huella de carbono de una viña, yendo desde el proceso de cultivo hasta la elaboración y producción del vino, considerando el embotellado y venta del producto. Junto con identificar las fuentes y definir los procedimientos, el protocolo está asociado a una planilla en formato Excel que permite el cálculo automático, luego del ingreso de los datos.

El Protocolo define las emisiones directas e indirectas y no involucra la cuantificación por proceso productivo; esto quiere decir que se deben recopilar los datos consolidados en toda la producción, sin importar de qué fase productiva provengan. No se debe esperar llegar a la huella de carbono del producto (por ejemplo, kilogramos de CO<sub>2</sub>e por litro o botella de vino) por medio de este Protocolo, sino que más bien se tendrán las emisiones totales de la compañía.

#### **B. Partes y variables**

El Protocolo define una metodología que involucra secuencialmente:

- una determinación de los límites organizacionales que componen la estructura administrativa de la compañía con la selección de las fuentes de emisión;
- una identificación de los límites operacionales para distinguir que emisiones son generadas directa o indirectamente por la compañía;
- el levantamiento de la información de las fuentes antes detectadas; y
- utilización de la herramienta de cálculo de la huella de carbono.

Como se planteó inicialmente, las etapas metodológicas de este protocolo son semejantes a las consideradas por el Protocolo de Gases Invernadero (GHG-Protocol).

### **3.3.4. ISO<sup>1</sup> 14064:2006 (Inventarios y Verificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero<sup>2</sup>)**

La norma ISO 14064:2006, en sus tres partes, define un conjunto de criterios para la contabilización y verificación de las emisiones de gases invernadero. La norma define las mejores prácticas internacionales en cuanto a gestión, informe y verificación de datos e información referidos a gases invernadero. El uso de enfoques normalizados asegura que una tonelada de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, sea siempre la misma donde sea que ocurra. Las incertidumbres sobre las declaraciones de emisiones deberían ser comparables en todo el mundo, pudiendo los gobiernos, el mercado y otros entes interesados confiar en los datos presentados y en las declaraciones realizadas. La norma está estructurada de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup> *International Standards Organization*

<sup>2</sup> *GHG Emissions Inventories and Verification*

- **parte 1:** detalla los principios y requerimientos para el diseño, desarrollo, gestión e informe de los inventarios de gases invernadero, a nivel de una planta o de una organización. Incluye requisitos para determinar los límites de la emisión de gases invernadero, para cuantificar las emisiones y reducciones de gases invernadero y para identificar acciones específicas cuyo objetivo sea mejorar la gestión de los gases invernadero. También, incluye requisitos y lineamientos de sistemas de gestión sobre la calidad del inventario de gases invernadero, el informe, las auditorías internas y las responsabilidades de la organización en la verificación;
- **parte 2:** se focaliza en proyectos sobre gases invernadero, específicamente diseñados para reducir emisiones o aumentar capturas, tales como energía eólica o proyectos de secuestro y almacenaje de CO<sub>2</sub>. Incluye principios y requerimientos para determinar la línea de base del proyecto y para monitorear, cuantificar e informar el desempeño del proyecto; y
- **parte 3:** describe los procesos de verificación y validación. Especifica requisitos para los componentes tales como la planificación de la verificación, la evaluación de las afirmaciones respecto a los gases invernadero y los procedimientos de dicha evaluación. Esta parte de la norma puede ser utilizada por organizaciones de terceras partes, para validar o verificar los informes o declaraciones sobre emisiones y capturas de gases invernadero.

### **3.4. Protocolos en desarrollo**

#### **3.4.1. Protocolo de Gases Invernadero para Iniciativa de Producto y Cadena de Abastecimiento (GHG-Protocol's Product and Supply Chain Initiative)**

El Protocolo de Gases Invernadero está desarrollando dos nuevos estándares para contabilización e informe de gases invernadero, utilizando el enfoque de análisis de la cadena de suministro de los productos. Para el desarrollo de los nuevos estándares, el Protocolo está siguiendo los mismos principios usados en los protocolos anteriores, es decir, procesos donde participan diversos actores relevantes, empresarios, políticos, ONGs, académicos y otros expertos. El nuevo Protocolo proveerá de un método estandarizado para realizar un inventario de emisiones asociadas a productos individuales, a través de su ciclo de vida completo y de su cadena de valor corporativa, tomando en cuenta los impactos “aguas arriba” y “aguas abajo”<sup>1</sup> de las operaciones de la compañía. Su lanzamiento está previsto para el año 2010.

#### **3.4.2. ISO 14067 Huella de Carbono de Productos (Carbon Footprint of Products)**

Esta norma permitirá calcular la huella de carbono de un bien o servicio, a través de medir las emisiones de gases invernadero a lo largo de su ciclo de vida. En la actualidad, se encuentra en la etapa de “Technical Committee Draft” en evaluación por los gobiernos reconocidos por la ISO. Se espera sea publicado durante el año 2011. En mes de Marzo del año en curso, el INN creó un Comité Espejo, el cuál se encargará de revisar el borrador del documento y entregar las observaciones a principios del mes de Junio.

---

<sup>1</sup> *Upstream and downstream emissions*

### 3.5. Consideraciones finales

Dadas las características del estudio licitado por el FIA, con inclusión de los principales productos agropecuarios de exportación, los ejecutores del estudio tomaron la decisión de basar el desarrollo del procedimiento de cálculo de la huella de carbono en la PAS 2050:2008. Entre otras cosas, esta decisión fue basada en los siguientes hechos:

- está orientada a productos y no a fines corporativos, por lo que el uso de esta metodología permite obtener las emisiones de gases invernadero asociados a una unidad funcional de producto (generalmente, kilogramos o litros aunque, también es posible tener otra unidad funcional, como botellas de vino);
- fue desarrollada por una fuente estatal, lo que permite dar mayores garantías de imparcialidad a todos los actores privados;
- fue la base utilizada por el Carbon Trust para desarrollar la metodología de cuantificación de la huella de carbono de uno de los mayores distribuidores a minoristas en el mundo como es la cadena de supermercados Tesco, en el Reino Unido; y
- finalmente, fue la base metodológica empleada por diversas agencias neozelandesas para desarrollar estudios comparativos con productos británicos.

Sin embargo, es importante considerar en cualquier estudio o inventario de emisiones de gases invernadero los dos tipos de enfoque mencionados, es decir, corporativos y por producto, ya que permite una comprensión mayor de la temática en estudio, en relación a la cuantificación y clasificación de las emisiones generadas.

## 4. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO

### 4.1. Antecedentes del Estudio

#### 4.1.1. Objetivos

El desarrollo del Estudio Huella de Carbono, licitado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), fue formulado sobre la base de los objetivos que se detallan a continuación.

#### A. General

El objetivo general fue analizar y determinar rangos de valores de la huella de carbono de los principales productos agropecuarios exportables del país, con el propósito de contribuir a mantener o aumentar la competitividad del sector silvoagropecuario, mediante el establecimiento de respuestas innovativas y sostenibles frente a posibles medidas que pudieran afectar el comercio internacional de los productos nacionales.

Como resultado de las discusiones tenidas antes y durante la ejecución del estudio, tanto a nivel del Ministerio de Agricultura (específicamente, en el Consejo de Cambio Climático) como del Ministerio de Relaciones Exteriores (específicamente, Prochile y su Mesa de Carbono Neutro) y del FIA, el objetivo general originalmente planteado fue modificado en el sentido de relevar la importancia de contar con una metodología de cálculo de la huella de carbono de productos agropecuarios, que fuera compatible con los criterios dominantes en Europa, y que termine transformada en una herramienta computacional de autoevaluación y de libre acceso.

Desde esta perspectiva, el uso de datos reales para componer la huella de carbono de un producto no tiene más importancia que permitir validar los algoritmos de cálculo, por una parte, e identificar las fases críticas de la huella de carbono, por la otra, por lo que los valores calculados no pueden ni deben ser considerados representativos para los productos incluidos en el estudio.

#### B. Específicos

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

1. definir y aplicar un procedimiento metodológico de cálculo de la huella de carbono de productos agropecuarios, incluyendo el consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero en cada fase del ciclo de vida de los productos;
2. identificar y priorizar, sobre bases socioeconómicas y ambientales, alternativas técnicas para reducir el consumo energético y las emisiones de gases invernadero en el ciclo de vida de los productos involucrados, considerando la variabilidad geográfica y estacional nacional;

3. proponer políticas, incluyendo alternativas técnicas, administrativas, legales y financieras sostenibles, para reducir la huella de carbono de los productos incorporados al estudio;
4. formular un código de buenas prácticas agrícolas, tendientes a aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases invernadero de la producción de campo; y
5. transferir los resultados del estudio a los principales actores involucrados.

#### **4.1.2. Resultados y/o productos**

Los objetivos específicos condicionaron los siguientes resultados y/o productos por generar, a saber:

1. procedimiento metodológico para el cálculo de la huella de carbono de los productos incluidos en el estudio;
2. planillas interactivas para autoevaluación de la huella de carbono, por producto;
3. rangos de valores de huella de carbono por producto, tanto total como desagregado por fase del ciclo de vida;
4. identificación de las fases críticas de la huella de carbono por producto y de las potenciales opciones de mitigación;
5. propuesta de criterios básicos para definir una estrategia política que conduzca a una reducción de la huella de carbono de los productos agropecuarios chilenos;
6. propuesta de códigos de buenas prácticas agrícolas, cuya aplicación se traduzca en minimizar el consumo energético y las emisiones de gases invernadero; y
7. talleres de transferencia, orientados a los actores directos de la huella de carbono –léase productores y exportadores.

#### **4.1.3. Carta Gantt del estudio**

El **Cuadro 4.1.** presenta el cronograma del estudio, desagregado según las actividades ejecutadas.

**Cuadro 4.1. Carta Gantt del Estudio “Huella de Carbono de productos agropecuarios”**

ETAPAS	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4		MES 5		MES 6		MES 7	
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_10	Q_11	Q_12	Q_13	Q_14
1. Definición y aplicación de procedimiento	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Metodología Definida	■	■	■	■										
Planillas confeccionadas	■	■	■	■										
Encuestas aplicadas y planillas vaciadas	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
2. Opciones de mitigación viables							■	■	■	■	■			
Propuestas de acciones posibles							■	■	■	■				
3. Estrategia política de apoyo							■	■	■	■	■			
4. Código de BPA							■	■	■	■	■			
5. Transferencia y difusión													■	■
6. Informes	■						■				■	■	■	
Días desde inicio	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210

#### 4.1.4. Productos agropecuarios incluidos

El Cuadro 4.2. presenta la lista de productos originalmente incluidos en los términos de referencia del estudio, junto con aquella finalmente convenida, luego de conversaciones entre INIA y FIA.

**Cuadro 4.2 Productos agropecuarios incluidos en el estudio**

Productos originalmente incluidos	Productos finalmente incluidos
Uva de mesa	Uva de mesa
	Paltas (cerros, valle)
Vinos	Vinos tintos, convencionales y orgánicos
Duraznos	Ciruelas
Manzanas	Manzanas
Peras	
Semilleros de maíz	Semilleros de maíz
Arándanos	Arándanos
Fresas	
Frambuesas	Frambuesas, convencionales y orgánicas
Leches en polvo	Quesos tipo gauda
	Carnes ovinas magallánicas

#### 4.1.5. Otros acuerdos operacionales

Con el fin de establecer los criterios básicos de las actividades, tanto en lo metodológico como en lo operacional, se tuvo una serie de reuniones con las entidades asociadas y participantes. Al cabo de estas, los principales criterios regulatorios convenidos fueron los siguientes:

- dado que el número de encuestas por producto (9 encuestas, como promedio por producto) no permite bajo ninguna circunstancia alcanzar resultados representativos, se hizo recomendable concentrar las encuestas en la zona de mayor producción y, dentro de esta, en el segmento de productores más representativos;
- bajo el mismo criterio de concentración y no de dispersión, expresado en el punto anterior, se tomó la decisión de trabajar con la(s) cultivar(es) más exportada(s) de cada producto;
- por ser los productos más exportados, para la uva de mesa y las manzanas, se incluyó las dos cultivares más exportadas;

- en algunos casos, por razones de representación geográfica, las encuestas escaparon del criterio de concentración, siendo aplicadas en más de una región administrativa;
- tanto para la elección de las cultivares como de las regiones, se usó las estadísticas sobre volúmenes de exportación proporcionadas por ASOEX A.G.; y
- se trabajó sobre la base de las listas de productores y encargados de packings que los representantes de las asociaciones gremiales participantes del estudio pusieran a disposición de los ejecutores; ello, con el fin de facilitar el acceso a la información considerada como estratégica y, por consiguiente, confidencial.

Respecto de este último punto, INIA se comprometió a mantener absoluta reserva acerca de la identidad de los encuestados y de la información recolectada; por ello, cada encuestado fue identificado por una clave específica, archivando la encuesta solo con esta. La lista de encuestados y claves asignadas fue registrada en un archivo exclusivo, cuya única versión quedó en poder del Coordinador Titular del Estudio.

El Cuadro 4.3. entrega el detalle de los productos, cultivares y regiones administrativas prioritarias, por cada uno de los productos incluidos en el estudio.

**Cuadro 4.3. Productos, cultivares y regiones administrativas prioritarias para la aplicación de las encuestas**

Producto	Cultivares	Regiones prioritarias
Uva de mesa	Red Globe Thompson Seedless	Regiones de Valparaíso y de O'Higgins
Palta	Hass	Región de Valparaíso
Vino	Vinos de cepas tintas	Regiones Metropolitana, de O'Higgins y del Maule
Ciruela	Angelino	Región de O'Higgins
Manzana	Royal Gala Granny Smith	Regiones de O'Higgins y del Maule
Maíz-semilla	Cultivares híbridos tipo precoz europeo	Regiones del Maule y Metropolitana
Arándano	Tipo highbush	Región del Maule
Frambuesa	Heritage	Región del Maule
Queso	Tipo Gauda	Regiones de los Ríos y de los Lagos
Carne ovina	Sin especificar	Región de Magallanes

Los cuadros estadísticos con volúmenes exportados de frutas, que sirvieron para seleccionar las cultivares y las regiones administrativas, fueron aportados por la ASOEX A.G.

## 4.2. Aspectos metodológicos

Como se señaló en el punto “3.5. Consideraciones finales” y luego de analizar las diferentes aproximaciones metodológicas aplicadas y ejemplos disponibles sobre estudios ya ejecutados, entre los que destacan el estudio ASOEX-FDF-Prochile sobre huella de carbono en dos cultivares de manzanas y los trabajos de Nueva Zelanda, se tomó la decisión de usar la PAS-2050:2008, como base metodológica para calcular la huella de carbono de los productos agropecuarios.

Una vez definido el marco metodológico, antes de proceder con la captura de información a través de las encuestas, se hizo necesario decidir respecto de los temas metodológicos y operacionales que, a continuación, se detallan:

- el ciclo de vida de los productos;
- los límites de cuantificación de cada fase del ciclo de vida;
- los factores de emisión por incorporar al procedimiento de cálculo;
- las encuestas por aplicar; y
- las planillas de cálculo.

### 4.2.1. Decisiones tomadas

#### A. Respecto del ciclo de vida (CdV)

##### A.1. Alcance

Como se mencionó en el capítulo anterior, la PAS 2050:2008 define que las emisiones de gases invernadero, que conformen la huella de carbono de un producto, deben contabilizarse dentro del ciclo de vida del producto, el cual puede delimitarse en función de los siguientes dos enfoques:

- aproximación de la cuna a la tumba<sup>1</sup>; ó
- aproximación de la cuna a un próximo negocio<sup>2</sup>.

La primera alternativa identifica un ciclo de vida extendido desde el establecimiento del sistema de producción hasta el consumo final del producto. Ello significa que, bajo esta aproximación, se debe contabilizar desde las emisiones/capturas de gases invernadero producidas por el cambio de uso de los suelos y posterior establecimiento del sistema productivo<sup>3</sup> hasta las propias de su consumo final y disposición de los residuos generados por este consumo, pasando por la producción en campo, procesamiento de post-cosecha y transporte; bajo este enfoque, las fases del ciclo de vida de un producto agropecuario exportable son las siguientes:

- cambio de uso y establecimiento del sistema productivo;
- producción en campo;
- procesamiento de post-cosecha:
  - packing (frutas),
  - planta de secado (semillas de maíz),

---

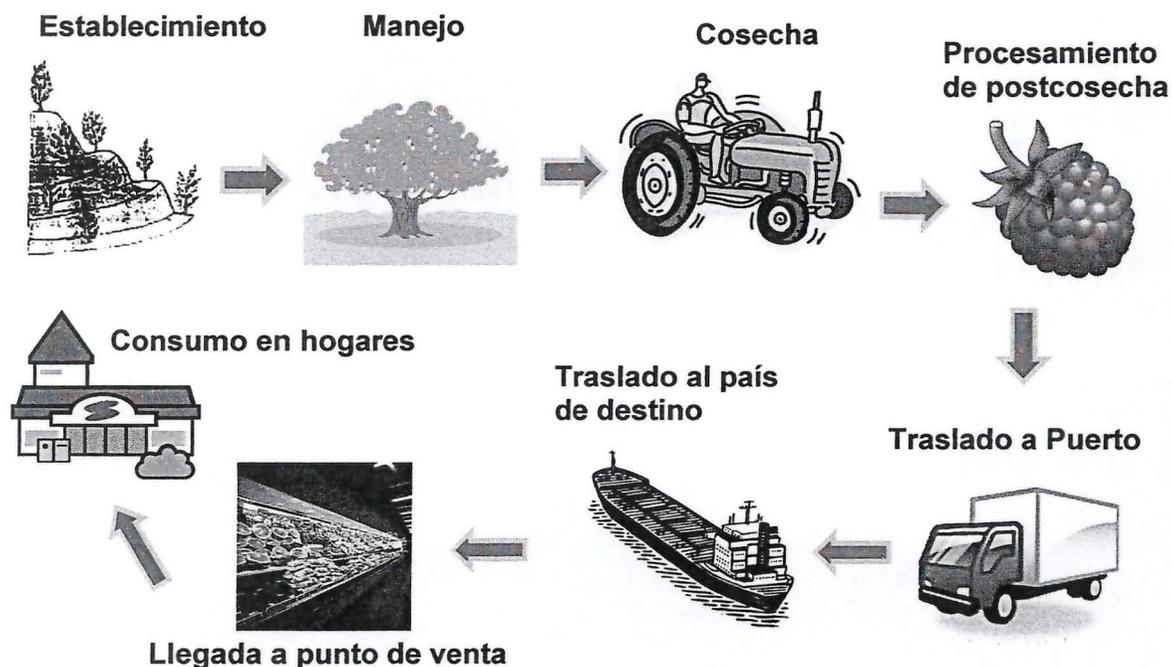
<sup>1</sup> *Cradle-to-grave” approach*

<sup>2</sup> *Cradle-to-business approach*

<sup>3</sup> *Siempre que haya ocurrido a contar del 01 de Enero de 1990*

- bodega de vinificación (vino) y embotellado,
- matadero y frigorífico (carnes ovinas),
- industria procesadora (quesos gauda),
- unidad de frío;
- transporte del producto:
  - de campo a planta procesadora,
  - entre plantas procesadoras,
  - de planta procesadora a centros de distribución,
  - de centros de distribución a sitios de venta a público, y
  - de sitios de venta a público a hogares;
- centros de distribución y sitios de expendio a público; y
- consumo del producto.

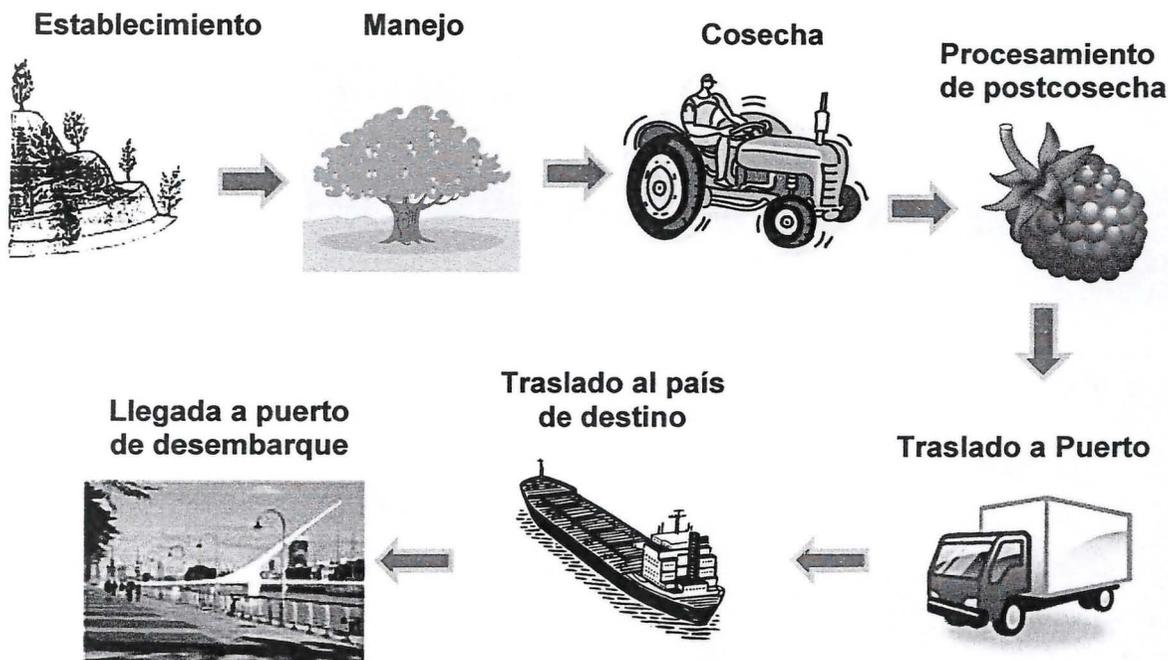
En lo general, se trata de un enfoque aplicable a los productos que son consumidos en el mismo país o unidad geográfica donde son producidos. Un esquema de esta aproximación es presentado por la **Figura 4.1.**



**Figura 4.1. Ciclo de vida de un producto agropecuario, según la aproximación “cuna-a-tumba”**

La otra aproximación es la de “cuna-a-próximo negocio”. Bajo esta, el ciclo de vida del producto termina con el producto entregado a una red de comercialización que tiene vida propia y que no depende del origen del producto ó del producto mismo: la red de comercialización es un negocio completamente independiente del producto y de los productores, por lo que sus emisiones corresponden a un negocio diferente por lo que no son imputables al producto en evaluación. Este enfoque es aplicable a productos que se exportan ya que la distribución en el país extranjero es un

negocio sobre el cuál las entidades nacionales no tienen control alguno. Un esquema de esta aproximación se presenta en la **Figura 4.2.**



**Figura 4.2. Ciclo de vida aplicado al Estudio “Huella de Carbono”, según enfoque de “cuna-a-próximo negocio”**

Justamente, esta aproximación fue la aplicada en el Estudio Huella de Carbono, que se informa. Según esto, el ciclo de vida de los productos en evaluación quedó conformado por las siguientes fases:

- cambio de uso y establecimiento del sistema productivo;
- producción en campo;
- procesamiento de post-cosecha:
  - packing (frutas),
  - planta de secado (semillas de maíz),
  - bodega de vinificación (vino) y embotellado,
  - matadero y frigorífico (carnes ovinas),
  - industria procesadora (quesos gauda),
  - unidad de frío; y
- transporte del producto:
  - de campo a planta de procesamiento de post-cosecha,
  - entre unidades de procesamiento de post-cosecha,
  - de unidad de procesamiento de post-cosecha a puerto de embarque, y
  - de puerto de embarque a puerto de destino.

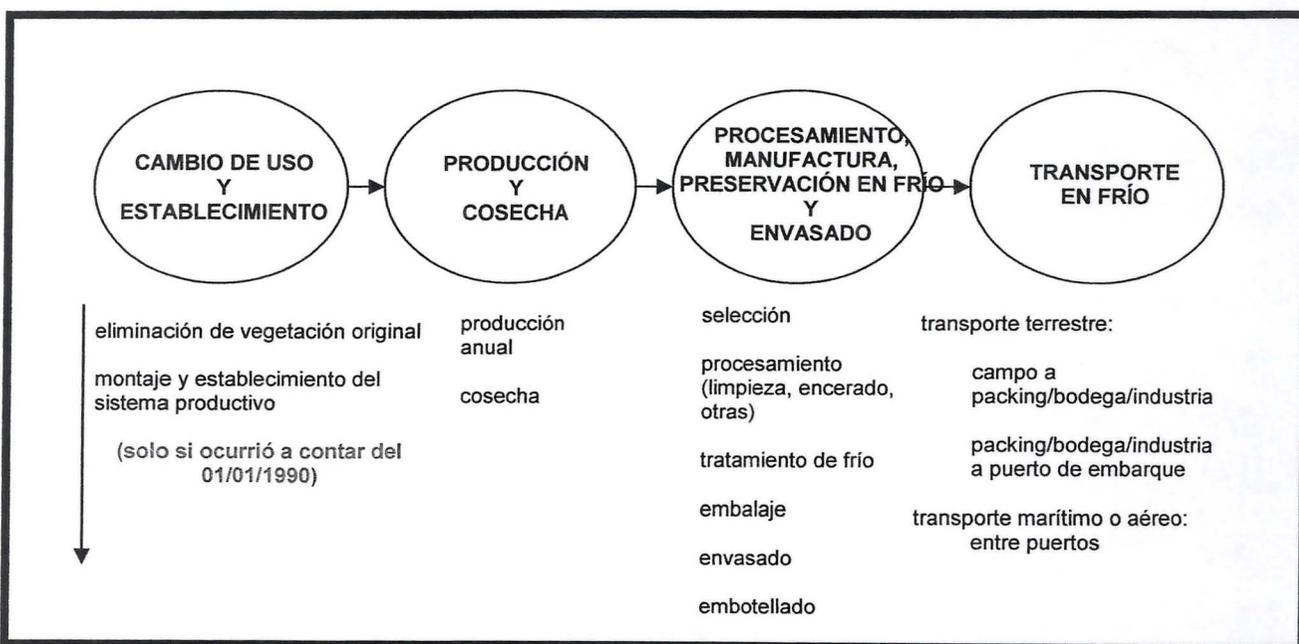
La fase “cambio de uso y establecimiento de sistema productivo” solo debe ser considerada como parte inicial del ciclo de vida de un producto, siempre y cuando –como lo define explícitamente la PAS-2050:2008- haya ocurrido a partir del 01/01/1990. En el Estudio Huella de Carbono, esta fase

fue aplicada a los huertos de paltas establecidos en posición de ladera y a un productor de uva de mesa, en la Región de Coquimbo, también ocupando la misma posición.

Para los productos animales, se incluyó una nueva fase -identificada simplemente como “animales”- para contabilizar las emisiones de gases invernadero (metano y óxido nítrico, específicamente) generadas por los animales y por sus residuos orgánicos; para este fin, se aplicó la metodología IPCC (2006) para elaborar los inventarios nacionales de emisiones y capturas de gases invernadero. El detalle de las emisiones contabilizadas es el siguiente:

- metano por fermentación entérica, o sea, como resultado de procesos microbianos en el tracto digestivo animal, y
- metano y óxido nítrico, generados por la degradación de los residuos biológicos (excretas, estiércol, purines).

La **Figura 4.3.** presenta el esquema que se siguió en la encuesta y por consiguiente en la planilla de cálculo.



**Figura 4.3. Esquema de fases del ciclo de vida y acciones consideradas**

## A2. Fuentes de emisión de gases invernadero

Para cada fase del ciclo de vida, se contabilizó las siguientes fuentes de gases invernadero:

- **fuentes de energía:**
  - combustibles –sólidos, líquidos y/o gaseosos, de origen fósil- consumidos por el uso de máquinas y motores (tractores, motobombas, correas sinfín, grúas horquilla, camiones, camionetas, otras) y/o por necesidades de iluminación, tanto en las unidades de trabajo como en los edificios de oficina asociados,

- electricidad: cantidad consumida para la operación de máquinas (bombas elevadoras de agua, bombas presurizadoras, refrigeradores, otras) y/o iluminación, tanto a nivel de las unidades de trabajo como de edificios de oficinas vinculados;
- **insumos:**
  - fertilizantes, plaguicidas, enmiendas, productos veterinarios, empleados anualmente,
  - gases refrigerantes, consumidos anualmente
  - otros insumos requeridos en campo y unidades de post-cosecha (postes, alambres, malla rachel, cintas de amarre, materiales de embalaje o envasado o embotellado [cajas de cartón corrugado, cajas plásticas, botellas, etiquetas, huinchas, otros])<sup>1</sup>;
- **residuos:** cada una de las materias residuales, generadas como resultado de las actividades propias del ciclo de vida, tanto a nivel de las unidades de trabajo como de los edificios de oficinas asociados; y
- para **cambio de uso:**
  - biomasa acumulada, por unidad de superficie, y
  - biomasa eliminada, por unidad de superficie.

### A.3. Tipos de emisión de gases invernadero

Así como el Protocolo de Gases Invernadero clasifica las emisiones contabilizables en “ámbitos” (“scopes”, en inglés), en esta oportunidad y para este estudio, las emisiones de gases invernadero tomadas en cuenta fueron clasificadas en las categorías de:

- emisiones directas de tipo animal;
- emisiones directas, propiamente tales;
- emisiones indirectas;
- emisiones involucradas; y
- emisiones por carbono no-biogénico.

#### A.3.1. Emisiones directas de tipo animal

Corresponden a los gases invernadero emitidos directamente por los animales criados e indirectamente por sus residuos biológicos. Se trata de emisiones directas pero que, para facilitar la identificación de fases críticas, fue preferible contabilizarlas aparte. De acuerdo con las guías metodológicas del IPCC (1996, 2006), la crianza de animales es responsable de las siguientes emisiones:

- metano, como producto de la acción de poblaciones de microorganismos metanogénicos que habitan en el tracto digestivo de los animales, especialmente de los rumiantes, sobre los alimentos consumidos; se les conoce como emisiones por fermentación entérica, las que varían según la especie, edad y dieta animal (el país no cuenta con información propia que le permita sustentar factores de emisión por raza, edad y dieta animal);
- metano y óxido nitroso, como producto de procesos microbianos que ocurren en el estiércol acumulado en lagunas o fosas, con tasas de emisión variables en función de la especie y edad

---

<sup>1</sup> En el caso de los quesos gauda, el estudio no consideró la fase de procesamiento de la leche ni la huella de de carbono de los piensos, entendiéndose por tales, a los granos y forraje entregados como suplemento alimenticio a los animales

animal y de los sistemas de tratamiento de residuos animales; se les conoce como emisiones por manejo o gestión del estiércol; y

- óxido nitroso desde las excretas animales depositadas sobre la superficie del suelo por animales en pastoreo, como resultados de procesos microbianos de desnitrificación y nitrificación que se desencadenan en el guano; la metodología del IPCC permite calcular emisiones directas e indirectas, nombres que no tienen relación con el significado de los mismos términos en este estudio.

### **A.3.2. Emisiones directas, propiamente tales**

Incluye las emisiones de gases invernaderos resultantes de las operaciones y procesos que ocurren dentro de cada una de las fases del ciclo de vida de un producto y que son necesarias para producirlo, procesarlo y comercializarlo; en otras palabras, son las emisiones de las cuales, el producto es responsable directo.

Básicamente, estas emisiones provienen de:

- la quema de combustibles fósiles -líquidos, sólidos o gaseosos- por motores;
- el consumo de electricidad -en la fracción asociada a fuentes no-biológicas- por equipos estacionarios, para alguna operación específica, calefacción y/o iluminación;
- el consumo de agroquímicos que liberan gases invernadero: es el caso de los fertilizantes nitrogenados (emisores de óxido nitroso), cal agrícola (emisora de dióxido de carbono), urea (emisora de dióxido de carbono y óxido nitroso) y gases refrigerantes (por emisiones fugitivas) que son gases invernadero; y
- la disposición final de residuos, que -según el tratamiento aplicado- puede ser fuente de metano y/o óxido nitroso.

### **A.3.3. Emisiones indirectas**

Esta categoría agrupa las emisiones de dióxido de carbono generadas por la quema de combustibles fósiles requerido para el funcionamiento de los medios de transporte (camiones, camionetas, otros) por medio de los que se transportan:

- los suministros (combustibles, insumos) a los distintos sitios de trabajo (campo, packing, industria, bodega, planta deshidratadora, puerto), desde los sitios de venta; y
- los residuos generados a los sitios de disposición final.

### **A.3.4. Emisiones involucradas**

Esta categoría agrupa las emisiones que constituyen la huella de carbono de cada uno de los suministros; es el aporte de los suministros a la huella de carbono del producto y podrían ser también denominadas como "emisiones adquiridas"<sup>1</sup>. Las emisiones que fueron consideradas como contabilizables fueron las siguientes:

- por extracción y refinación de combustibles fósiles;
- por extracción y transporte de materias primas y manufactura de insumos (fertilizantes, plaguicidas, productos veterinarios, materiales de embalaje, otros);

---

<sup>1</sup> La PAS-2050:2008 las identifica como "upstream emissions",

- por transporte de combustibles, desde sitio de extracción y/o refinación hasta sitios de venta en el país; y
- por transporte de insumos desde fábricas hasta sitios de venta en el país.

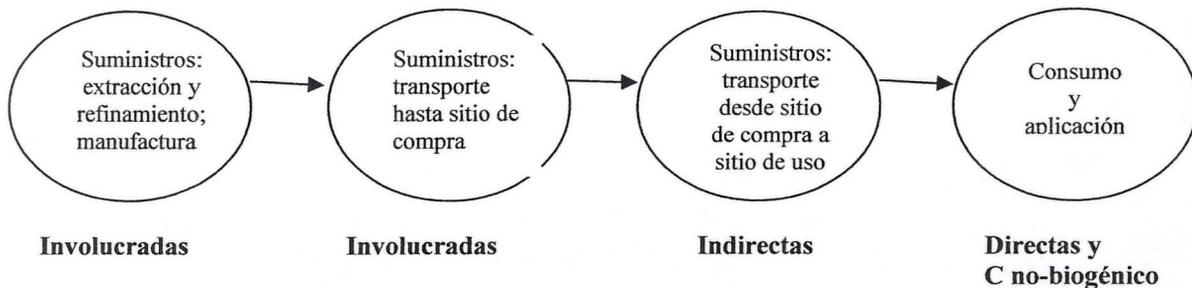
### A.3.5. Emisiones por C no-biogénico

En el ciclo de vida de los productos, se utiliza una serie de insumos de origen fósil que contienen carbono y que no son degradados ni destruidos, al término de la temporada anual. Aquellos que, excediendo el ciclo de vida de un producto, no son reciclados ni rehusados, van a degradarse lentamente generando emisiones de dióxido de carbono, dentro de los siguientes 100 años<sup>1</sup> a su uso, por lo que deben ser contabilizadas separadamente de las emisiones que efectivamente ocurren dentro del ciclo de vida y en la temporada anual bajo evaluación.

Si estos insumos son eliminados por vía del fuego, las emisiones de dióxido de carbono que ocurren son contabilizadas en la categoría de “emisiones directas”, lo mismo que ocurre con las generadas por el uso de otros insumos con carbono no-biogénico (cal agrícola y urea). En caso de reciclaje o reutilización, las emisiones de dióxido de carbono potenciales deben ser prorrateadas por la vida útil del producto, de manera de asignar emisiones solo por la fracción parte que se renueva anualmente.

Esta categoría incluyó el carbono de los insumos plásticos (malla rachel, cañerías de PVC, envases de insumos, cintas de riego). Un detalle importante: el carbono no-biogénico contenido en los materiales usados para embalaje de los productos no fue contabilizado como emisión de los productos ya que se trata de materiales que no regresan al país, siendo su eliminación de responsabilidad de la empresa receptora del producto en el puerto de destino.

La **Figura 4.4.** presenta un gráfico del ciclo de las distintas emisiones generadas.



**Figura 4.4. Diagrama de flujo de las emisiones**

### B. Límite de cuantificación, factores de emisión y potenciales de calentamiento global.

Un tema relevante fue el referido a los factores de emisión requeridos para transformar los datos de actividad (litros de petróleo, kilowatts consumidos ó kg de nitrógeno aplicado al suelo) en cantidad de gases invernadero emitidos y que permiten el cálculo de la huella de carbono. Siendo un tema controversial, ante el cuál la huella de carbono de cualquier producto es altamente sensible, se tomó la decisión de aplicar el siguiente orden de priorización:

<sup>1</sup> Es el horizonte temporal considerado por el IPCC para las emisiones de gases invernadero

- priorizar el uso de factores de emisión aportados por el IPCC en sus guías metodológicas para la elaboración de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero; dentro de las disponibles, priorizar las publicadas en 2006;
- en áreas para las que el IPCC no ofrece factores de emisión, incorporar los producidos por fuentes oficiales extranjeras con experiencia en el tema, como la DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) británica, la Australian Greenhouse Gas Office, el MAF (Ministry of Agriculture and Foods) y Agricultural Research, de Nueva Zelanda;
- en áreas donde el IPCC y fuentes extranjeras de prestigio no cuentan con factores de emisión, aplicar los valores que puedan estar publicados en artículos de revistas científicas arbitradas;
- emplear los factores de emisión ya utilizados por estudios ejecutados en el país; en este caso, se tuvo acceso al estudio sobre dos cultivares de manzanas<sup>1</sup>, efectuado el 2008 por la Fundación de Desarrollo Frutícola (FDF); y
- finalmente, ante la carencia de factores de emisión específicos y la inexistencia de valores en estudios ya ejecutados, asignar factores de emisión únicos para toda una lista de productos similares; este fue el caso de los fertilizantes y plaguicidas, cuyas largas listas de productos hace imposible contar con factores de emisión específicos.

La lista de plaguicidas reproduce el Registro de Plaguicidas del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). La lista de fertilizantes fue confeccionada sobre la base de la información aportada por el Subdepartamento de Plaguicidas y Fertilizantes de este mismo servicio.

Con la aplicación de estos criterios de selección, se conformó una larga lista de factores de emisión, que se presenta in-extenso en el Anexo I. Algunos ejemplos de factores de emisión son incluidos en el Cuadro 4.4.

**Cuadro 4.4. Algunos factores de emisión aplicados**

Combustible fósiles	Unidad	Factor de Emisión		Fuente **
		Valor	Unidad	
Petróleo Diesel	L	2,68	kg CO <sub>2</sub> e*/unidad	IPCC (2006)
Bencinas 93-95-97	L	2,27	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Bencina 170	L	2,20	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Gas natural	L	1,74	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Gas licuado (GLP)	L	1,61	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Kerosene o parafina	L	2,52	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Lubricantes	L	2,95	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC (2006)
Electricidad	KWH	0,45 ***	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	CNE

\* CO<sub>2</sub>e: CO<sub>2</sub> equivalente

\*\* Valores derivados por DEUMAN Ltda., sobre la base de la información aportada por IPCC (2006)

\*\*\* Valor en revisión por la CNE

<sup>1</sup> Estudio no publicado, de propiedad de ASOEX A.G. y Prochile

Para calcular la huella de carbono por el total de gases invernadero emitidos por cada unidad funcional del producto evaluado (kilogramo en caso de frutas, carnes y quesos; litro embotellado en caso del vino), todos los gases emitidos deben ser llevados a una misma base de forma de poder sumarlos. Por ello, las emisiones de los gases no-CO<sub>2</sub> (metano, óxido nitroso, gases refrigerantes) deben ser multiplicados por sus correspondientes potenciales de calentamiento global (PCG), para llevarlos a emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>. Así, todas las emisiones individuales son transformadas en dióxido de carbono y, como provienen de gases distintos, se asume el término de equivalentes (CO<sub>2</sub> equivalentes ó CO<sub>2</sub>e, simplemente). Para este estudio, se empleó los valores del IPCC, en sus guías metodológicas de 2006, y que se presentan en el **Cuadro 4.5**.

**Cuadro 4.5. Potenciales de calentamiento global (PCG) de gases invernadero no-CO<sub>2</sub>\***

Gas	PCG	Observaciones
CO <sub>2</sub>	1	
CH <sub>4</sub>	25	1 kg CH <sub>4</sub> = 25 kg CO <sub>2</sub>
N <sub>2</sub> O	298	1 kg N <sub>2</sub> O = 298 kg CO <sub>2</sub>
Freón	7.500	Promedio de tres formas distintas 1 kg freón = 7.500 kg CO <sub>2</sub>

\* Según IPCC (2006)

### C. Estandarizaciones necesarias

Con el objeto de satisfacer las necesidades de cálculo, se debió estandarizar una serie de factores, la mayor parte de ellos vinculadas a las fases de transporte. Las estandarizaciones convenidas, son las siguientes:

- en relación a los factores de emisión:
  - plaguicidas: asignar un factor de emisión único, para las emisiones por manufactura de cada uno de los casi mil productos reconocidos en la base de datos del Servicios Agrícola y Ganadero, debido a las siguientes razones:
    - la dificultad de encontrar valores específicos para un número tan alto de productos,
    - la inconveniencia de invertir recursos significativos en encontrar valores específicos para insumos que son usados en cantidades menores y, por lo tanto, conducentes a bajas emisiones,
    - la dificultad de acceder gratuitamente a estos factores de emisión, a través de la Internet, y
    - la no inclusión en los estudios llevados a cabo en Nueva Zelanda, debido a su bajo peso específico en la huella de carbono de los productos evaluados,
  - fertilizantes: asignar valores de factores de emisión por manufactura de cada producto, según su equivalencia con algunos de los factores que fue posible encontrar a través en la Internet,
  - productos veterinarios: no asignar factor de emisión por manufactura, debido a que se trata de productos empleados en muy bajas cantidades y, por tanto, sin impacto real sobre la huella de carbono,

- en relación a la manufactura y transporte de suministros:
  - petróleo y gas licuado:
    - asignar un sitio único (las Antillas Holandesas), para traslado a Chile de petróleo líquido y gas licuado,
    - considerar ingreso del combustible a través del mismo puerto de salida del producto (Caldera, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt, Punta Arenas),
    - considerar que el sitio de refinación se encuentra a 25 km del puerto de salida o de ingreso a Chile,
  - plaguicidas: asignar el país de fabricación según los siguientes criterios:
    - si el registro del SAG identifica un país, considerar ese país,
    - si el registro del SAG identifica dos países, considerar el más lejano, y
    - si el registro del SAG identifica tres países, considerar el de posición intermedia,
  - fertilizantes: considerar como país de procedencia, aquél desde donde se importa la mayor cantidad (según información aportada por SAG), con excepción de los fertilizantes nitrogenados, cuyo origen fue prefijado en Antofagasta,
  - cualquier insumo: considerar emplazamiento de la fábrica a 100 km del puerto de despacho,
- en relación al transporte:
  - transporte marítimo: considerar el empleo de barcos-tipo para los siguientes fines:
    - transporte marítimo de combustibles, en barcos tanque,
    - transporte marítimo de insumos, en barcos cargueros, y
    - transporte marítimo de productos (frutas y otros), en barcos con capacidad de refrigeración, pudiendo ser de dos tipos: barcos-contenedores (para los vinos), y barcos-cámara (para los otros productos),
  - transporte aéreo: considerar el empleo de aviones-tipo para el transporte de productos especiales, como las frutas suculentas y/o de consumo en ocasiones especiales; es el caso de los berries (arándanos, frambuesas) y de las semillas de maíz,
  - transporte terrestre: considerar el uso de camiones-tipo o camionetas-tipo para los siguientes fines:
    - transporte de combustibles:
      - camión cisterna de 30 toneladas, y/o
      - camioneta con capacidad de carga de 400 litros, para el traslado de punto de venta a predio o packing o puerto,
    - transporte de insumos:
      - camión con capacidad de carga de 7,5 toneladas,
      - camioneta con capacidad de carga de 750 kilogramos y traslado de 400 litros de combustible, para el traslado desde el punto de venta hasta la unidad de trabajo,
    - transporte de productos:

- entre campo y packing y/o unidad de frío: camión con capacidad de carga de 12 toneladas, no refrigerado, y
- entre packing o unidad de frío hasta puertos: camión de carga capacidad de 30 toneladas, con refrigeración,
- puertos de destino:
  - uva de mesa, ciruelas, manzanas, paltas: Filadelfia y Rotterdam, ambos por vía marítima,
  - vinos: Filadelfia y Liverpool, ambos por vía marítima,
  - maíz-semilla: Rotterdam, por vías marítima y aérea,
  - arándanos, frambuesas: Filadelfia, por vía marítimo, y Nueva York, por vía aérea,
  - quesos gauda: Veracruz, por vía marítima, y
  - carnes ovinas: Castellón, por vía marítima,
- para el cálculo de las distancias entre puertos: uso de calculadores disponibles en Internet; se recurrió a [www.tutiempo.net/p/distancias/calcular\\_distancias.html](http://www.tutiempo.net/p/distancias/calcular_distancias.html) y [www.distances.com/distance.php](http://www.distances.com/distance.php),
- para el cálculo de las distancias terrestres entre ciudades chilenas, usar el calculador disponible en [www.distancias.cl](http://www.distancias.cl), y
- para suministros procedentes de países de Sudamérica, se asumió transporte terrestre para los procedentes de Argentina; para los restantes países, se asumió transporte marítimo.

## 5. CAMPAÑA DE ENCUESTA Y DISEÑO DE PLANILLAS DE CÁLCULO

### 5.1. Elaboración de documentos de base

#### 5.1.1. Encuestas

Luego de convenidos los criterios básicos para construir la huella de carbono de los productos en estudio, se trabajó en la elaboración de las encuestas para colecta de datos. Este proceso tomó algunas semanas, llegándose a conformar el documento que se presenta en los anexos. Básicamente, la encuesta solicita información en los siguientes campos:

- en términos de localización:
  - distancias, en la ruta de los combustibles (refinería a puerto, puerto a puerto, puerto a lugar de venta),
  - distancias, en la ruta de los insumos (fábrica a puerto, puerto a puerto, puerto a lugar de venta),
  - distancias, en la ruta del producto (campo a packing/bodega/industria, packing/bodega/industria a unidad de frío, unidad de frío a puerto, puerto a puerto),
- en términos de rendimientos (por temporada):
  - producción por ha,
  - kg de fruta/carne procesada por mes,
  - kg de fruta preservada en frío por mes,
  - kg de productos comerciales al año o litros de leche (cuando hay producción de más de un producto y se hace necesario prorratear las emisiones entre ellos)
- en términos de actividades de cambio de uso, si ocurrió a contar del 01 de Enero de 1990 (por una vez, con prorrata por los años de vida útil del sistema):
  - consumos de combustibles y electricidad por ha,
  - aplicación de insumos por ha (especialmente, fertilizantes y plaguicidas),
  - generación de residuos distintos de biomasa eliminada por ha,
  - biomasa eliminada por ha,
  - biomasa acumulada por el cultivo por ha (se considera cultivo en plena producción),
- en términos de actividades en packing/bodegas (por mes):
  - consumos de combustibles y electricidad,
  - uso de insumos,
  - generación de residuos,
- en términos de unidad de frío (por mes):
  - recarga de gases refrigerantes,
  - consumo de combustibles y electricidad,

- en términos de transporte (de productos desde campo a packing/bodega/industria; de insumos y combustibles desde sitios de compra a los distintos sitios de uso): consumo de combustibles por kg de fruta transportada o de combustible ó insumo transportado, y
- en términos de transporte de productos de packing/bodega/industria a unidad de frío, de unidad de frío a puerto de embarque y entre puertos: distancias en kilómetros.

Previo a la colecta de datos en terreno, se procedió a capacitar a los encuestadores –en una serie de reuniones de trabajo, llevadas a cabo en INIA-La Platina- de forma que tuvieran claro conocimiento acerca de los objetivos perseguidos y del por qué de la información por recolectar; ello permitió contar con encuestadores con criterios uniformes y confiables para recolectar los datos requeridos. Un tema relevante en la aplicación de las encuestas fue la necesidad que los encuestadores tuvieran la capacidad para procesar los datos entregados por los encuestados y generar valores en las unidades requeridas.

Finalmente, con la información colectada en las encuestas, se generó un formato final. De hecho, se generó un formato final, en Excel, aplicable a todos los productos y que constó de las siguientes hojas:

- identificación del predio y antecedentes de producción,
- cambio de uso,
- animales,
- producción,
- identificación de unidades de procesamiento de post-cosecha (como packing, frigoríficos, mataderos, plantas deshidratadoras, otras) y antecedentes de producción,
- packing y frigoríficos,
- industria procesadora y embotelladora, y
- transportes.

En su forma final, se unió las fases de packing y unidad de frío, ya que se hizo evidente que, en general, ambas unidades se encuentran emplazados en un mismo sitio, no requiriéndose transportar el producto entre ambas. También, en términos operativos, se unió las distintas fases de transporte del producto.

### **5.1.2. Planillas de cálculo**

Las planillas de cálculo constituyen un pequeño programa en lenguaje Excel, que se alimentan con los datos de las encuestas, los procesan según los algoritmos de cálculo establecidos, y entregan el resultado global de la huella de carbono, con desagregación por fase y tipo de emisión. En el desarrollo de las planillas de cálculo, se trabajó con el criterio de contar con resultados en la forma más desagregada posible, de manera de estar en condiciones de hacer un análisis detallado de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero e identificar pasos críticos, o sea, sitios o actividades de donde se emiten las mayores cantidades de gases invernadero.

La huella de carbono termina siendo expresada en kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente por kilogramo de producto cosechado, refrigerado y/o transportado; para el vino, la unidad funcional es la botella de vino. Para la conversión de los gases no-CO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> equivalente, se usan los potenciales de calentamiento global publicados por el IPCC (2006) (ver **Cuadro 4.5.**).

Las planillas elaboradas, así como el formato de las encuestas, serán incluidas en la versión digital del presente Informe Final.

## 5.2. Selección de productores y exportadores por encuestar

### 5.2.1. Selección de los encuestados

En algunas de las reuniones tenidas en las primeras semanas del estudio, con representantes de las entidades participantes, se alcanzó el acuerdo de que serían estas las que aportarían listas de personas a ser encuestadas, con el bien entendido que las personas incorporadas a estas listas serían contactadas primero por los representantes de sus entidades habiendo dado su conformidad con entregar sus datos en las encuestas.

Por su parte, INIA asumió con las entidades asociadas, los siguientes compromisos:

- mantener estricta reserva respecto de las personas incluidas en las listas ofrecidas y de las personas finalmente encuestadas,
- mantener estricta reserva respecto de los datos aportados por los encuestados, dando a entender por esta vía que se trata de datos privados, y
- entregar, en forma confidencial y reservada, a cada encuestado, el valor de huella de carbono calculado con los datos por él aportados.

Por tal motivo, cada encuestado fue identificado con una clave secreta, cuya vinculación con el origen quedó solo en poder del Encargado del Estudio.

La ventaja de haber asumido esta opción fue que el proceso de encuesta se aplicó a personas que, previamente, habían entregado su aprobación a responder la encuesta y que se mostraron abiertos a invertir tiempo para responderla, sin poner trabas a la entrega de sus datos propios.

Cabe destacar –y agradecer- la colaboración recibida de parte de Frusexta A.G., SANAG, Comité de la Palta Hass, Consorcio Lechero S.A., Corporación Chilena del Vino, Vinos de Chile y ASOEX A.G. Habiendo asumido el compromiso de aplicar 90 encuestas para el total de 10 productos (con un promedio de 9 encuestas por producto), se alcanzó un total de 126 encuestas, según la desagregación indicada en el **Cuadro 5.1.**, lo que elevó el promedio a 11,7 encuestas por producto.

**Cuadro 5.1. Número de encuestas, por producto, a nivel de producción y postcosecha**

Producto	Cultivar	Productores	Postcosecha
Arándanos	Tipo highbush	8	1
Ciruelas	Angeleno	6	3
Frambuesas	Heritage	10	1
Quesos	Gauda	9	0
Maíz semilla	Europeo precoz	6	1
Manzanas	Royal Gala	7	4
	Granny Smith	5	
Carnes ovinas	s/n	9	1
Paltas	Hass	10	1
Uva	Red Globe	8	4
	Thompson Seedless	5	
Vino	Cepas tinto	9	9
<b>Total</b>		<b>92</b>	<b>25</b>

La cobertura geográfica de las encuestas por producto fue la siguiente:

- berries: todas en la Región del Maule,
- carnes ovinas: todas en la Región de Magallanes,
- quesos gauda: de 9 encuestas, 8 fueron aplicadas en la Región de los Lagos y 1 en la Región de los Ríos (para este producto, no fue posible contar con los datos de alguna unidad procesadora),
- ciruelas: de las 6 encuestas, 1 fue aplicada en la Región de Valparaíso y 5 en la Región de O'Higgins,
- manzanas: de las 12 encuestas, 9 encuestas en la Región de O'Higgins y 3 en la Región del Maule,
- paltas: 9 encuestas en la Región de Valparaíso y 1 en la Región Metropolitana,
- uva: 1 encuesta en la Región de Coquimbo, 2 en la Región de Valparaíso, 6 en la Región de O'Higgins, y 4 en la Región del Maule,
- vinos: 3 encuestas en la Región Metropolitana, 4 en la Región de O'Higgins, y 2 en la Región del Maule.

### **5.2.2. Proceso de encuesta**

#### **A. Aplicación de las encuestas**

Una vez conformada la encuesta y decidida la lista de personas por encuestar, se tomó contacto con cada uno de ellos para convenir fecha y lugar de la encuesta. A medida que el proceso de encuestas fue avanzando, los propios encuestadores fueron sugiriendo cambios a la versión inicial de la encuesta lo que permitió llegar a una versión final, más completa y amigable.

Generalmente, la encuesta les fue enviada a los encuestados por correo electrónico, antes de la cita convenida, de manera que ellos tuvieran tiempo suficiente para recopilar la información requerida y así, proceder más rápida y expeditamente. También, fue una situación corriente la necesidad de mantener contacto telefónico o vía correo electrónico, tanto para solucionar algunas dudas por parte de los encuestadores como para llenar algunos campos que pudieran haber quedado vacíos por parte de los encuestados.

Otra modalidad fue la visita predial por el encuestador, realizando las preguntas y revisando *in situ* por valores o información dudosa. Posterior al análisis de los datos y en el caso de ser necesario el predio fue visitado por una segunda vez para confirmar y revisar la información.

La programación del trabajo se presenta en los anexos.

#### **B. Observaciones**

Un primer hecho evidente fue que la capacitación en sala de los encuestadores resultó ser insuficiente, en cuanto al dominio y claridad sobre la información requerida y la forma de derivar datos en las unidades exigidas. Por ello, se debió proceder a una primera ronda de encuestas de prueba, en la que los encuestadores salieron en grupo a terreno siendo sus encuestas revisadas por los investigadores INIA; este proceso tomó un par de semanas pero permitió que las encuestas fueran aplicadas en la forma correcta.

Otro hecho relevante estuvo referido a que se comprobó que no todos los productores cuentan con registros escritos de los suministros y residuos generados por hectárea, huerto ó predio. La falta de

registros por parte de los encuestados hizo que la labor de recolección de datos fuera más lenta de lo estimado además de llegar a contar con datos sin la precisión requerida ó con validez dudosa; en más de una oportunidad, no se pudo tener claridad sobre si los datos entregados correspondían a cuartel, hectárea o total predial.

Con ello, la colecta de datos tomó un tiempo mucho mayor al estimado originalmente, ya que fue necesario volver varias veces donde el encuestado para revisar datos dudosos. Como retroalimentación positiva, estos problemas motivaron a algunos productores a mejorar su sistema de registro mirando ya hacia una futura certificación en huella de carbono así como también, permitieron una mejor capacitación de los encuestadores.

Como resumen, cabe señalar que un número importante de los productores y exportadores encuestados contaban con sistemas de registro de datos, lo que permitió contar con información respaldada<sup>1</sup>; en otros casos, se detectó los siguientes problemas:

- falta de registros actualizados a nivel predial ó, simplemente falta de registros,
- falta de información detallada de suministros (combustibles e insumos) y de su asignación por unidad de superficie o de producto, e
- inconsistencia de datos, respecto de la asignación al total predial, cuartel, huerto, potrero o producto.

### 5.3. Comentarios generales

En primer lugar, debe destacarse la excelente disposición que se encontró en los productores y encargados de packings que fueron encuestados, para participar en el proceso de encuesta, lo que queda reflejado por el haber accedido a información muchas veces considerada comercialmente estratégica.

Sin embargo, por lo novedosos de la encuesta y de la información solicitada, que difieren de los que se está acostumbrado en las encuestas técnicas y de producción, en la mayoría de los casos e incluyendo aquellos casos que contaban con registros físicos de ingresos y egresos, la información requerida no siempre se encontró disponible en la forma requerida, lo que se tradujo en entrevistas largas y tediosas y en la necesidad de componer los datos con valores alternativos.

De lo anterior, es posible derivar dos importantes consecuencias, a saber:

- la necesidad que los productores, los encargados de las unidades de post-cosecha y los encargados del transporte de los productos establezcan registros físicos del movimiento de los suministros, tanto de combustibles como de insumos, y
- la necesidad que estos actores involucrados generen sistemas de registro que faciliten la aplicación de procesos de certificación y verificación en huella de carbono, registrando los datos en las unidades correspondientes.

El otro punto importante de considerar es que un número importante de productores y encargados de packings tienen su período anual de vacaciones durante los meses en que debió aplicarse la encuesta, lo que significó retardar la aplicación de algunas encuestas, generando un cierto retraso en la obtención de los resultados.

---

<sup>1</sup> En todo caso, se trata de información no validada por INIA o DEUMAN Ltda.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Introducción

Antes de presentar y discutir los resultados alcanzados por el Estudio FIA EST-2009-270 “Huella de Carbono en Productos Agropecuarios de Exportación de Chile”, es conveniente considerar algunos temas que guardan directa relación con la validez y la representatividad de estos resultados.

El primero tiene que ver con la metodología aplicada. Tal como fue señalado en el Capítulo 4. Metodologías, no existe una metodología estándar mundialmente aceptada para calcular la huella de carbono de bienes y servicios, aunque la información disponible apunta hacia la PAS-2050:2008, como la de mayor uso; de hecho, fue sirvió de base al Carbon Trust para definir la metodología que la empresa Tesco, una de los mayores cadenas de supermercados de ese país, aplica a sus procesos. Esto significa que no existe una instancia de armonización metodológica, por lo que lo más lógico es que dos estudios paralelos que incluyan a los mismos productores lleguen a resultados diferentes, si han aplicado metodologías diferentes.

El segundo tema relevante es que, no obstante que los lineamientos generales y criterios básicos para levantar la huella de carbono de un producto están consensuados y no hay grandes diferencias entre los desarrollos metodológicos, no existe un acuerdo internacional que permita trazar los límites de la cuantificación en forma consistente, lo que conduce a que algunos estudios incluyan algunos ítems no considerados ó solo parcialmente considerados por otros.

El tercer punto es que ningún desarrollo metodológico define los factores de emisión por emplear ni tampoco propone los criterios básicos que conduzcan a una selección consistente y transparente de estos. Esto se traduce en que cada evaluador queda en libertad de seleccionar los factores de emisión que mejor le parezcan, según su criterio personal; con ello, estudios paralelos efectuados con una misma metodología para un mismo producto proveniente de un mismo sitio, conducirán con seguridad, a resultados distintos solo por no haber armonizado los factores de emisión.

Para efectos de transparencia, en este estudio la selección de factores de emisión siguió el siguiente orden de prelación:

- dar preferencia a factores país-específicos que pudieran estarse aplicando a la elaboración de los inventarios nacionales de gases invernadero;
- como segundo nivel, aplicar los factores por defecto que el IPCC ofrece en su metodología 2006 y, como segunda opción, en su metodología revisada en 1996;
- como tercer nivel, usar factores de emisión encontrados en artículos científicos publicados en revistas científicas arbitradas;
- en cuarto nivel, aplicar factores desarrollados por instancias extranjeras con prestigio en este tema, como la DEFRA (Reino Unido), la Australian Greenhouse Office y el MAF (Nueva Zelanda); y

- finalmente, aplicar factores de otras fuentes, como estudios previos ejecutados en el país; este es el caso del estudio ejecutado por FDF en dos cultivares de manzanas chilenas<sup>1</sup>.

El cuarto punto tiene que ver con la representatividad de los resultados. En un estudio como el presente, que incluyó un alto número de productos y un corto tiempo de ejecución, no es posible generar resultados representativos para ningún producto, lo que obliga a ser cautos en la entrega de información con el objeto de evitar que un producto quede ligado a un valor no representativo. Se recuerda que la huella de carbono de un producto fue calculada sobre la base de un número máximo de 10 encuestas, lo cual puede conducir a no resultados representativos.

El quinto punto tiene que ver con la calidad de la información colectada en las encuestas. El cálculo de la huella de carbono fue realizado sobre datos no validados, lo que indica que, en una medida imposible de precisar, puede haberse trabajado con datos inexactos e incompletos. La no validez de los datos puede deberse a posibles errores tanto en la aplicación de las encuestas, producto tanto de la inexperiencia inicial de los encuestadores, como en la entrega de datos por los encuestados. Respecto del último punto, debe considerarse que algunos encuestados no mostraron registros de datos estando su entrega basada en la memoria.

El sexto punto se refiere a la serie de estandarizaciones que fue necesario alcanzar para calcular la huella de carbono de los productos; entre los principales ítems estandarizados, están:

- los medios de transporte (terrestres, marítimos) de los combustibles, los insumos y los residuos;
- los medios de transporte (terrestres, marítimos, aéreos) de los y productos; y
- los packing, para los cuales se calculó los valores para una unidad-tipo por producto, correspondiente al valor medio de los packings encuestados para el producto; esto debió hacerse así por la imposibilidad de asociar productores con packings específicos.

El séptimo punto importante es el hecho que no puede hablarse de la huella de carbono de un producto ya que esta es individual y específica para cada conjunto de productor-procesos de postcosecha; esto hace improcedente hablar de valores típicos por producto para el país. Siendo así, se comprenderá también que la huella de carbono de un mismo producto agropecuario proveniente de un mismo productor y que entra en un mismo canal de procesamiento y comercialización, puede también presentar importantes fluctuaciones interanuales.

El octavo y último punto -no por ello menos importante- dice relación con que el interés del Estado no está por facilitar el cálculo de la huella de carbono de un producto cualquiera -un tema de interés netamente privado- sino que está por identificar fases críticas (puntos del ciclo de vida con alta emisión de gases efecto invernadero) y colaborar en la reducción de las tasas de emisión de estos gases, mediante la definición de una estrategia de mitigación, donde el sector privado tenga una participación relevante.

## 6.2. Destino de los productos

La huella de carbono de los productos fue calculada según los dos principales destinos declarados para cada uno de ellos. Los destinos considerados han sido incluidos en el **Cuadro 6.1**.

Los supuestos de trabajo fueron los siguientes:

---

<sup>1</sup> Estudio ejecutado en 2008, de propiedad de ASOEX A.G. y Prochile, no publicado

- si el destino es la Unión Europea, tanto para los envíos marítimos como aéreos (este último solo para las semillas de maíz), se asumió ingreso a través del puerto de Róterdam (Países Bajos); como excepción:
  - los vinos, para los cuales se determinó el puerto de Liverpool (Reino Unido), y
  - las carnes ovinas, para las que se definió el puerto de Castellón (España);

**Cuadro 6.1. Principales destinos de productos y unidad funcional considerada**

Producto	Cultivar ó tipo	Destino principal	Destino secundario	Unidad funcional
Uva de mesa	Red Globe (rg) Thompson Sedles (ts)	EUA*	UE**	kg
Vinos	Cepas tintas	Reino Unido	EUA	litro embotellado
Palta	Hass (hs)	EUA	UE	kg
Maíz semilla	Tipo precoz europeo	Francia		kg
Ciruelas	Angeleno (ang)	EUA	UE	kg
Manzanas	Royal Gala (rg) Granny Smith (gs)	EUA	UE	kg
Berries: Arándanos Frambuesas	Tipo highbush (hb) Heritage (her)	EUA	UE	kg
Carnes ovinas	No especificadas	España		kg
Quesos bovinos	Gauda	México		kg

\* Estados Unidos de América

\*\* Unión Europea

- si el destino es Estados Unidos de América y:
  - si el envío es marítimo, se asumió ingreso por el puerto de Filadelfia,
  - si el envío es aéreo (berries), se asumió ingreso por el aeropuerto de Nueva York; y
- si el destino es México (quesos Gauda) y el envío es marítimo, se asumió ingreso a través del puerto de Veracruz.

Cabe dejar establecido, en todo caso, que las posibles inexactitudes en la definición de los puertos de destino son poco relevantes, ya que lo importante es la distancia recorrida. Otros supuestos necesarios fueron la selección de los puertos de salida, para los que se trabajó con los siguientes supuestos de trabajo:

- productos de las regiones Atacama y Coquimbo salen por el puerto de Caldera;
- productos de las regiones de Valparaíso, Metropolitana, de O'Higgins y del Maule (norte de Molina) salen por el puerto de Valparaíso;
- productos de las regiones del Maule (sur de Molina), del Bío-Bío y de la Araucanía (norte de Temuco) salen por el puerto de Talcahuano;
- productos de las regiones de la Araucanía (sur de Temuco), de los Ríos y de los Lagos salen por el puerto de Puerto Montt, y
- productos de la Región de Magallanes salen por el puerto de Punta Arenas.

En el caso de los envíos aéreos, se consideró que los berries son exportados a través del aeropuerto de Concepción, en tanto que las semillas de maíz, lo hacen por el de Santiago.

### 6.3. Resultados

#### 6.3.1. Huella de carbono global<sup>1</sup>

El Cuadro 6.2. presenta los rangos de variación de la huella de carbono global, expresados en kg CO<sub>2</sub> equivalente por unidad funcional. Cabe hacer presente que, para estimar el valor de huella de carbono por encuestado, el tema “packing” se trató de la siguiente forma:

- para productos que contaron con un solo packing encuestado (berries, palta, carnes ovinas), este valor único fue empleado para calcular la huella de carbono de cada productor encuestado;
- para productos que contaron con más de un packing encuestado (ciruelas, manzanas, uva), se calculó el valor promedio para ser agregado a la huella de carbono de cada productor encuestado<sup>2</sup>, empleando los valores individuales para definir el rango de variación de la fase;
- para los vinos, cada productor estuvo vinculado a bodega de vinificación y planta embotelladora específicas, por lo que fue posible calcular la huella de carbono de cada productor con valores específicos; y
- para los quesos, que no contaron con unidad procesadora encuestada, esta fase del ciclo de vida quedó excluida del cálculo de la huella de carbono<sup>3</sup>; ello significa que se presenta una huella de carbono incompleta.

La información contenida en este cuadro señala que los productos de origen animal se asociaron no solo a valores de huella de carbono más altos sino que también a los mayores rangos de variación absoluta (deltas de 17,5 y 10,4 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> unidad funcional de carnes y quesos, respectivamente), lo que sería un reflejo de amplias diferencias en las circunstancias técnicas y comerciales que rodean a cada productor.

Para las carnes ovinas, el cálculo de la huella de carbono requirió prorratear las emisiones de los sistemas productivos con el producto lana, lo cual se hizo sobre la base del valor comercial de los productos. Este indicó que la lana concentró cerca del 60% del ingreso de las estancias siendo el restante 40% asignado a las carnes; por tanto, el 40% de las emisiones prediales fueron asignadas al producto carne. Para el cálculo de la huella de carbono de los quesos, se asumió que 10 litros de leche fresca se requieren para producir 1 kg de queso.

Dos productos vegetales –paltas en ladera y vinos tintos- presentaron los rangos con las mayores amplitudes relativas. Para las paltas, el rango de variación tuvo una amplitud de 2,32 veces el valor promedio, en tanto que para los vinos fue 1,22; para comparación, los valores de amplitud relativa de las carnes ovinas y quesos Gauda fueron 0,77 y 1,03, respectivamente. Para los restantes

---

<sup>1</sup> Global ó total; incluye la totalidad de las fases del ciclo de vida, las que se extienden del cambio de uso hasta el transporte a puerto extranjero

<sup>2</sup> Se procedió así ante la imposibilidad de vincular productor con packing específico

<sup>3</sup> No fue posible encuestar ninguna industria procesadora, no obstante haberse contando con el consentimiento previo de una de ellas

productos, la amplitud relativa fluctuó entre 0,11 (semillas de maíz, arándanos) y 0,52 (uva Thompson Seedless).

Otro tema relevante, no mostrado explícitamente en el **Cuadro 6.2.**, es que la huella de carbono calculada para los productores orgánicos encuestados no entregó valores distintos a los de los productores convencionales; ello indicaría que la huella de carbono podría no ser un buen elemento diferenciador aunque el bajo número de encuestas (una en vinos y dos en frambuesas), imposibilita alcanzar conclusiones definitivas.

La huella calculada de los productos animales fue significativamente mayor que la de los productos vegetales, lo cual refleja el hecho que se trata de productos emergentes de dos eslabones contiguos de una cadena trófica y que los elementos del eslabón superior demandan más energía que los de los eslabones inferiores.

Finalmente, el **Cuadro 6.2.** muestra que el rango de las paltas producidas en ladera empieza con un valor mínimo negativo, lo que significa captura neta de carbono atmosférico. Es evidente, como se verá más adelante, que el cambio de uso de los suelos<sup>1</sup> -contabilizado para huertos del interior de la Región de Valparaíso- permite descontar emisiones de gases invernadero, lo que favorece el valor global de la huella de carbono.

**Cuadro 6.2. Valores máximos y mínimos de la huella de carbono de los productos incluidos en el estudio (en kg CO<sub>2</sub>e unidad funcional<sup>1</sup>), según destino y vía de despacho**

PRODUCTO	Encuestas		AN-mar		AN-aire		EU-mar		EU-aire	
	Cam po	Pac king	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Ciruelas ang	6	3	1,66	2,01			1,70	2,05		
Manzanas gs	5	2	1,09	1,33			1,13	1,37		
Manzanas rg	7	2	1,41	1,96			1,45	2,00		
Palta hs, ladera	7	1	-0,04	0,90			-0,01	0,93		
Palta hs, valle	3		0,86	1,11			0,90	1,14		
Uva mesa rg	8	2	1,45	1,93			1,49	1,97		
Uva mesa ts	5	2	0,89	1,46			0,93	1,50		
Frambuesas* her	10	1	1,40	2,44	6,25	7,51				
Arándanos hb	8	1	1,05	1,70	6,05	7,46				
Vinos tintos*	9	9	0,83	2,93			0,87	2,97		
Maíz semilla	6	1					1,80	2,82	10,37	11,59
Carnes ovinas	8	1					12,92	30,41		
Quesos Gauda	9	0	7,40	17,76						

<sup>1</sup> Kilogramo, para todos los productos excepto vino, para el cual corresponde a litro embotellado

\* Encuestas a productores orgánicos, incluidas (frambuesas= 2; vinos= 1)

Números negativos significan captura de carbono y números positivos, emisión de gases invernadero

AN mar: transporte a América del Norte, vía marítima

AN aire: transporte a América del Norte, vía aérea

EU mar: transporte a Europa, vía marítima

EU aire: transporte a Europa, vía aérea

<sup>1</sup> Esta fase considera el reemplazo de la biomasa pre-existente por la del huerto; en este estudio solo se contabilizó la biomasa área viva siendo la eliminación de la biomasa pre-existente considerada emisión de gases invernadero y la síntesis de biomasa por el huerto, captura de C atmosférico

### 6.3.2. Transporte internacional

Una de las fases del ciclo de vida sobre el que se tiene la aprensión de que está haciendo un aporte relevante a la huella de carbono de los productos exportados, es el transporte internacional; se trata de una fase no regulada ni controlada por los actores nacionales, que quedan entregados a lo que el mercado ofrece en materias de transporte naviero ó aéreo y donde la factibilidad de cambios tecnológicos que reduzcan emisiones es baja y/o de alto costo.

Como ya se informó (ver **Cuadro 6.1.**), los Estados Unidos de América son el principal destino de la mayoría de los productos cubiertos por el estudio (6 sobre 10 productos); si a esos, se agrega los quesos, que van a México, puede decirse que América del Norte es el principal destino del 70% de los productos estudiados; de estos 7 productos, 2 (los berries) son transportados por vía aérea. Los restantes tres productos (vinos, semillas de maíz y carnes ovinas) son enviados a países europeos preferentemente (Reino Unido, Francia y España, respectivamente); lo mismo que los berries, las semillas de maíz son enviadas por vía aérea, por un tema de oportunidad de uso y no de preservación.

El **Cuadro 6.3.** muestra que el aporte de esta fase a la huella de carbono de los productos incluidos en este estudio –si se hace por mar- es bajo, con valores que oscilaron entre 0,10 y 0,15 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> unidad funcional, cuando el envío es a Norteamérica, y entre 0,14 y 0,20 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> unidad funcional, cuando lo es a Europa. Este valor, integrado a la huella de carbono de los productos animales, se traduce en una contribución <1%, y entre 5% y 12% para los productos vegetales. Esto viene a demostrar que el aporte del transporte marítimo es relativamente bajo.

**Cuadro 6.3. Emisiones de gases invernadero, en kg CO<sub>2</sub>e unidad funcional<sup>-1</sup> producto, por transporte desde puerto chileno hasta puerto de destino**

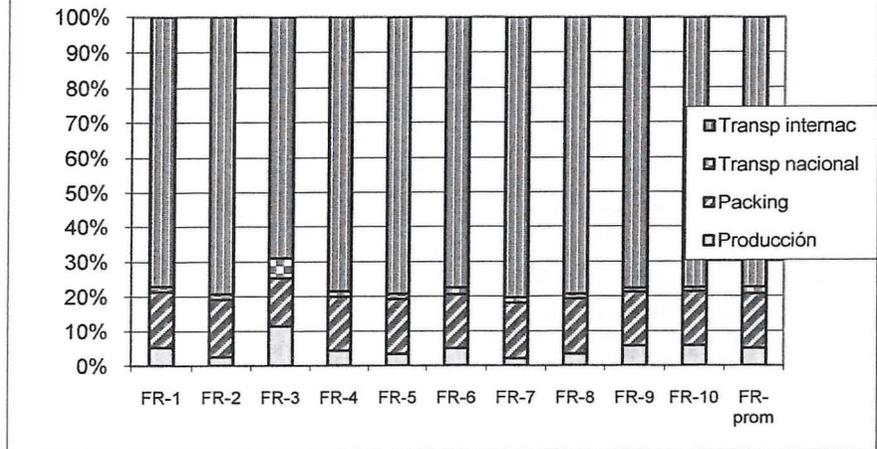
PRODUCTO	AN-mar	AN-aire	EU-mar	EU-aire
Ciruelas ang	0,10		0,14	
Manzanas gs	0,10		0,14	
Manzanas rg	0,10		0,14	
Palta hs, ladera	0,10		0,14	
Palta hs, valle	0,10		0,14	
Uva mesa rg	0,10		0,14	
Uva mesa ts	0,10		0,14	
Frambuesas her	0,10	5,13		
Arándanos hb	0,11	5,13		
Vinos tintos	0,12		0,16	
Maíz semilla			0,20	8,80
Carnes ovinas			0,14	
Quesos Gauda			0,13	

AN-mar América del Norte, por mar  
EU-aire Europa, por aire

AN-aire América del Norte, por aire  
EU-mar Europa, por mar

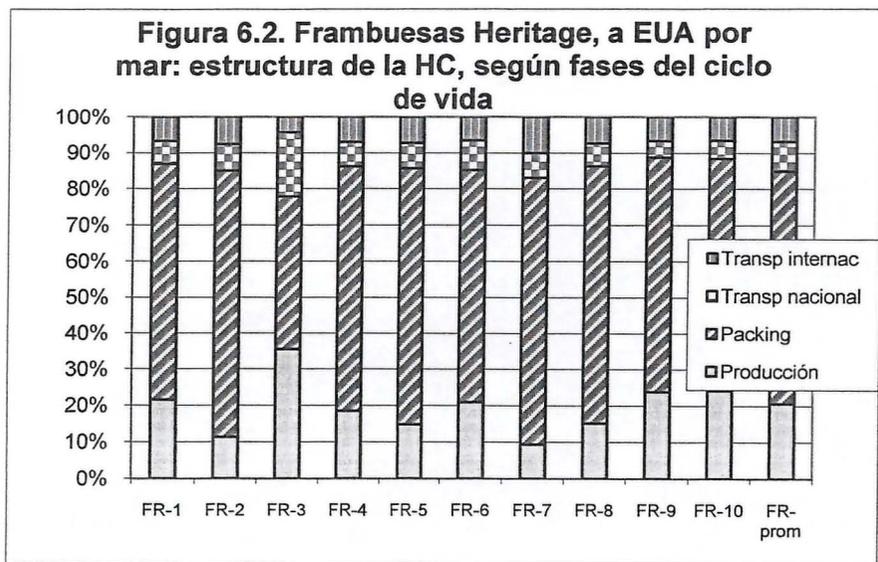
Otro tema relevante es la amplia diferencia de la huella de carbono, al comparar el envío marítimo y aéreo de un mismo producto a un mismo destino. Para los berries, el transporte aéreo hasta EUA hace crecer la huella de carbono en 5 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> producto, pasando esta fase a ser la de mayor aporte relativo (entre 69% y 85%); para las semillas de maíz, el incremento medido fue mayor. Esto queda refrendado en las **figuras 6.1.** y **6.2.**

**Figura 6.1. Frambuesas Heritage, a EUA por aire: estructura de la HC, según fases del ciclo de vida**



Otro tema interesante fue el incremento poco significativo que sufrió la huella de carbono, cuando el destino marítimo de un producto cambia de un puerto en los EUA a otro en Europa. El mayor viaje de 3.650 km, que significa este cambio, se tradujo en un aumento  $\leq 0,04 \text{ kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$  producto.

**Figura 6.2. Frambuesas Heritage, a EUA por mar: estructura de la HC, según fases del ciclo de vida**



Un último tema de interés es la diferencia que se verificó en el transporte marítimo de los vinos, comparada con la de las frutas (delta  $0,02 \text{ kg CO}_2\text{e unidad funcional}^{-1}$ ). Esta diferencia parece debida no solo al tipo de barcos empleados (barcos-contenedores versus barcos-cámaras) sino que también a la inclusión de botellas, como parte del producto vino: una parte del volumen de carga pasa a ser ocupada por las botellas, lo que no ocurre con la fruta.

### 6.3.3. Huella de carbono nacional

Traduciéndose el transporte marítimo en valores con bajo impacto sobre la huella de carbono de los productos, es el valor de la huella de carbono hasta llegada de los productos a puerto de despacho el de mayor relevancia para su análisis. Esta fracción de la huella de carbono –denominada en adelante como “huella de carbono nacional”- agrupa las actividades ejecutadas en el país y que, por tanto, están abiertas a cambios que mejoren la eficiencia y/o la productividad; incluye las fases desde el cambio de uso hasta el transporte hasta puerto nacional de salida.

Según el Cuadro 6.4., el rango de variación de la huella de carbono nacional de los productos vegetales fluctuó entre -0,15 (valor mínimo para paltas en ladera) y 2,81 (valor máximo para vinos) kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> producto. Es llamativo que los menores valores estén vinculados a las paltas en laderas, no obstante tratarse de un cultivo de alta artificialidad pero es evidente que el crédito por captura de carbono, que proporciona el cambio de uso de los suelos, está permitiendo reducir significativamente la huella de carbono.

La Figura 6.3., por su parte, muestra la amplitud del rango entre valores extremos de la huella de carbono nacional de cada producto. Para construir esta figura, los valores mínimos fueron llevados a cero de manera que el gráfico expresara solo la amplitud del rango por producto. Se asume que la amplitud del rango vendría a ser un indicador de la variabilidad de la gestión de cada producto.

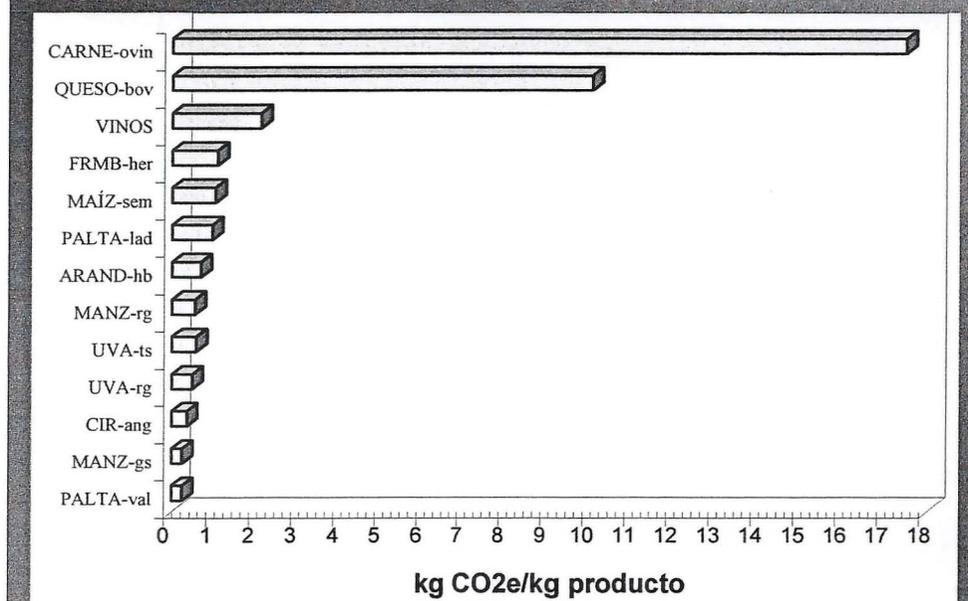
Los productos animales presentaron la mayor amplitud (presentando deltas de 17,5 y 10,4 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> carne y queso, respectivamente); entre los vegetales, los vinos fueron los que presentaron el rango más amplio (delta de 2,1 CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> litro embotellado); los demás productos vegetales tuvieron amplitudes fluctuantes entre 1,1 CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> (frambuesas Heritage) y 0,2 CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> (palta Hass de fondo de valle y manzanas Granny Smith).

Cuadro 6.4. Variación de la huella de carbono de los productos (en kg CO<sub>2</sub>e unidad funcional<sup>-1</sup> producto), hasta punto de salida del país

PRODUCTO	N° de encuestas		Rango de variación		
	Campo	Packing	Mínimo	Máximo	Amplitud ó delta
Ciruelas ang	6	3	1,56	1,91	0,35
Manzanas gs	5	2	0,99	1,23	0,24
Manzanas rg	7	2	1,31	1,85	0,54
Palta hs, ladera	7	1	-0,15	0,79	0,94
Palta hs, valle	3		0,76	1,00	0,24
Uva mesa rg	8	2	1,35	1,83	0,48
Uva mesa ts	5	2	0,79	1,36	0,57
Frambuesas her *	10	1	1,26	2,33	1,07
Arándanos hb	8	1	0,91	1,59	0,68
Vinos tintos *	9	9	0,71	2,81	2,10
Maíz semilla	6	1	1,66	2,67	1,02
Carnes ovinas	8	1	12,79	30,28	17,49
Quesos Gauda	9	0	7,30	17,66	10,36

\* Incluye las encuestas aplicadas a productores orgánicos

**Figura 6.3. Amplitud del rango de fluctuación de la huella de carbono, en sus fases nacionales**



El Cuadro 6.5. presenta la huella de carbono de los productos, desagregada por las fases del ciclo de vida que ocurren en el territorio nacional.

Cuadro 6.5. Rangos de variación de la huella de carbono, en sus fases ocurridas en el país (kg CO<sub>2</sub>e unidad funcional<sup>-1</sup> producto)

(A) Fases hasta procesamiento de post-cosecha

PRODUCTO	Animales			Cambio de uso			Producción			Bodega			Packing/industria		
	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta
Ciruelas ang							0,12	0,42	0,30				0,34	2,09	1,75
Manzanas gs							0,03	0,28	0,25				0,32	1,85	1,53
Manzanas rg							0,03	0,54	0,51				0,10	2,24	2,14
Palta hs, ladera				-1,64	-0,22	1,42	0,38	1,25	0,87				0,21	0,21	
Palta hs, valle							0,45	0,70	0,25						
Uva de mesa rg				-0,47			0,06	0,20	0,14				0,17	2,81	2,64
Uva de mesa ts							0,05	0,59	0,54				0,42	0,86	0,44
Frambuesas her *							0,13	0,86	0,73				1,03		
Arándanos hb							0,06	0,77	0,71				0,73		
Vinos tintos *							0,09	0,71	0,62	0,15	0,86	0,71	0,29	1,93	1,64
Maíz semilla							1,25	2,03	0,79				0,34		
Carnes ovinas	9,58	27,08	17,50				0,12	0,30	0,18				2,92		
Quesos Gauda	5,50	10,03	4,53				1,11	7,94	6,83						

\* Incluye las encuestas aplicadas a los productores orgánicos

(B) Fases de transporte, dentro del territorio nacional

PRODUCTO	Campo-Unidad procesadora			Unidad Procesadora- Unidad de Frío			Unidad procesadora ó de Frío-Puerto			Total transporte en territorio nacional		
	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta	Mín	Máx	Delta
Ciruelas ang	<0,01	0,05	0,05				0,05	0,10	0,05	0,05	0,11	0,06
Manzanas gs	<0,01	0,01	0,01				0,09	0,10	0,01	0,09	0,10	0,01
Manzanas rg	<0,01	0,03	0,03				0,10	0,13	0,03	0,10	0,16	0,06
Palta hs, ladera	<0,01	0,06	0,06				0,02	0,10	0,08	0,02	0,13	0,11
Palta hs, valle	<0,01	0,06	0,06				0,02	0,04	0,02	0,02	0,10	0,08
Uva mesa rg	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,04	0,04	0,05	0,15	0,10	0,05	0,15	0,10
Uva mesa ts	<0,01	<0,01	0,00	<0,01	0,04	0,04	0,05	0,09	0,04	0,05	0,13	0,08
Frambuesas her	<0,01	0,30	0,30	<0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,08	0,07	0,43	0,36
Arándanos hb	<0,01	0,06	0,06	<0,01	0,06	0,06	0,04	0,17	0,13	0,08	0,17	0,09
Vinos tintos							0,06	0,19	0,13	0,06	0,19	0,13
Maíz semilla	0,01	0,11	0,10				0,05	0,20	0,15	0,07	0,30	0,23
Carnes ovinas	0,01	0,04	0,03				<0,01	0,12	0,12	0,03	0,16	0,13
Quesos Gauda	<0,01	0,04	0,04				0,04	0,10	0,06	0,04	0,14	0,10

\* Incluye las encuestas aplicadas a los productores orgánicos

En cuanto a los productos de origen animal, el **Cuadro 6.5.** muestra que la principal fuente contribuyente a la huella de carbono corresponde a los propios animales; en el caso de los ovinos de Magallanes y a pesar del prorrateo de las emisiones con el producto lana, el aporte de las emisiones animales directas alcanzó, en promedio, al 86% de la huella de carbono del producto, en las fases ocurridas en el país. El aporte fue menor para los quesos Gauda, producto para el que la contribución animal fue del 72%, en promedio, aún sin incluir la fase industrial.

En los sistemas ovinos, las principales fuentes de emisión animal correspondieron –en partes casi equivalentes- al metano por fermentación entérica y al óxido nitroso desde las excretas depositadas en el campo; esta situación difiere para los sistemas bovinos lecheros, donde la principal fuente fue el metano de la fermentación entérica, representando entre 60% y 70% de las emisiones animales.

En el caso del óxido nitroso emitido desde las praderas magallánicas, se tiene la percepción de haber sobre-estimado estas emisiones. Debido a las condiciones climáticas dominantes en la región, generalmente frías, a lo largo de todo el año, los procesos microbiológicos condicionantes de la emisión de este gas debieran estar minimizados, si es que no detenidos; sin embargo, la carencia de información nacional específica sobre este tema, no permite adecuar los factores de emisión por defecto del IPCC a estas condiciones climáticas.

El cambio de uso de los suelos solo fue contabilizado para los huertos palteros establecidos en laderas ó cerros, al interior de la Región de Valparaíso, y para un parronal de uva de mesa, al interior de la Región de Coquimbo. En todos los casos encuestados, el cambio de uso a agrícola (en este caso, frutícola) se tradujo en un crédito neto a la huella de carbono de estos productores, por captura neta de carbono atmosférico. No hay duda que estos huertos y parronales, en su edad adulta, acumulan más biomasa que la vegetación pre-existente, generalmente del tipo matorral esclerófilo y/o xerófito degradado por leñerías, carbonerías y/o otras actividades anteriores no reguladas.

Sin embargo, este aspecto positivo es un tema abierto a la discusión, por lo que debe ser tomado con cautela por los productores involucrados, los que debieran tener la capacidad de demostrar - con evidencias objetivas- de que el reemplazo de cobertura vegetal no solo no significó la destrucción de un espacio con valor ambiental, ecológico y/o social sino que, por el contrario, permitió crear un espacio que, además de estos valores, está agregando el económico.

Por razones obvias, debido a que las paltas de huertos emplazados en fondo de valle no contabilizaron el flujo de gases por cambio de uso<sup>1</sup>, la huella de carbono de estos productores tiende a ser mayor que las de los productores en laderas, no obstante la mayor artificialidad de estos últimos sistemas productivos.

La fase de producción de campo no fue la más contribuyente a la huella de carbono de los productos, con algunas excepciones que se mencionan más adelante; en la mayoría de los casos, fueron las fases de post-cosecha las más contribuyentes. Entre los productos vegetales, esta fue la situación de la uva de mesa, las ciruelas, las manzanas y los berries, productos para los que la contribución de las actividades de post-cosecha fluctuó entre 47% (en uva Thompson Sedles y arándanos) 91% (en manzanas Royal Gala y uva Red Globe) de la huella de carbono nacional, con una amplia mayoría de valores equivalentes a 70% y más.

La situación para los restantes productos vegetales es diferente. Para los vinos tintos, el aporte de las fases de producción en campo y de bodega tiende a ser equivalente; para las semillas de maíz, el aporte mayoritario lo hace la fase de producción, y para las paltas, el mayor aporte lo hace la producción, no tanto por sus emisiones sino que por la baja contribución del packing.

---

<sup>1</sup> *Habilitación para uso agrícola, ocurrido mucho antes del 01 de Enero de 1990*

Finalmente, cabe resaltar el bajo aporte del transporte de los productos dentro del país (vía terrestre). Sin embargo y no obstante las menores distancias recorridas, el aporte del transporte terrestre es similar, en términos absolutos, al del transporte marítimo y, en algunos casos, algo mayor, como ocurre con las semillas de maíz. De acuerdo a los resultados alcanzados, la relación en emisiones de gases invernadero entre el transporte terrestre y el marítimo se acerca a una tasa 100:1, esto es, la emisión de gases invernadero que un barco genera para transportar una unidad funcional de un producto por 100 km es similar a la que produce un camión al transportar la misma unidad funcional pero por solo 1 km.

Por su parte, el **Cuadro 6.6.** presenta los consumos de energía, asociados a las fases de cambio de uso, producción y tratamientos de postcosecha. El transporte no fue considerado ya que es una fase que no permite diferenciar entre productores ó productos puesto que los consumos de combustible –dominantemente, petróleo diesel- por kilogramo de producto son constantes. Las diferencias igual cero en los tratamientos de post-cosecha responden al hecho que solo se contó con una unidad encuestada.

Las semillas de maíz fueron el segundo producto con mayor consumo energético, hecho coincidente con los valores de la huella de carbono expresada en  $\text{kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$  producto, lo que refrenda que una parte importante de la huella del producto es debida al consumo energético. También, hay coincidencia entre ambas expresiones de la huella de carbono para los frutales mayores –excluyendo las paltas- y los berries, dado que los bajos valores de  $\text{CO}_2\text{e}$  emitido por kilogramo de producto se asociaron a bajos valores de consumo energético.

Otro elemento llamativo de este cuadro, se refiere a las paltas. Puede verse que, a diferencia de la situación detectada con la huella de carbono, donde el valor asociado a la posición de valle fue mayor que el asociado a la posición de ladera, la palta producida en valle tuvo un menor consumo energético debido a una menor artificialidad del sistema productivo y a que no computa la inversión en energía del cambio de uso. En este caso, no corre el crédito por captura de carbono ya aludido anteriormente.

#### **6.3.4. Análisis de la huella de carbono nacional, por producto**

De acuerdo con los resultados expuestos precedentemente, los productos pueden agruparse de la siguiente manera:

- a. productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones de los animales: carnes ovinas y quesos Gauda;
- b. productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones de las fases de post-cosecha: ciruelas, manzanas, uva de mesa y berries (frambuesas y arándanos); y
- c. productos cuya huella de carbono no está dominada por los animales ni por el packing sino que las emisiones de la fase de producción (semillas de maíz) ó con aportes equivalentes entre producción y post-cosecha (vinos y paltas).

#### **A. Productos de origen animal**

##### **A.1. Carnes ovinas magallánicas**

Las **Figura 6.4.** muestra la estructura de la huella de carbono, conformada por las fases que ocurren dentro del territorio nacional. Dado el mínimo impacto del transporte internacional, no se incluyó el gráfico con la estructura de la huella de carbono global. La figura evidencia que el aporte directo de la fase animal justifican –como mínimo- el 75% de las emisiones de gases invernadero ocurridas entre la producción y la entrega del producto en puerto de embarque, con

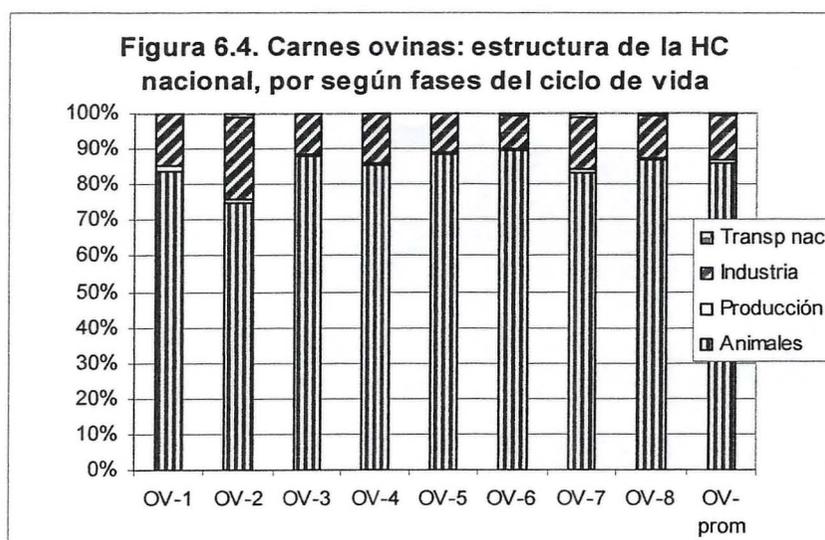
una valor promedio cercano al 84%. Puede decirse, entonces, que para este producto, las emisiones animales caracterizan la huella de carbono de este producto.

**Cuadro 6.6. Rangos de variación de los consumos de energía, por unidad funcional, de las fases de cambio de uso, producción y post-cosecha**

PRODUCTO	Valor	Cambio de Uso		Producción		Post-cosecha		Total	
		Mín y Máx	Rango	Mín y Máx	Rango	Mín y Máx	Rango	Mín y Máx	Rango
		GJ/ton producto							
Carnes ovinas	Mín			15,9	56,9	5.779,3		5.795,3	56,9
	Máx			72,8				5.852,1	
Maíz semilla	Mín			26,3	101,1	2,4		28,7	101,1
	Máx			127,4				129,8	
Frambuesas her	Mín			0,0	13,9	2,4		2,4	13,9
	Máx			13,9				16,3	
Arándanos hb	Mín			1,6	15,7	1,7		3,2	15,7
	Máx			17,3				19,0	
Palta hs, ladera	Mín	2,0	89,1	1,6	340,9	3,6		20,5	344,5
	Máx	91,1		342,5				365,0	
Palta hs, valle	Mín			10,4	0,0	3,6		14,0	0,0
	Máx			10,4				14,0	
Vinos tintos	Mín			2,7	313,2	0,9	156,1	9,7	331,5
	Máx			315,9		156,9		341,2	
Quesos Gauda	Mín			5,5	32,1			5,5	32,1
	Máx			37,6			37,6		
Manzanas rg	Mín			0,3	3,0	1,1	5,5	1,4	8,6
	Máx			3,4		6,6		10,0	
Uva de mesa rg	Mín	0,7	0,0	1,4	3,5	1,1	5,5	2,5	9,1
	Máx	0,7		5,0		6,6		11,6	
Uva de mesa ts	Mín			1,7	12,4	0,3	0,4	2,0	12,7
	Máx			14,1		0,6		14,7	
Manzanas gs	Mín			0,9	12,1	0,1	0,3	1,0	12,4
	Máx			13,0		0,4		13,4	
Ciruelas ang	Mín			0,7	43,1	0,0	2,7	0,7	45,8
	Máx			43,8		2,7		46,5	

Para este producto, como ya se mencionó, las principales fuentes animales de emisión de gases invernadero corresponden, en partes casi equivalentes, al metano de la fermentación entérica y al óxido nitroso de las excretas depositadas en la pradera. Se insiste en el hecho que estas últimas emisiones podrían estar sobre-estimadas, por razones de falta de temperatura atmosférica, pero que no es posible corregir este punto por carencia de información nacional específica.

Esta figura también, señala que la segunda fase contribuyente a la huella de carbono es la industria (matadero-frigorífico), con aportes variables según el productor pero que oscilan entre 10% y 23%. Debe recordarse, en todo caso, que solo fue posible encuestar una industria vinculada a este producto (de las cinco emplazadas en Punta Arenas) lo que puede significar que, de haberse podido obtener los datos de las otras industrias, se tendría un cuadro distinto al que se presenta.



Las restantes fases nacionales del ciclo de vida (producción y transporte en el país) hacen una contribución mínimas a la huella de carbono. La principal razón que podría explicar este hecho está en que las abundantes emisiones animales minimizan los aportes de las otras fases que, para otros productos y en las mismas cantidades absolutas, pueden ser contribuyentes importantes.

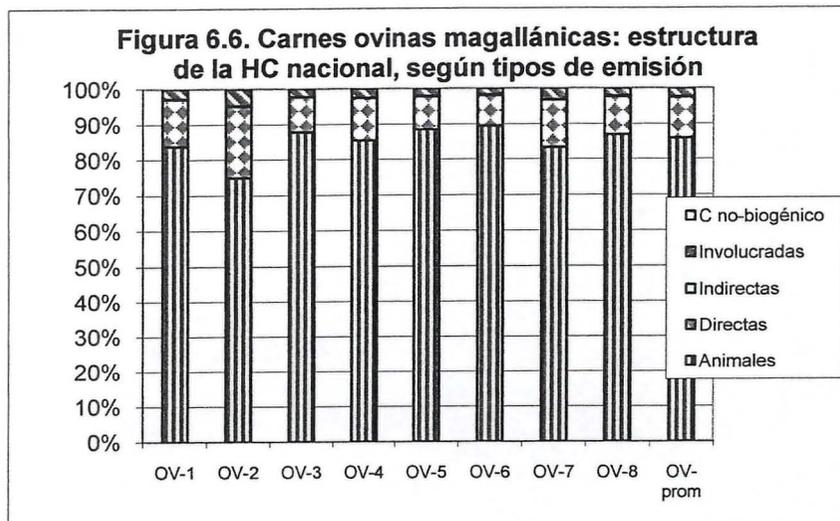
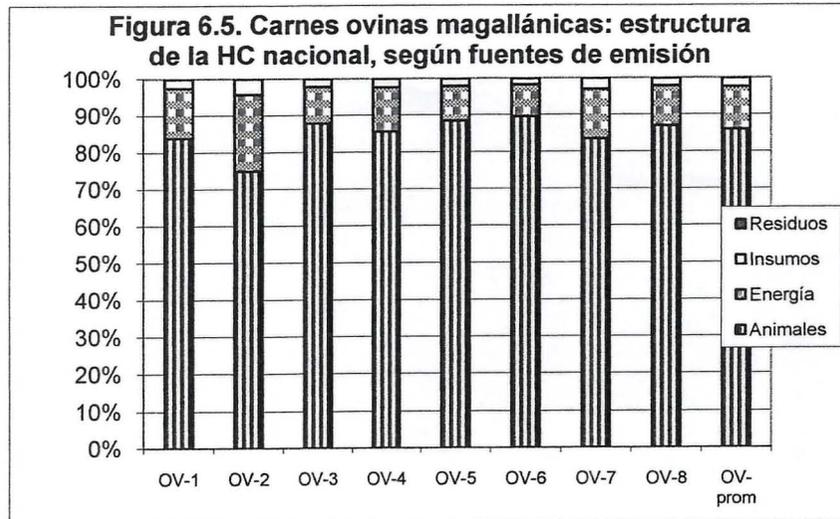
Se deduce que la información presentada en esta figura viene a confirmar el hecho que no corresponde asignar un valor de huella de carbono único al producto sino que queda asociada a cada productor, reflejando en el valor alcanzado las circunstancias específicas de gestión, producción y comercialización. Esta aseveración es válida también para los otros productos cubiertos por el estudio.

La **Figura 6.5.**, que muestra la estructura de la huella de carbono de las carnes ovinas, en las fases ocurrientes en el país, con desagregación por fuentes emisoras de gases invernadero, repite el hecho que las emisiones animales dominan la huella de carbono siendo las fuentes de energía la segunda instancia contribuyente; los insumos hacen aportes menores en tanto que los residuos prácticamente no tienen peso alguno.

Cuando la huella de carbono es conformada según el tipo de emisión contabilizada (**Figura 6.6.**), se hace evidente que las emisiones más importantes son las provenientes de los animales, aunque también se verificó una contribución importante de las emisiones directas y una menor contribución de las emisiones involucradas. Estos resultados ya están indicando que las opciones de mitigación deben ir por la vía de reducir las emisiones directas, culpables de más del 95% de las emisiones totales.

Las emisiones remanentes, fluctuantes entre 2 y 5% del total emitido en el país, corresponde a las involucradas ó, lo que es lo mismo, la huella de carbono de los suministros adquiridos. Esto quiere decir que la incorporación de información sobre la huella de carbono de los suministros (combustibles, insumos) requeridos para el funcionamiento del sistema, no es relevante, al menos para este producto. Esto no es generalizable a los otros productos incluidos en este estudio.

No obstante el hecho que las emisiones debidas a los animales sean las predominantes, se comprobó que este producto tiene asociado un alto consumo energético (**Cuadro 6.6.**), debido fundamentalmente a los siguientes dos factores:



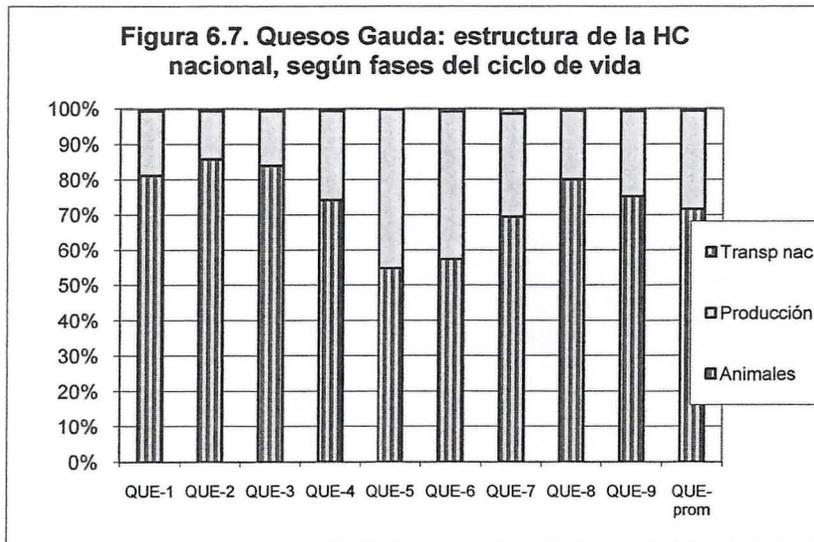
- que la industria se energiza con gas natural y no gas licuado, combustible el primero con un alto poder calórico y varios órdenes de magnitud mayor que el del gas licuado, y que es de bajo costo en la región productora de estas carnes, y
- que el consumo energético de la industria para este producto es alto, por encima que el que se detectó para muchos de los productos de origen vegetal.

Es evidente que las opciones de mitigación deberían centrarse en la productividad de los animales ya sea por la vía genética ó por cambios en el manejo de las praderas y/o de la alimentación animal. La segunda prioridad sería incrementar la eficiencia energética, para reducir las emisiones directas e involucradas.

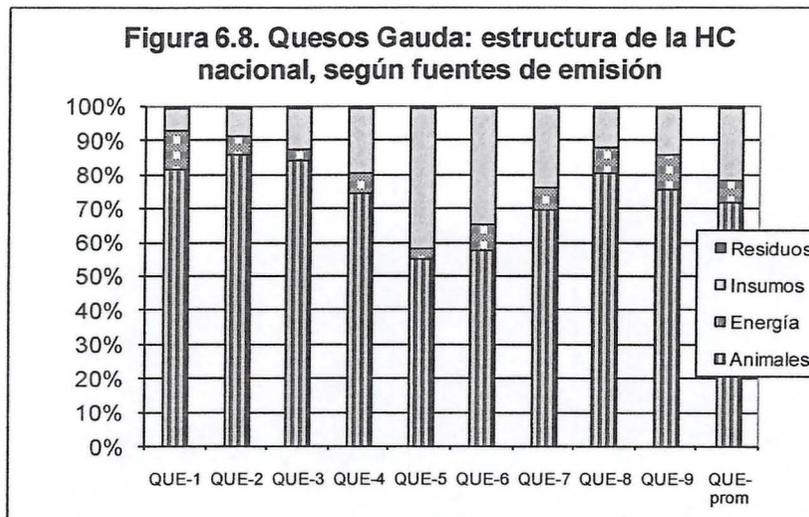
## A.2. Quesos Gauda

Se recuerda que la huella de carbono de este producto es incompleta pues no pudo contabilizar la fase industrial o de procesamiento de la leche, así como tampoco el aporte de los piensos, como se indicó anteriormente. La **Figura 6.7.** muestra que, si bien las emisiones animales son

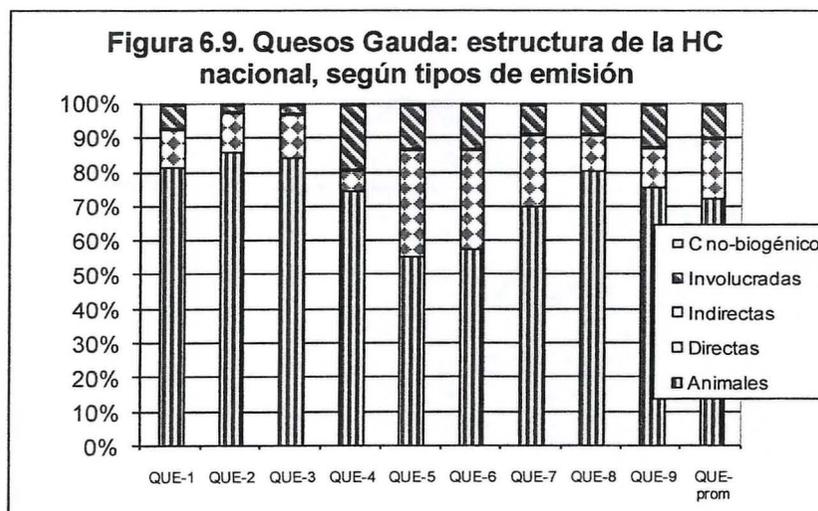
las más importantes, justificando entre 55% y 87% de la huella de carbono nacional del producto, la fase de producción en campo hace también una contribución importante, fluctuando esta entre 14% y 45%. El transporte nacional tiene una importancia menor, no superando el 2%.



Por su parte, la **Figura 6.8.** muestra que, además de las emisiones animales, los insumos son la segunda fuente de emisiones de gases invernadero; su contribución fluctúa entre 8% y 42% de la huella de carbono nacional. El aporte de la fuentes energéticas, en este caso, es substancialmente menor que el medido para las carnes ovinas magallánicas.



La **Figura 6.9.** muestra que, lo mismo que para las carnes ovinas, las emisiones directas –de los animales, principalmente, y las directas propiamente tales- dominan la huella de carbono del producto; en el caso de las emisiones directas propiamente tales, el mayor aporte proviene de la fase de producción, básicamente de los fertilizantes nitrogenados. Si a ellas, se suman las emisiones involucradas, se alcanza prácticamente el total de la huella de este producto.



Lo mismo que para las carnes ovinas, una estrategia de mitigación debería focalizarse en la productividad animal ya que son los animales los que hacen más del 50% de la huella de carbono del producto. Como segunda prioridad, la estrategia debería tender a incrementar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, tomando en cuenta la reducción de las emisiones involucradas por medio de preferir aquellos productos con una menor huella de carbono y la reducción de las emisiones directas por cambios en la gestión de la fertilización nitrogenada.

### A.3. Conclusiones

Para los productos de origen animal, la variabilidad entre productores es relativamente alta lo que refrenda aún más el hecho que conceptualmente no es concebible un valor único de huella de carbono por producto ya que cada productor genera su propio valor, según sus circunstancias productivas, de procesamiento y de transporte.

No obstante, queda en claro que la estructura de la huella de carbono de estos productos es relativamente similar, con un factor común: el aporte mayoritario de las emisiones propias de los animales, con aportes minoritarios desde otras fuentes. Por tanto, todo programa de mitigación que pretenda establecer medidas costo/efectivas debe basarse en aumentar la productividad animal, empezando con cambios en el manejo de los animales y de las praderas, para seguir con cambios en la dieta animal y terminar con mejorar la genética animal.

Otras opciones de mitigación, como programas de aumento de eficiencia energética y de buenas prácticas agrícolas, pueden ser relevantes aunque con bajos impactos sobre la huella de carbono de estos productos. Cambios en la gestión de la flota de camiones (rutas, mantención de motores, estilos y horarios de conducción) generarán beneficios relativos marginales aunque no necesariamente igual desde el punto de vista de los beneficios absolutos.

Un factor común en toda estrategia de mitigación –que tiene la ventaja de no generar costo adicional alguno– se refiere a la conveniencia de reducir las emisiones involucradas, lo que es factible simplemente con elegir los suministros requeridos según su menor huella de carbono. Así, cada productor, exportador y transportista debe conocer la huella de carbono de sus suministros para mejor decidir qué comprar.

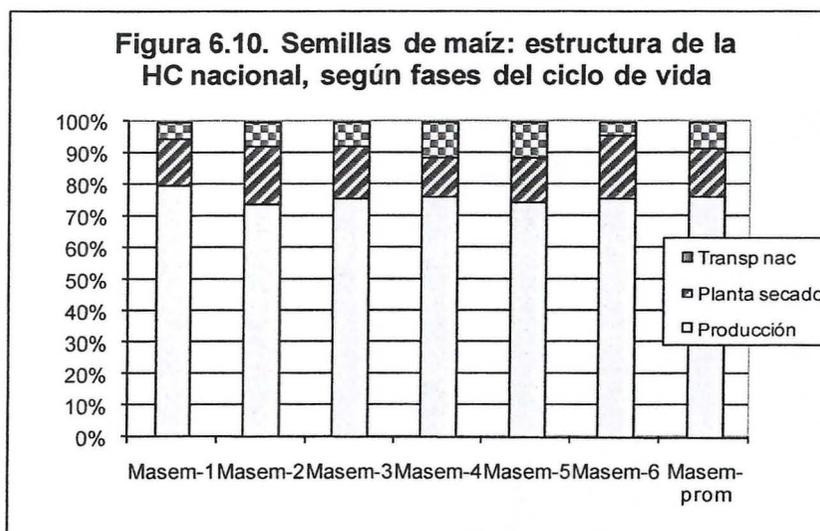
Hay otros elementos que debe incluir toda estrategia de mitigación, que tampoco generan costos adicionales, y que dicen relación con toma de decisiones sobre como hacer las cosas: variables

como (a) ruta de los transportes, (b) armonización entre tiempos de cosecha, ingreso a packings ó bodegas ó industrias y despacho a puertos, (c) adquisición de combustibles e insumos a la menor distancia posible de los sitios de uso, (d) reducción del número y distancias de viajes para traslado de combustibles e insumos, y/o (e) definición de formas inocuas de disposición de residuos.

**B. Productos con fase de producción, como principal contribuyente de la huella de carbono (maíz y paltas)**

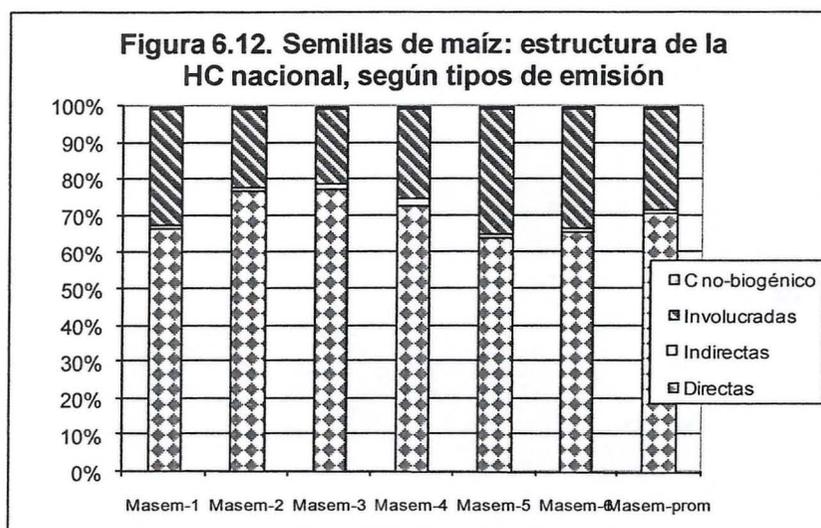
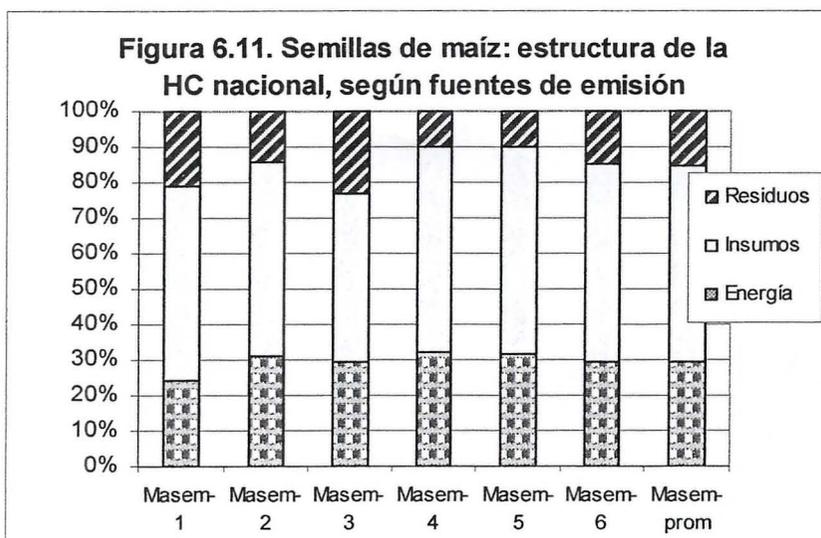
**B.1. Semillas de maíz**

Las **figuras 6.10. a 6.12.** presentan las estructuras asumidas por la huella de carbono de este producto, según las diferentes formas de desagregación: por fases del ciclo de vida, por fuentes de emisión y por tipo de emisión, respectivamente. La primera figura señala que la fase más contribuyente de la huella de carbono de este producto es la producción en campo, la que hace aportes relativos fluctuantes entre 73% y 80%; el aporte de la fase de secado de semillas es también importante (aportes variables entre 11% y 20%) pero largamente por debajo de la producción.



Para este producto, la fase de transporte nacional hace el mayor aporte relativo (entre 3% y 12% de la huella de carbono nacional) de entre todos los productos estudiados y también, el que hace el mayor aporte absoluto ( $0,23 \text{ kg CO}_2\text{e kg}^{-1}$  producto), como se mostró en el **Cuadro 6.5.**

De acuerdo con la **Figura 6.11.**, el mayor aporte a la huella de carbono provino de los insumos (aportes relativos entre 48% y 58%), seguidos por las fuentes de energía (aportes relativos entre 25 y 33%) quedando los residuos al último (entre 10% y 23%). Según la tercera figura para este producto, son las emisiones directas las de la mayor importancia relativa (entre 64% y 78%), recibiendo aportes menores de las emisiones involucradas (entre 20% y 34%); las emisiones indirectas son poco relevantes y no se registró emisiones por C no-biológico.



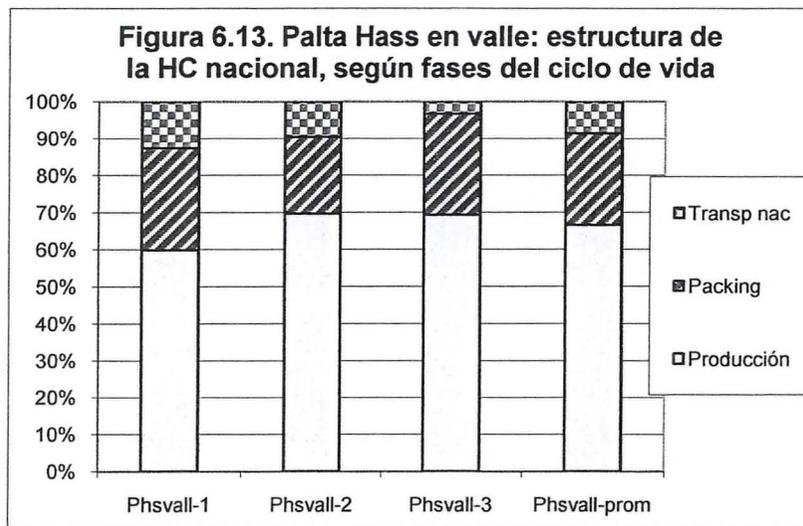
Para el producto, una estrategia de mitigación debe empezar por la producción, específicamente apuntando hacia la gestión de los sistemas. Por ello, los códigos de buenas prácticas agrícolas serían la mejor opción de mitigación y de mayor costo/efectividad para alcanzar reducciones significativas de la huella de carbono; dentro de este ámbito, aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada –principal foco emisor de la fase de producción- es un tema crítico.

A diferencia de otros productos vegetales, la efectividad de una gestión de compras que incluya la huella de carbono de los insumos, como variable de decisión, es menor aunque -como se mencionó anteriormente- debe estar contemplada no solo por su aporte a una menor huella de carbono sino que por tratarse de una opción que no representa costo alguno.

## B.2. Paltas en fondo de valle

Las figuras 6.13. a 6.15. presentan la estructura de la huella de carbono de este producto, según las tres formas de desagregación aplicadas; fases, fuentes y tipo de emisión. Los resultados alcanzados para este producto (ver Figura 6.13.) indican que la fase con mayor impacto fue la

producción, con aportes a la huella de carbono nacional entre 60% y 69%; la segunda fase en importancia fue la de packing, con aportes relativos entre 21% y 28%; el transporte nacional solo aportó entre 3% y 13%. Estos resultados son consistentes con el hecho de tratarse de un cultivo con alto consumo de energía, en su fase de campo.

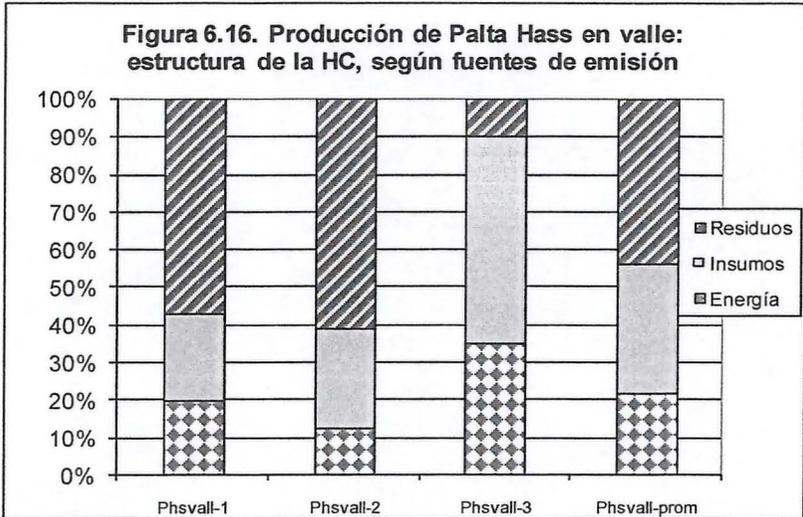
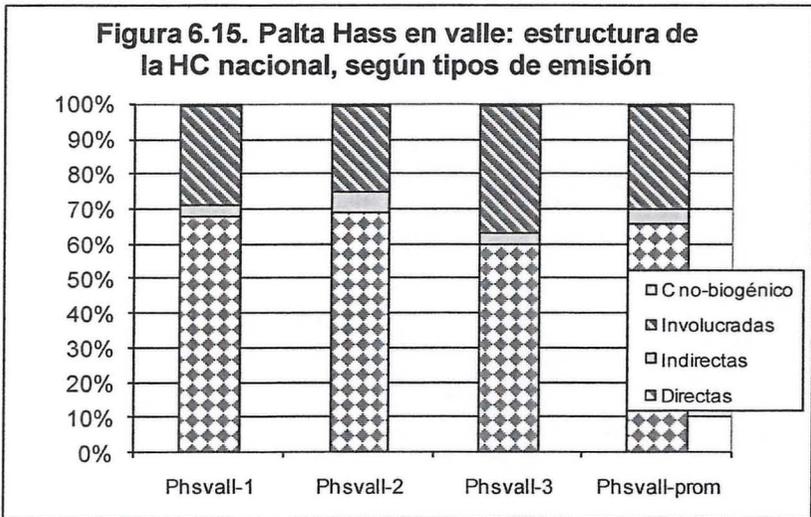
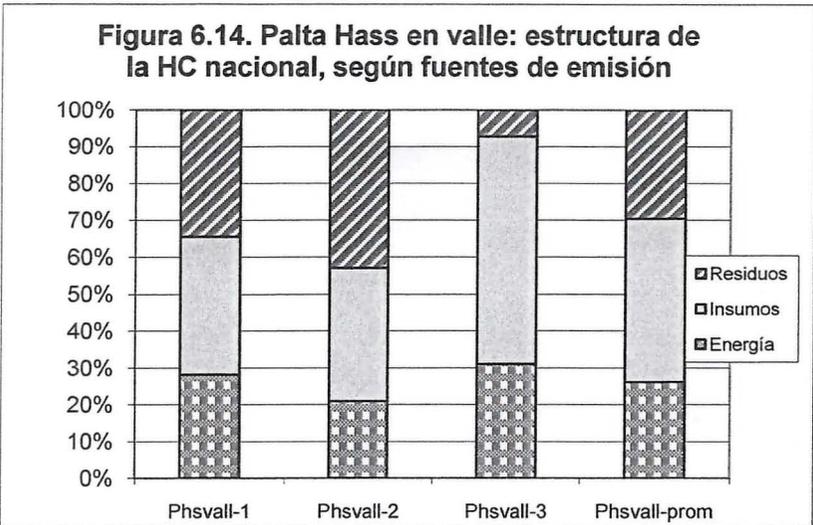


Por su parte, la **Figura 6.14.** indica que –con alguna variabilidad entre los productores- las tres fuentes de emisión tienden a tener la misma importancia relativa, por lo que la estrategia mitigatoria que se pretenda montar debe tomarlos a todos en cuenta. De acuerdo con la **Figura 6.15.**, las emisiones directas son las de mayor importancia relativa, con aportes fluctuantes entre 59% y 68%, seguidas a distancia por las emisiones involucradas para terminar con las emisiones indirectas; las emisiones por carbono no-biogénico no hicieron aportes a la huella de carbono.

Esto significa que la mitigación debe apuntar, primordialmente, a incrementar la productividad de los huertos, mediante una mayor eficiencia energética y efectividad de la fertilización nitrogenada, así como también a disponer los residuos en forma inocua. Por tanto, debe darse la mayor importancia a la formulación de códigos de buenas prácticas agrícolas, tendientes a mejorar la gestión de la fertilización nitrogenada y reducir las emisiones involucradas, y a la implementación de programas de eficiencia energética.

Lo anterior se ve más claro con la información incluida en la **Figura 6.16.**, que presenta la desagregación de las fuentes de emisión exclusivamente de la fase de producción. Según esta, las emisiones más importantes, en dos de los tres casos, provienen del tratamiento de los residuos (11% a 62%), seguidas por las de los insumos (entre 12% y 52%) y, finalmente, por las fuentes de energía (entre 12% y 35%).

Por cierto, aquellas instancias de mitigación que no representan gasto ó inversión alguna, como la elección de los suministros según sus huellas de carbono ó la armonización de la ruta de los productos, no deben ser omitidas de una estrategia mitigadora, independiente de sus aportes potenciales a la reducción de la huella de carbono. Elementos de gestión –como incorporar la huella de carbono de los suministros, decisión sobre temas operacionales (rutas de productos, estilos de conducción de camiones, armonización entre fases del ciclo de vida para un avance armónico del producto y distancia de sitios de compra) deben ser siempre incluidos.



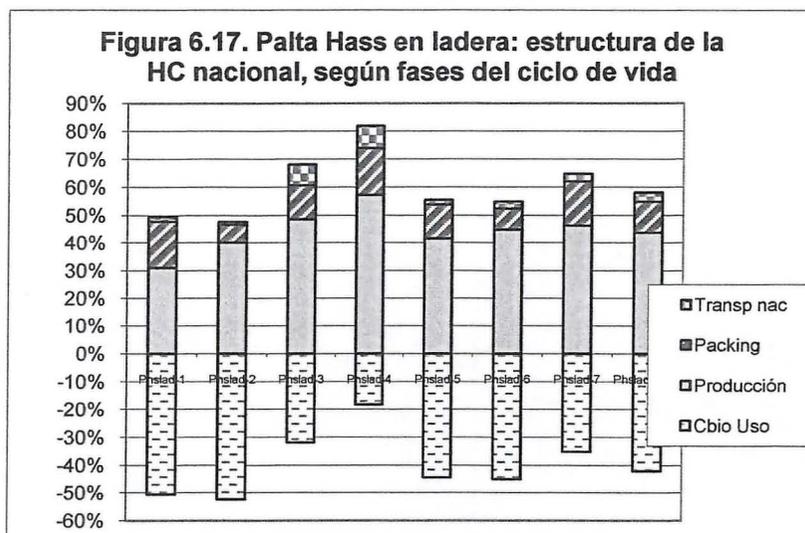
### B.3. Paltas en laderas

La **Figura 6.17.** presenta la estructura de la huella de carbono nacional según su desagregación por las fases del ciclo de vida. De acuerdo con esta, lo más relevante para este producto fue que:

- todas las encuestas incluyeron el cambio de uso de los suelos, y
- todas las encuestas indicaron que este cambio generó un balance favorable a la captura de carbono atmosférico, lo que se traduce en un crédito que es descontable de las emisiones de gases invernadero que ocurren en las otras fases del ciclo de vida.

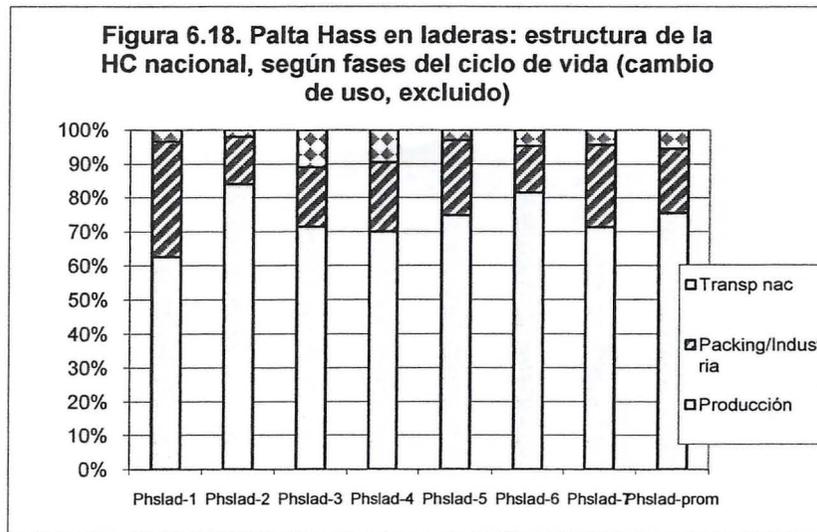
Ya se hizo alusión al hecho que este aspecto positivo del cambio de uso debe tomarse con cautela. Es evidente que, bajo las condiciones al interior de la Región Valparaíso, el reemplazo de la vegetación natural remanente en tierras sobre la cota de riego por un huerto de paltos, es ciertamente favorable a la captura de carbono. En términos simples, esta acción significa reemplazar la vegetación original<sup>1</sup>, de baja biomasa aérea, por otra que se caracteriza por una frondosa biomasa aérea.

Bajo estas circunstancias, es de alta conveniencia que los productores estén en condiciones de demostrar que este cambio de uso no solo no afectó un patrimonio ambiental de alto valor sino que, por el contrario, se tradujo en un aumento del valor ambiental y social, además del económico, del espacio habilitado.



Si el cambio de uso se deja fuera del análisis, se genera la situación que muestra la **Figura 6.18.** Dentro de este ámbito, las acciones de producción monopolizan entre el 63% y 83% de las emisiones de gases invernadero ocurridas en el territorio nacional. Corresponde a un rango más alto que para las paltas en valle, lo refleja que el mayor consumo energético de los huertos en esta posición fisiográfica.

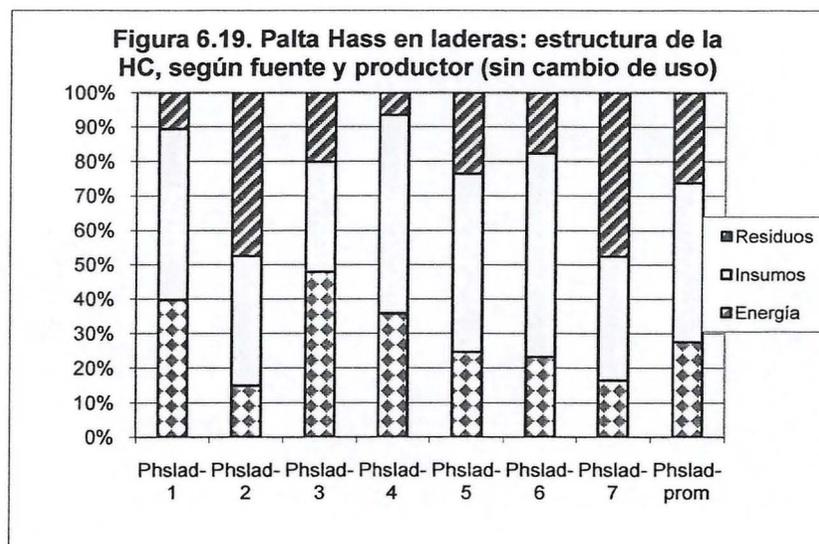
<sup>1</sup> Dominantemente, vegetación del tipo de matorral esclerófilo o xerófito degradado

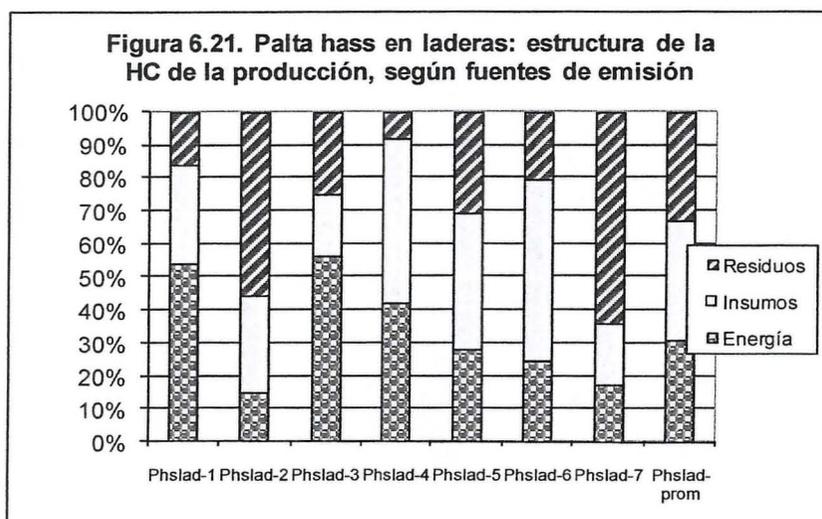
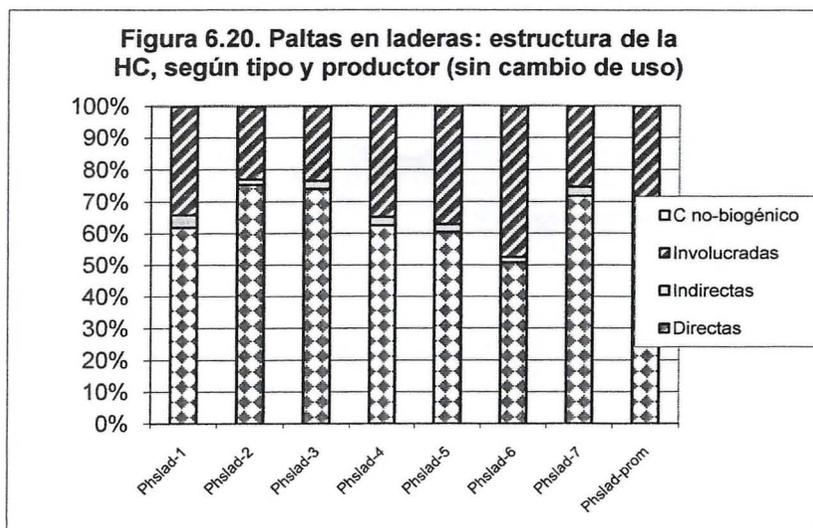


Las **figuras 6.19.** y **6.20.** presentan la estructura de la huella de carbono nacional, según fuentes y tipos de emisiones, cuando se excluye el cambio de uso. De estas, queda en claro que las paltas en laderas no difieren substancialmente de las de fondo de valle, debido a:

- una contribución aproximadamente equivalente de las tres fuentes de emisión (energía, insumos, residuos), y
- emisiones involucradas, como el principal tipo de emisión, con aporte menor de las directas y prácticamente insignificante de las indirectas.

La **Figura 6.21.** presenta la desagregación entre fuentes de emisión para la fase de producción. La imagen es altamente coincidente con la presentada en la **Figura 6.19.** Estos resultados están indicando que, lo mismo que para las paltas en valle, la estrategia de mitigación debiera focalizarse en la fase de producción, por ser la principal contribuyente a la huella de carbono, aunque sin olvidar los aportes que hacen los packings y el transporte nacional.





La mitigación en la fase de producción de campo debiera orientarse a incrementar la productividad de los huertos, por medio de códigos de buenas prácticas agrícolas, de programas de eficiencia energética y protocolos para una disposición inocua de los residuos, desde la perspectiva de las emisiones de gases de efecto invernadero. No puede omitirse, tampoco, la posibilidad de incorporar individuos mejorados genéticamente.

Además, se debe considerar la elección de los insumos, de manera de conducir a reducir las emisiones involucradas. Finalmente, la estrategia mitigadora no debiera omitir la toma de decisiones sobre que comprar y como transportar el producto, con el fin de reducir las emisiones involucradas y tomando en cuenta que esta gestión no representa costos adicionales.

#### B.4. Conclusiones

Para ambos productos incluidos en este grupo, aunque se detectó una alta variabilidad entre productores lo que viene reafirmar el que no es posible pensar en que el país genere un valor único de huella de carbono para un producto, el resultado de todas las encuestas tienen en común el hecho que la fase de producción es la relevante, en cuanto las emisiones de gases de

efecto invernadero, por tanto toda estrategia mitigadora debe estar orientada a la fase de producción, con atención preferente aunque no necesariamente exclusiva.

En segundo término, dado que son las emisiones directas provenientes de las tres fuentes de emisión (insumos > energía > residuos), la estrategia de abatimiento debe orientarse a modificar esquemas de trabajo por lo que el desarrollo de códigos de buenas prácticas es una necesidad primordial. En el caso de las paltas en laderas, la estrategia deberá orientarse a abatir las emisiones involucradas, a través de la elección de suministros con baja huella de carbono, en un análisis estandarizado a igual eficiencia.

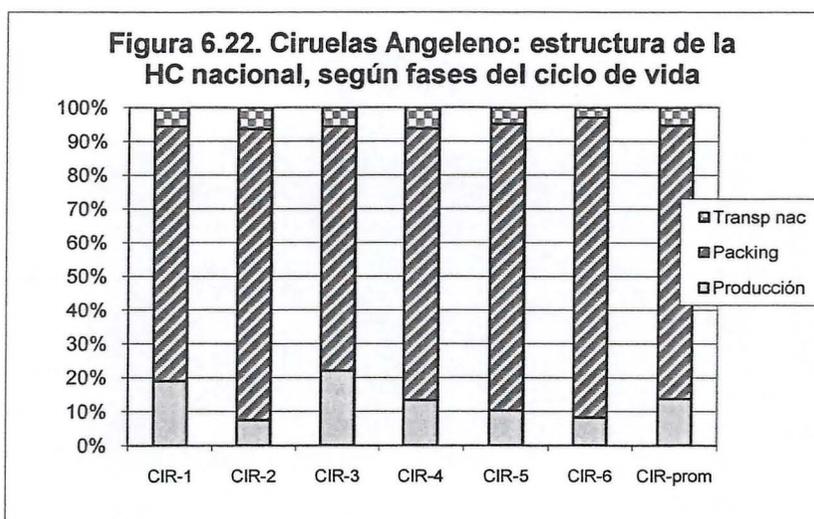
De la misma manera que se planteó para los productos del primer grupo, la estrategia de mitigación no debe omitir los aspectos de gestión, que tengan que ver con la forma de armonizar las fases del ciclo de vida, mejorar la ruta y conducción de los productos, reducir las distancias y número de viajes para traslado de insumos, combustibles y residuos, y disponer los residuos en forma inocua.

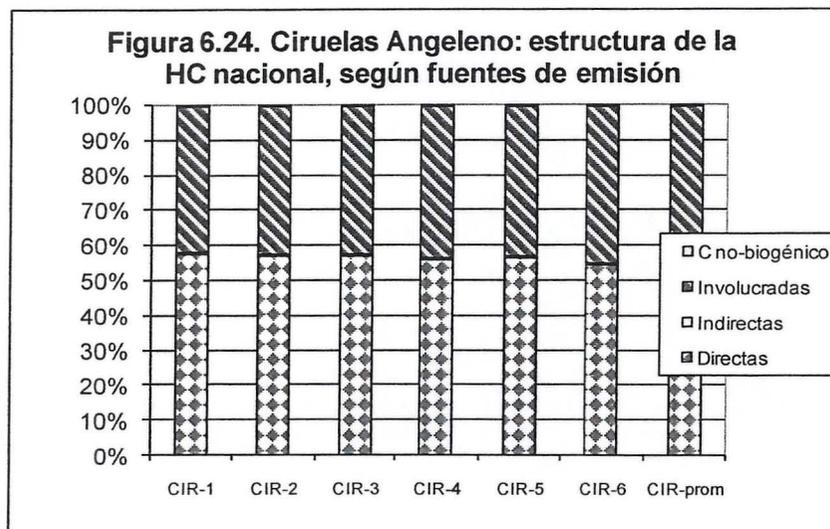
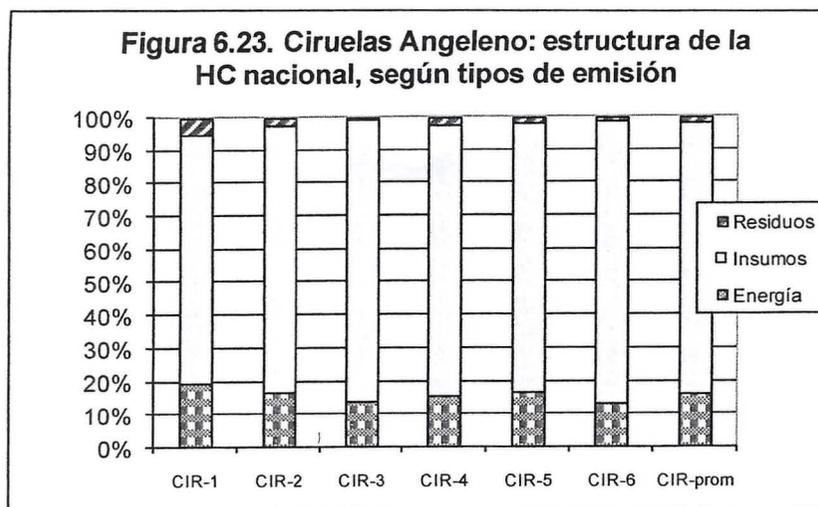
### C. Productos con post-cosecha, como principal contribuyente de la huella de carbono (frutas, berries y vinos)

#### C.1. Ciruelas (cultivar Angeleno)

En función de la información entregada a través de la **Figura 6.22.**, que muestra la estructura de la huella de carbono desagregada por fases del ciclo de vida, se desprende que la fase que más contribuye es el packing, con aportes fluctuantes entre 75% y 89%, con un valor promedio de 81%.

La **Figura 6.23.** muestra que la principal fuente de emisión de gases invernadero corresponde largamente a los insumos, con aportes relativos variables entre 76% y 86%, seguida muy a distancia por las fuentes de energía y los residuos; por otra parte, la **Figura 6.24** indica que los principales tipos de emisión, en este producto, fueron las directas con aportes relativos entre 54% y 58%, seguidas de cerca por las involucradas, cuyos aportes variaron entre 42% y 45%.





Esta información permite definir los ámbitos que debiera considerar prioritariamente una estrategia de mitigación para este producto. Es evidente que una eficiente estrategia debería focalizarse preferentemente en las fases de post-cosecha, poniendo especial atención a la gestión con los insumos, tanto desde la perspectiva de aumentar la eficiencia de uso (emisiones directas) como el de reducir las emisiones adquiridas (emisiones involucradas).

Queda en claro que, para esta fruta, la formulación de códigos de buenas prácticas agrícolas generará beneficios de menor envergadura en el marco de las tasas de emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, la formulación de estos códigos tiene el valor agregado de mejorar la imagen de los productores ante las instancias nacionales y extranjeras vinculadas a la exportación y comercialización de los productos agrícolas.

Como ya fue mencionado, una estrategia mitigadora debe siempre incluir todos aquellos ítems de gestión que no significan gastos adicionales algunos, no importando la magnitud de la contribución a la huella de carbono. Por tanto, el tema de mejorar la gestión sobre qué suministros comprar, que camiones emplear, por donde y a qué hora transportar los productos, y como armonizar mejor las fases del ciclo de vida, tiene que estar incorporado necesariamente.

## C.2. Uva de mesa (cultivares Red Globe y Thompson Seedless)

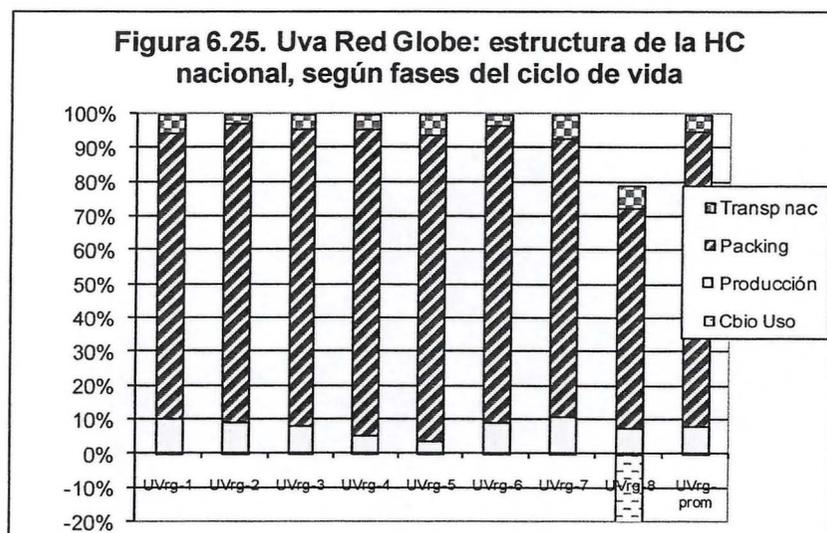
Las **figuras 6.25.** y **6.26.** entregan la estructura de la huella de carbono de los dos cultivares de uva de mesa incluidos. La estructura para ambas cultivares es similar, ya que en todos los casos se apunta al packing como la fase más contribuyente, quedando la producción en un segundo lugar. Las diferencias detectadas entre ambos cultivares resultan de tres hechos, a saber:

- en el cultivar Red Globe, la contribución de los packings es mayor que en el otro cultivar (rango entre 82% y 91% para la primera versus rango entre 47% y 82% para la segunda),
- como contraparte, una mayor participación de la producción en la Thompson Seedless (6% a 46%), respecto de la Red Globe (4% a 20%), y
- la existencia de un caso, al interior de la Región de Coquimbo, que contabilizó el cambio de uso; en todo caso, aún incluyendo este caso en el análisis general, el promedio para Red Globe es favorable a las emisiones netas.

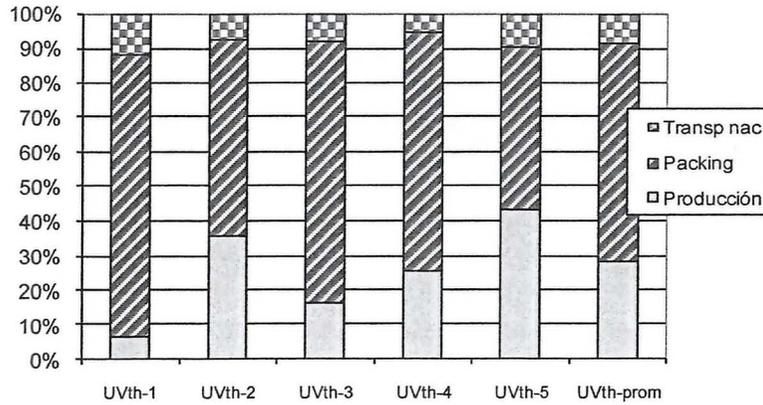
Por su parte, las **figuras 6.27.** y **6.28.** están indicando que, para ambos cultivares, los insumos son la principal fuente de emisiones, con una contribución promedio del 88% para Red Globe y 78% para Thompson Seedless y con una baja variabilidad entre los productores encuestados. Las fuentes energéticas y los residuos, con excepción del caso con cambio de uso, tuvieron una contribución secundaria y muy por debajo de la de los insumos.

Las **figuras 6.29** y **6.30.** reflejan que, también para ambos cultivares, las emisiones involucradas fueron el principal tipo de emisión. Además, fue evidente que la importancia de las emisiones involucradas fue mayor para Red Globe que para Thompson Seedless: mientras para la primera, pesan entre 80% y 89% de la huella de carbono nacional, para la segunda pesan entre 55 y 65%.

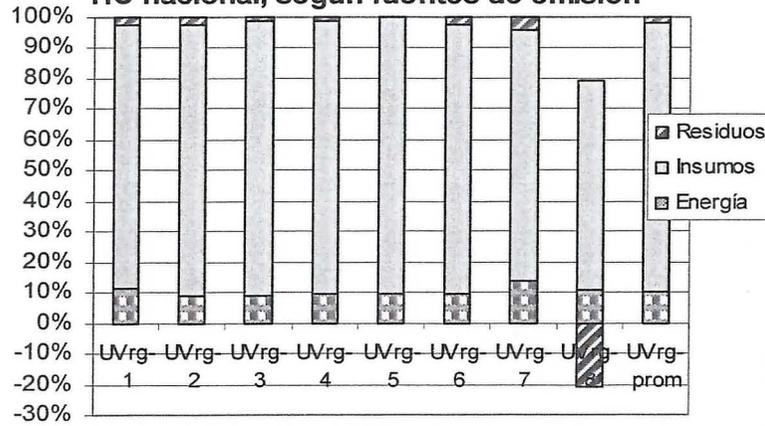
En el caso de la uva Thompson Seedless, esta menor contribución de las emisiones involucradas se contrarresta por un mayor aporte de las emisiones directas, la que suben de una contribución promedio de 13%, en Red Globe, a un 37% en Thompson Seedless.



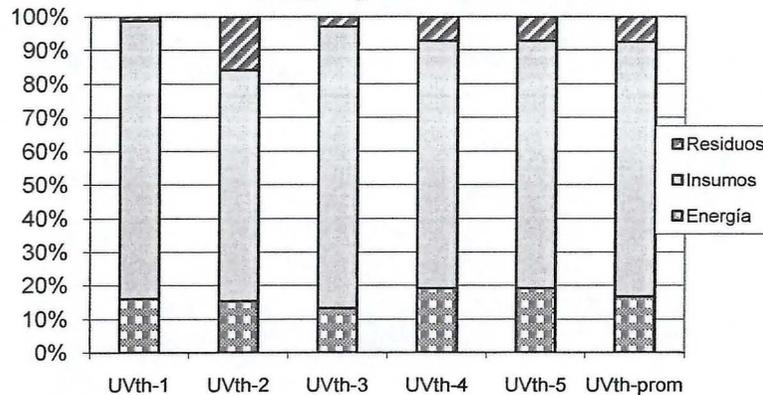
**Figura 6.26. Uva Thompson Seedless: estructura de la HC nacional, según fases del ciclo de vida**

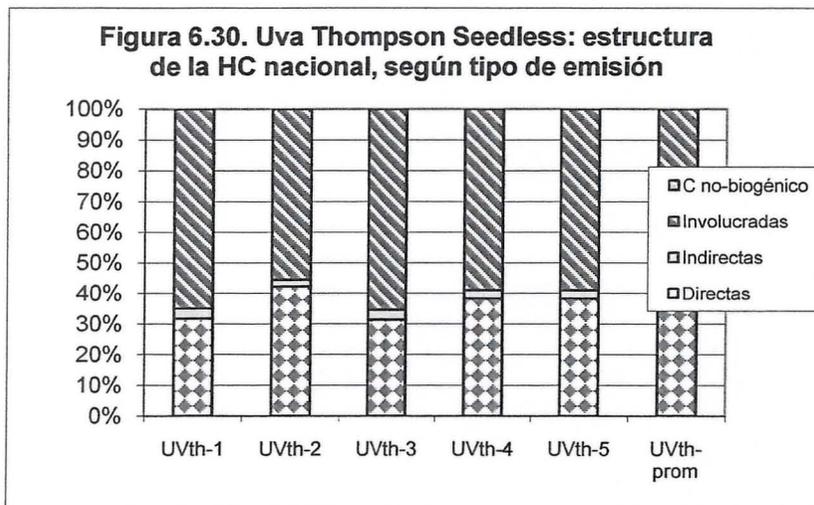
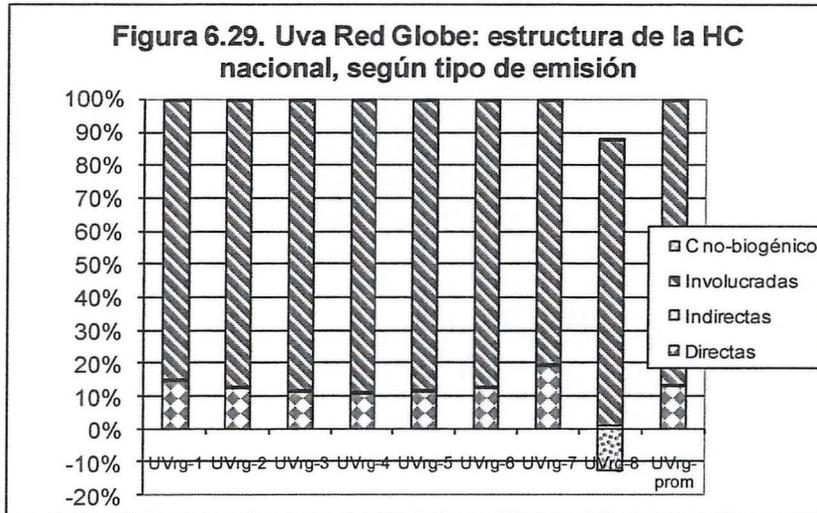


**Figura 6.27. Uva Red Globe: estructura de la HC nacional, según fuentes de emisión**



**Figura 6.28. Uva Thompson Seedless: estructura de la HC nacional, según fuentes de emisión**

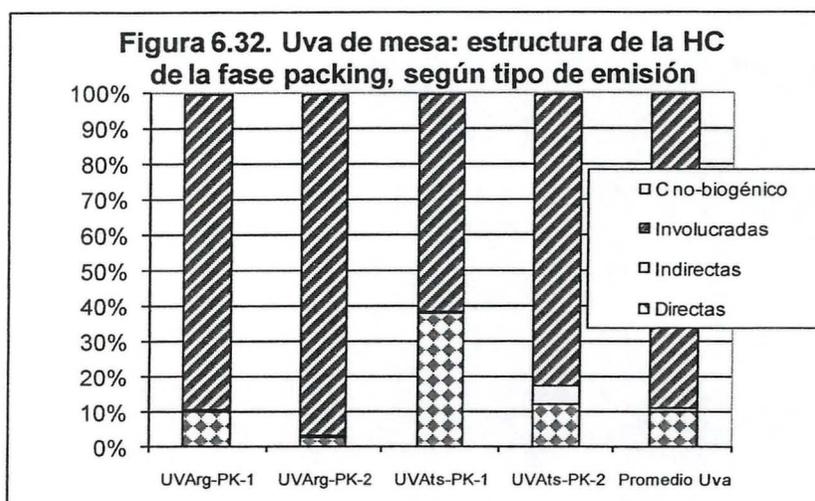
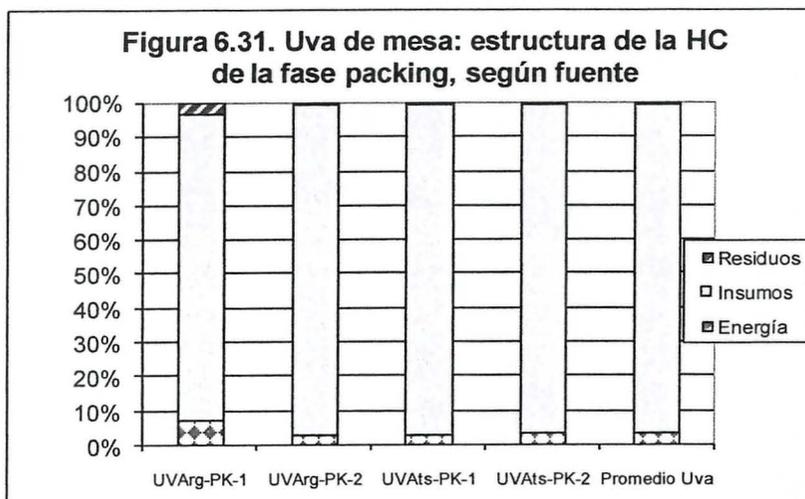




Esta situación queda refrendada por la estructura de las emisiones propias de los packings, información que se presenta en las **figuras 6.31.** y **6.32.** Los principales hechos constatados fueron los siguientes:

- que los insumos son la principal fuente de emisión de gases invernadero, con una importancia relativa fluctuante entre 89% y 97%,
- que las emisiones involucradas constituyen el principal tipo de emisión de gases invernadero, con una importancia relativa fluctuante entre 42% y 97%, y
- que las emisiones directas son el segundo tipo de emisión más importante, con una contribución variable entre 3% y 58%.

Con estos resultados, se puede concluir que una estrategia de reducción de la huella de carbono debe centralizarse en las actividades asociadas al packing, dado que esta unidad monopoliza la mayor parte de las emisiones de gases invernadero que conforman la huella de carbono del producto.



En el packing, lo primordial será poner atención a los insumos requeridos, como materiales para embalaje, ciertos plaguicidas y gases refrigerantes. En relación a los insumos, la estrategia de mitigación debería atender a lo siguiente:

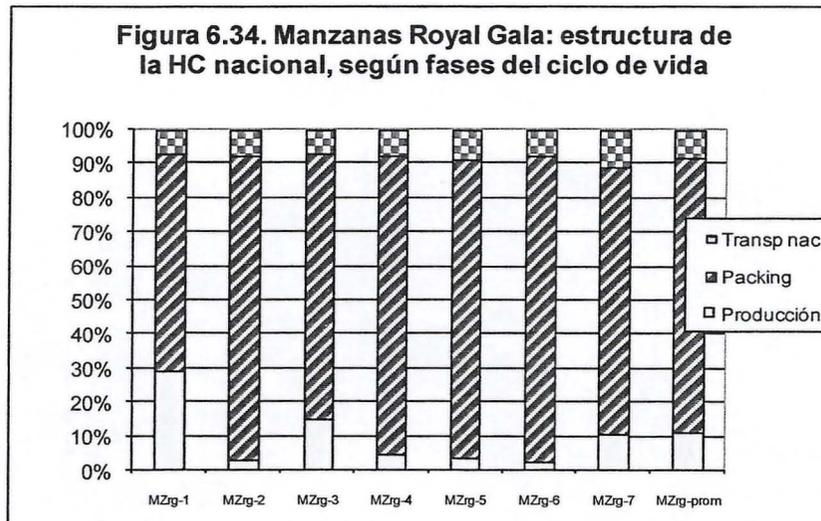
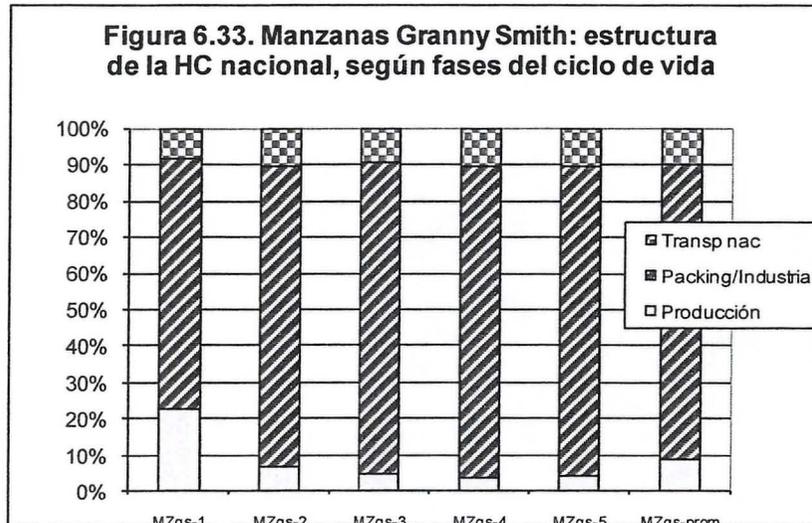
- en primer lugar, incorporar la huella de carbono de los suministros de manera de estar condiciones de elegir aquellos asociados a valores menores,
- en segundo lugar, mejorar la productividad del packing a través de códigos de buenas prácticas laborales y de una mejor integración del tránsito del producto a través de las fases de procesamiento (minimizar tiempo en tratamiento de frío, por ejemplo), y
- en tercer lugar, aumentar la eficiencia energética y la productividad de los parronales, lo que involucra el establecimiento de programas de ahorro energético y códigos de buenas prácticas agrícolas.

### C.3. Manzanas (cultivares Royal Gala y Granny Smith)

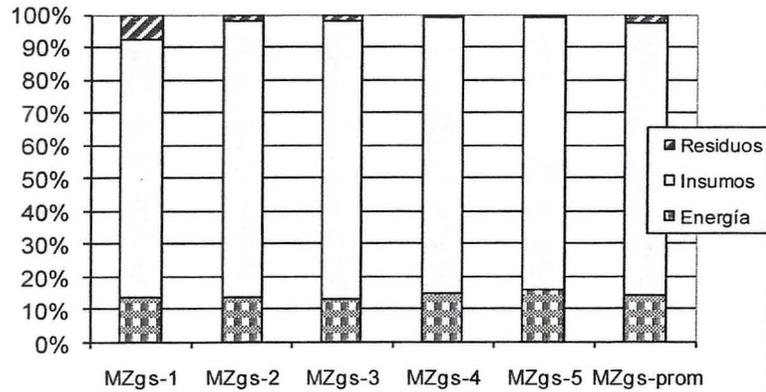
Como se desprende de las figuras 6.33. a 6.38., la situación detectada para las manzanas Royal Gala y Granny Smith, es enteramente similar a la descrita para la uva de mesa. En primer lugar,

puede verse en las **figura 6.33.** y **6.34.** que la fase que domina largamente la huella de carbono es el packing, con rangos fluctuantes entre 69% y 86% para Granny Smith y entre 63% y 90% para Royal Gala. En segundo lugar, las **figuras 6.35.** y **6.36.** indican que la principal fuente de emisión fue lejos la de los insumos, con rangos de importancia relativa fluctuante entre 79% y 85% para Granny Smith y entre 80% y 84% para Royal Gala.

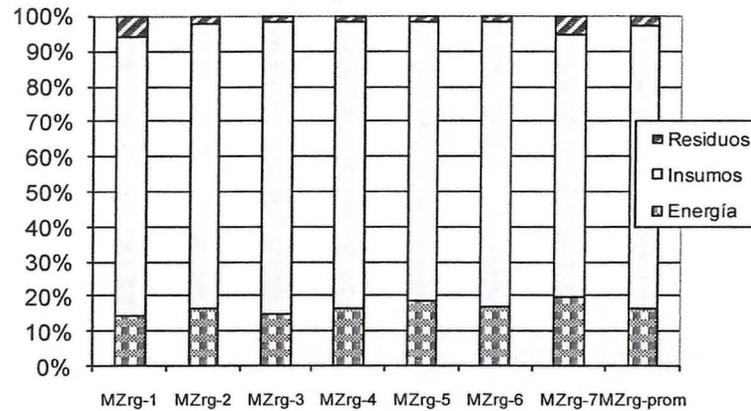
En tercer lugar, las **figuras 6.37.** y **6.38.** muestran que el tipo de emisión dominante fue el de las emisiones involucradas, con una importancia relativa que fluctuó entre 25 y 36%, para Granny Smith, y entre 20% y 78%, para Royal Gala; en todo caso, para Granny Smith, las emisiones directas fueron más importantes que las involucradas, con un rango entre 65% y 74% de la huella de carbono nacional.



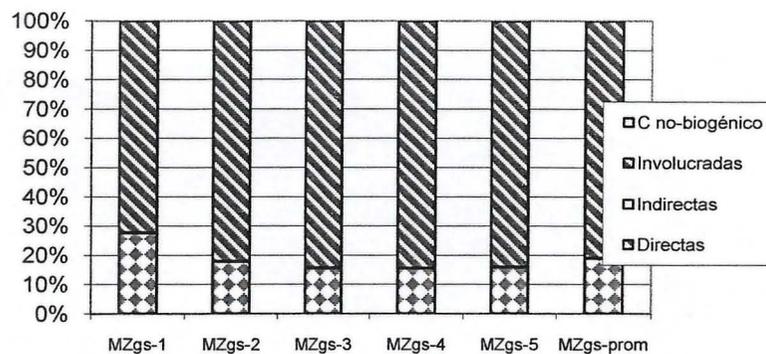
**Figura 6.35. Manzanas Granny Smith: estructura de la HC nacional, según fuentes de emisión**

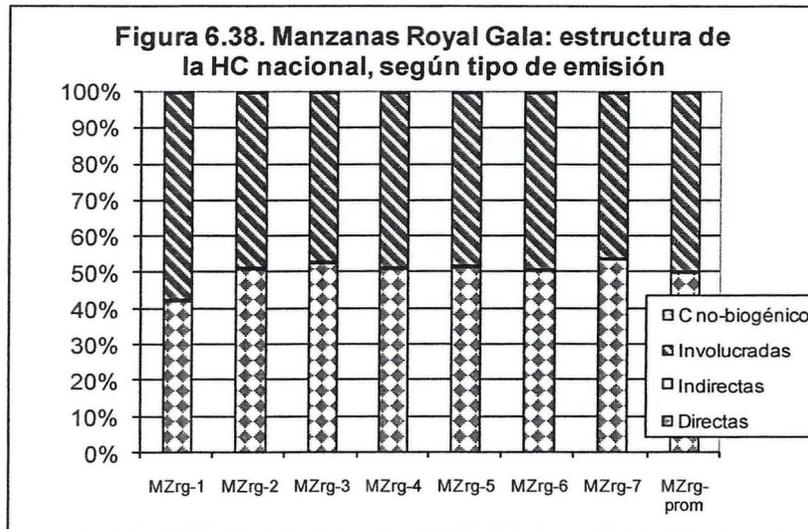


**Figura 6.36. Manzanas Royal Gala: estructura de la HC nacional, según fuentes de emisión**



**Figura 6.37. Manzanas Granny Smith: estructura de la HC nacional, según tipo de emisión**



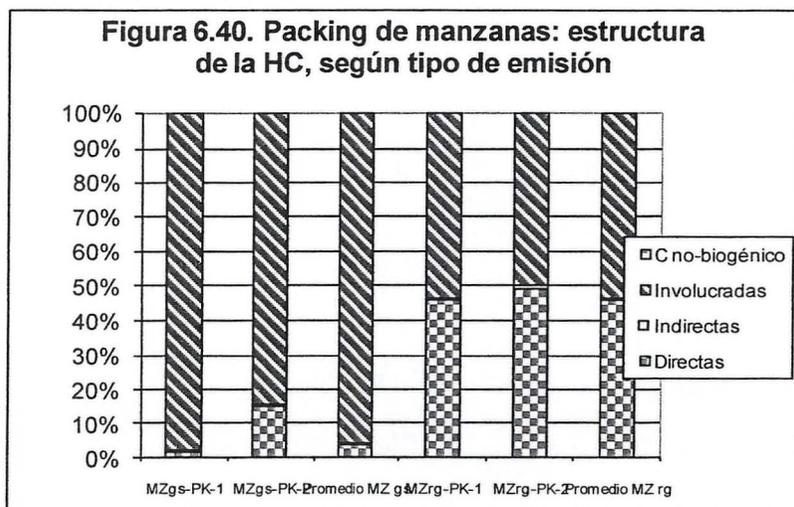
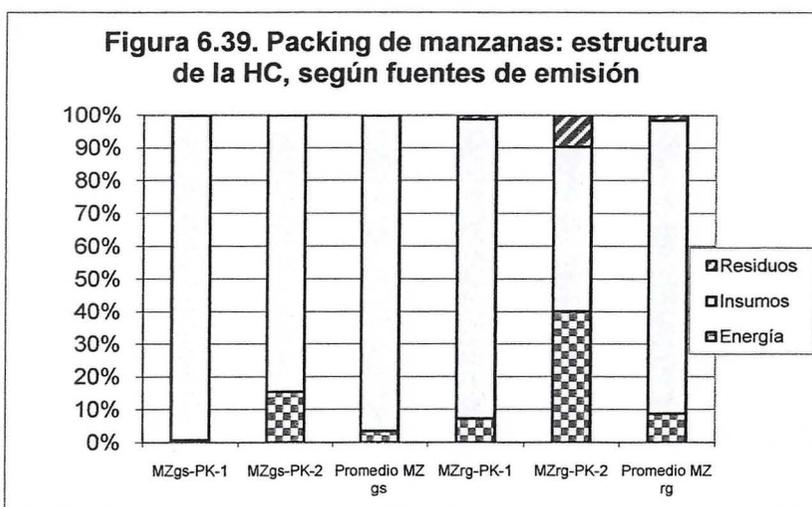


Focalizando el análisis en los packing, para lo cuales se contó con cuatro encuestas, las **figuras 6.39.** y **6.40.** están indicando sin lugar a dudas que las emisiones involucradas provenientes de los insumos son las de mayor relevancia y hacia donde debieran focalizarse las estrategias de mitigación que pudieran ser implementadas.

Sin embargo, también es posible afirmar que los packings funcionan con alta variabilidad, lo que queda refrendado por los resultados del packing “MZrg-PK-2”, para el que las fuentes de energía y las emisiones directas presentaron importancias de 40% y 49% del total de las emisiones de los packings, respectivamente. Esta es la única unidad donde los residuos hacen un aporte cuantificable, en este caso llegando casi a un 10%.

Estos resultados permiten reafirmar los conceptos vertidos para las uvas de mesa, respecto de las estrategias de mitigación, a saber:

- centralizada en los packing,
- dando atención primordial a los insumos,
- focalizada en las emisiones involucradas,
- adicionalmente, orientadas a mejorar la productividad de los packings (códigos de buenas prácticas laborales) y la integración del tránsito del producto a lo largo de ellos, y
- finalmente, tendientes a aumentar la eficiencia energética y la productividad de los huertos (programas de ahorro energético y códigos de BPA).

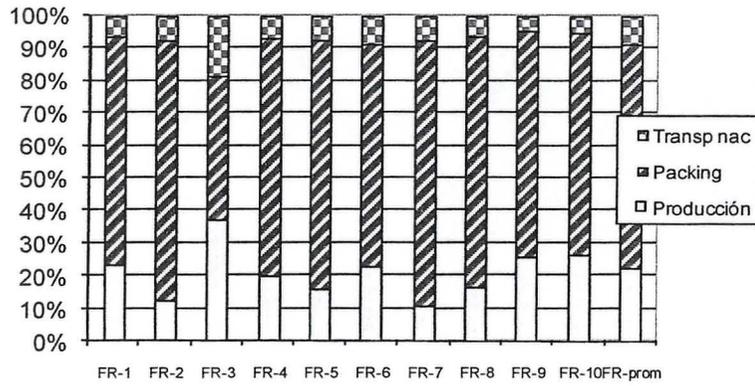


#### C.4. Berries (arándanos y frambuesas)

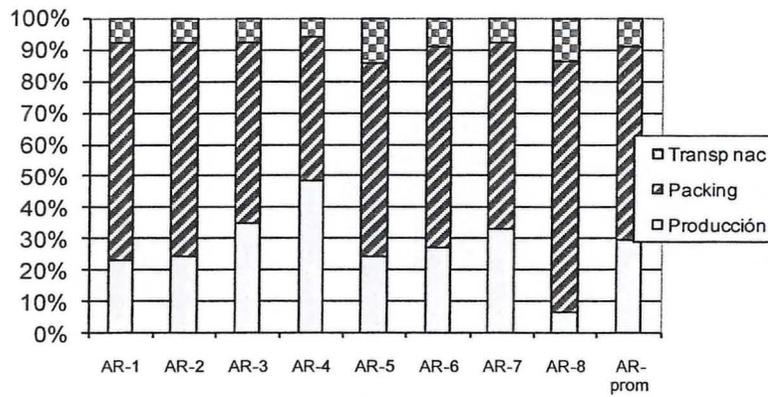
Las figuras 6.41. a 6.46. presentan los resultados alcanzados para los berries incluidos en el estudio. Las figuras 6.41 y 6.42. indican que en general la estructura de la huella de carbono de estos productos es similar a la de los otros productos de este grupo (ciruelas, manzanas, uvas), en el sentido que el packing constituye la fase que más contribuye a la huella de carbono, con importancias relativas variables entre 46% y 80%, para los arándanos, y 44% y 82%, para las frambuesas; la producción en campo presenta una importancia relativa mayor a la de los otros productos del grupo, con un promedio de 37%, para los arándanos, y 25%, para las frambuesas, aunque mostrando una amplia variabilidad entre productores.

Otro factor común con los productos anteriores de este grupo, es que los insumos son largamente la principal fuente de emisiones aunque con la diferencia, respecto de estos mismos productos, que las fuentes de energía también tienen una importancia relativa relevante pero claramente por debajo de la de los insumos (ver figuras 6.43. y 6.44.).

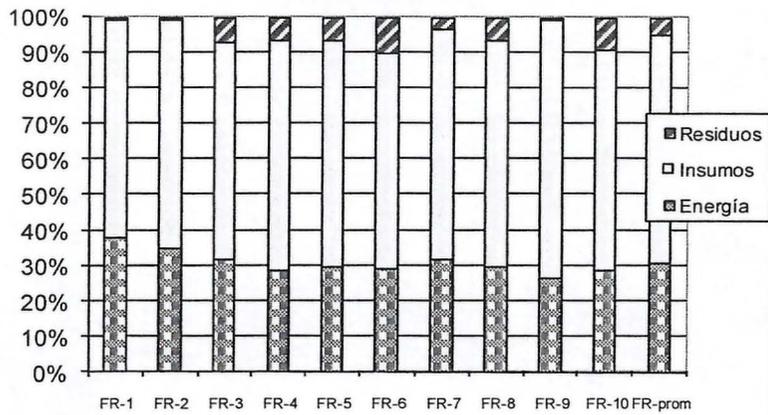
**Figura 6.41. Frambuesa Heritage: estructura de la HC nacional, según fases del ciclo de vida**

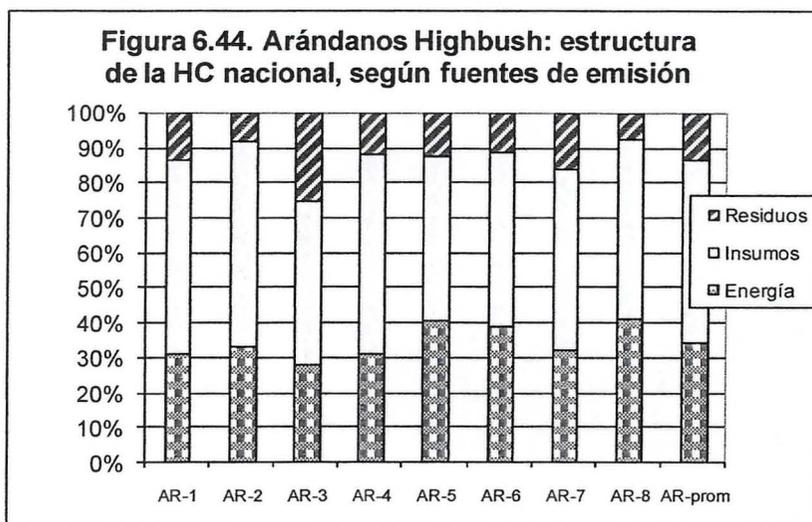


**Figura 6.42. Arándanos Highbush: estructura de la HC nacional, según fases del ciclo de vida**

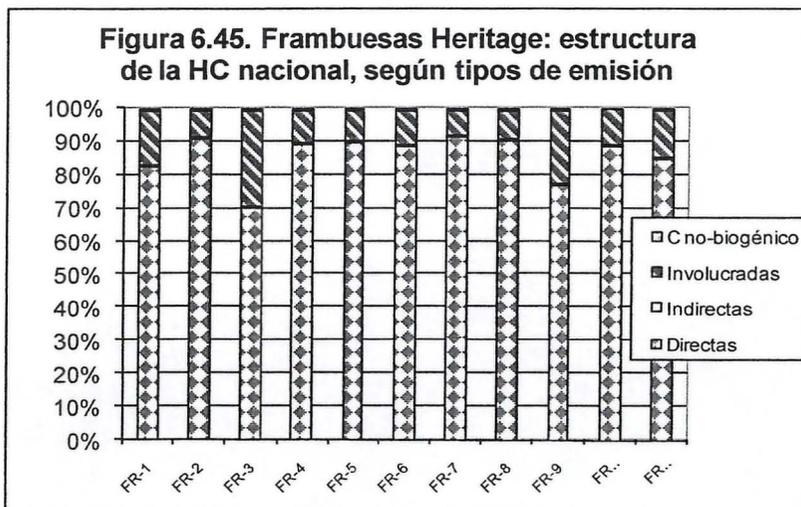


**Figura 6.43. Frambuesas Heritage: estructura de la HC nacional, según fuentes de emisión**



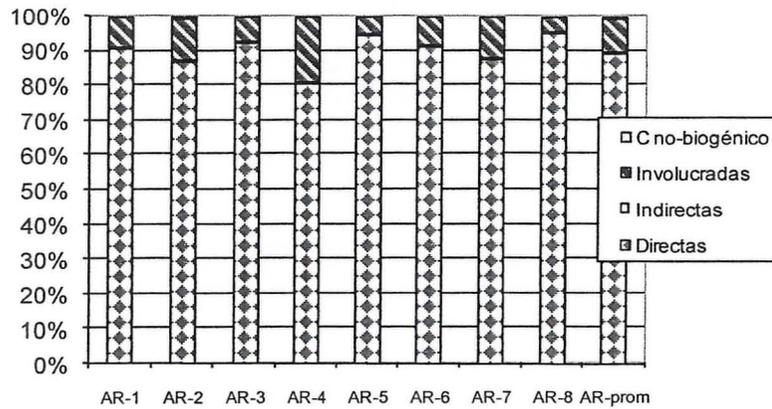


Donde los berries presentan la mayor diferencia con los otros productos incluidos en este grupo (ciruelas, uvas, manzanas) es que no son las emisiones involucradas las principales emisiones, aunque no dejan de ser importantes (rango de variación entre 28 y 36%, en arándanos, y entre 22 y 36%, en frambuesas), sino que las directas, cuyos rangos de variación oscilaron entre 81% y 94%, en arándanos, y entre 70% y 92%, en frambuesas (figuras 6.45. y 6.46.).

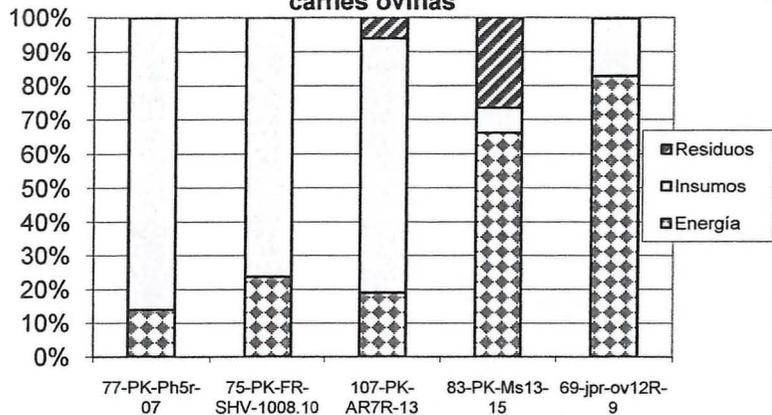


Los resultados alcanzados al considerar todo el ciclo de vida que ocurre en el territorio nacional cambian ligeramente al considerar solo los packings encuestados. Cabe hacer notar, en todo caso, que por tratarse solo de una unidad por producto, los resultados no son generalizables. De acuerdo a las figuras 6.47. y 6.48., la emisiones de los packing de berries son debidas mayormente a los insumos (factor común con los otros productos ya analizados) pero tratándose exclusivamente de emisiones directas, no habiéndose contabilizado emisiones involucradas para estas unidades.

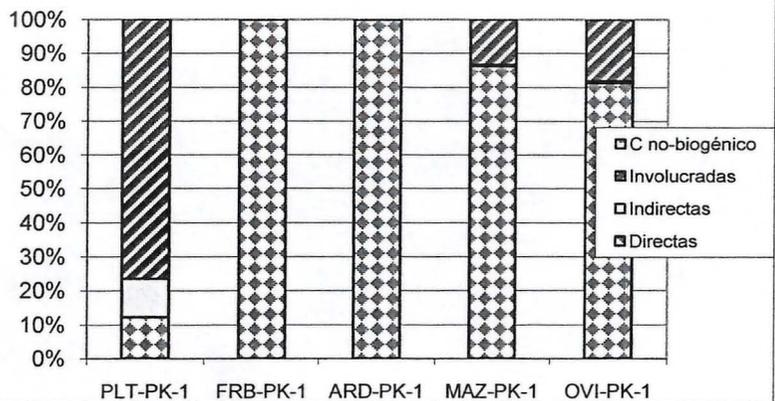
**Figura 6.46. Arándanos Highbush: estructura de la HC nacional, según tipos de emisión**



**Figura 6.47. Estructura de la HC de postcosecha de paltas, frambuesas, arándanos, maíz-semilla y carnes ovinas**



**Figura 6.48. Estructura de la HC de post-cosecha de paltas, frambuesas, arándanos, maíz-semilla y carnes ovinas**



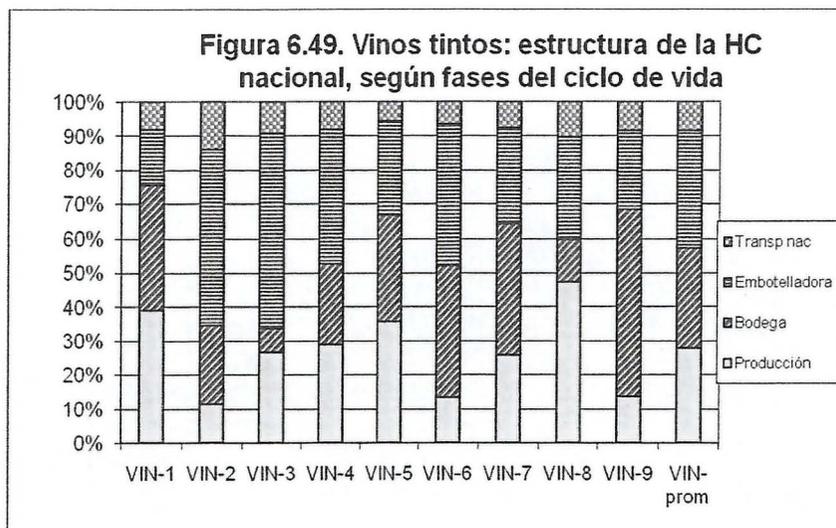
En función de los resultados obtenidos, puede decirse que la gran diferencia en la estrategia de mitigación, respecto a los otros productos de este tercer grupo, es que la focalización debe hacerse sobre las emisiones directas de los packing y no sobre las emisiones involucradas, lo que conlleva la necesidad de modificar los estilos de producción ó de gestión del packing por encima de la necesidad de cambiar los insumos empleados por otros de menor huella de carbono.

### C.5. Vinos tintos

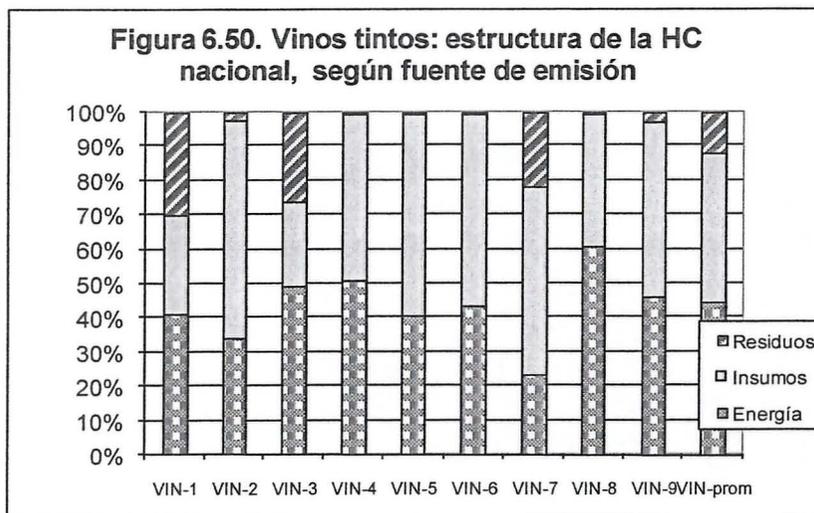
Las **figuras 6.49. a 6.51.** presentan los resultados alcanzados con los vinos tintos, encuestados entre las regiones Metropolitana y del Maule, cada una contemplando producción de campo y fases industriales ó de manufactura. Lo primero que se hace evidente es que existe una amplia variabilidad entre los diferentes productores de vinos tintos, lo que representa una limitante para una generalización de los resultados.

Otro tema importante es que la huella de carbono calculada para la viña orgánica (ver VIN-1) cae dentro del rango de oscilación del producto convencional, indicando que la producción orgánica no tiene un impacto especial sobre la huella de carbono. Lo que si fue posible detectar algunos cambios en su estructura, que serán detallados más adelante.

De acuerdo a la **Figura 6.49.**, fue evidente que la fase de producción, si bien tiene su importancia (rango entre 11% y 46%), no es la más contribuyente de la huella de carbono del producto sino que esta condición recae en las unidades de postcosecha, las que hicieron un aporte variable entre 60% y 81% con un promedio de 63%.

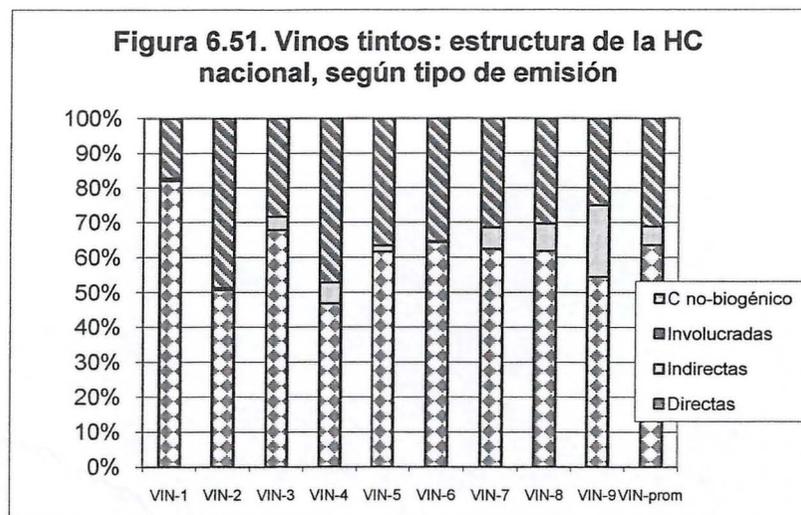


La **Figura 6.50.** indica que la importancia de las fuentes de emisión tiende a distribuirse más ó menos equitativamente entre los insumos y las fuentes de energía, con una participación menor de los residuos; sin embargo, para la viña orgánica (identificada como VIN-1), la importancia relativa de la energía es menor que la de las otras fuentes, lo cuál es relativamente esperado.

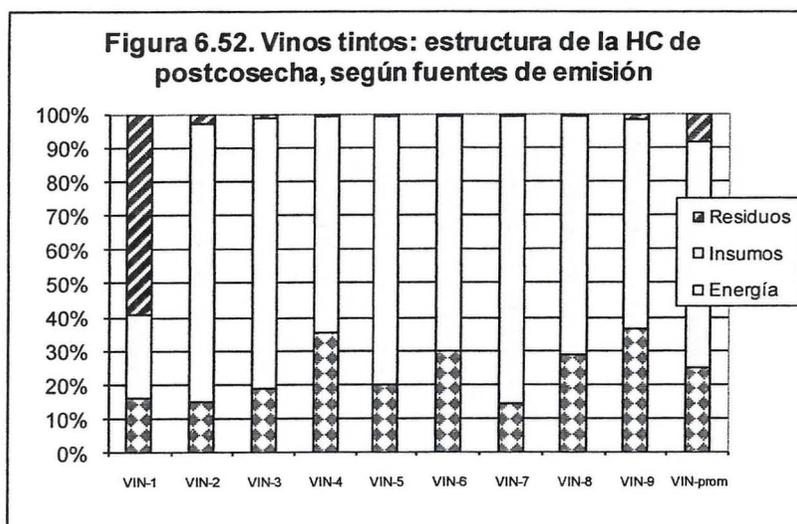


Por su parte, la **Figura 6.51**, está señalando que los tipos de emisiones más relevantes son las directas, con un amplio rango de variación (aporte relativo a la huella de carbono nacional entre 47% y 82%), seguidas de las emisiones involucradas (aporte relativo entre 17% y 49%). Hay algunos puntos que llaman la atención en esta figura y corresponden a que:

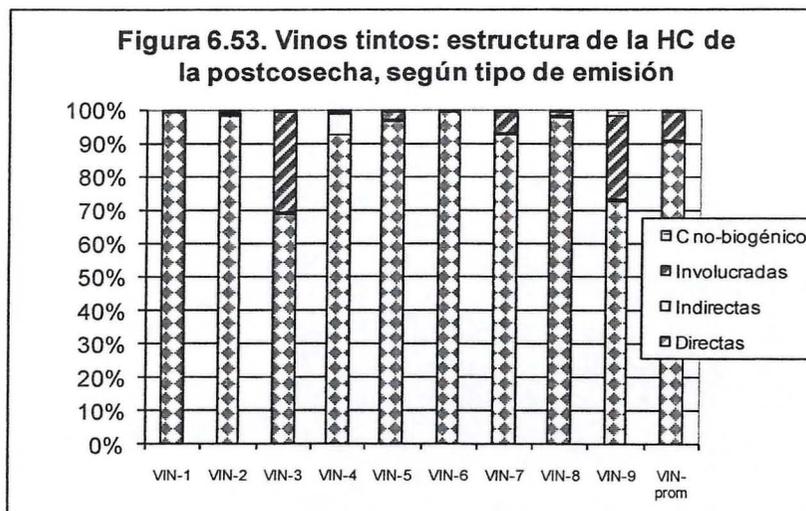
- la viña orgánica es donde las emisiones directas son las más importantes (82%), y
- para varias viñas, las emisiones indirectas -si bien minoritarias- tienen una importancia cuantificable (rango entre <1% y 20%), situación que no se dio con los otros productos de grupo.



Haciendo un análisis más detallado de las fases de vinificación y embotellado, puede verse en la **Figura 6.52**, que, para las viñas convencionales, los insumos representan la principal fuente de emisión; esta situación cambia drásticamente para la viña orgánica, para la que la principal fuente corresponde a los residuos.



Según la **Figura 6.53.**, las emisiones directas conforman la casi totalidad de las emisiones de gases invernadero en postcosecha, con aportes que parten en el 93% del total de las emisiones generadas. Este hecho incluye también a la viña orgánica; solo fue posible detectar un par de excepciones -Vin-3 y Vin-9- donde las emisiones involucradas pasan a hacer un aporte relevante, entre 25 y 30%, y la Vin-4 para la que las emisiones indirectas son importantes (6%).



Lo mismo que para los otros productos de este grupo, una estrategia de mitigación costo/efectiva debe empezar focalizándose en las fases de post-cosecha, esto es, bodegas de vinificación y plantas de embotellado, lo que no significa desatender la fase de producción de campo y las del transporte nacional.

Dentro de las fases de post-cosecha y a diferencia de los otros productos de este grupo, para los que la estrategia mitigadora de la huella de carbono debiera focalizarse en las emisiones involucradas de los insumos, para el caso de los vino debiera centrarse en las emisiones directas de los insumos empleados y, en segundo lugar, de las fuentes de energía. Esto significa que, para este producto, la mitigación pasa necesariamente por modificar los hábitos de operar las

bodegas y plantas de embotellado, a través de códigos de buenas prácticas laborales y programas de ahorro energético.

En el caso de las unidades asociadas al vino orgánico, debe ponerse prioritariamente a las emisiones directas de los residuos, lo que se traduciría en la necesidad de cambiar la forma de disponer estas masas residuales.

Como ya se ha dicho, cualquiera estrategia de mitigación que pretenda ser implementada debe incluir además protocolos tendientes a:

- elección adecuada de insumos y combustibles, para lo cual se debe exigir información acerca de sus huellas de carbono,
- códigos de buenas prácticas agrícolas, y
- códigos ó protocolos de gestión del ciclo de vida de los productos, que tiendan a armonizar mejor el tránsito del producto a través de las distintas fases de procesamiento.

## **C.6. Conclusiones**

El factor común para los productos vegetales agrupados aquí (ciruelas, manzanas, uva, berries y vinos tintos), es el hecho que los tratamientos de post-cosecha son las fases del ciclo de vida con mayores niveles absolutos y relativos de emisión de gases invernadero. Consecuentemente, la estrategia de abatimiento de la huella de carbono debe focalizarse en ellas, recibiendo las otras fases (producción y transportes) una atención secundaria.

El análisis indicó que las emisiones provienen mayormente de los insumos, repartiéndose entre directas e involucradas: para ciruelas, berries y vinos, las directas son las más importantes, mientras que para uvas y manzanas, lo son las involucradas. Esto significa que la estrategia de abatimiento, si bien debe centrarse en las unidades de post-cosecha, debe orientarse tanto a abatir las emisiones directas (mediante modificaciones en la operación de las unidades, imposición de códigos de buenas prácticas laborales) como las involucradas (a través de la adquisición de insumos con menor huella de carbono, a igual nivel de calidad).

Como ya se mencionó, es conveniente que las estrategias mitigadoras contemplen, además, aspectos como:

- programa de incremento de la eficiencia energética, y
- programa de planificación mejorada, conducente a una mejor armonización del transporte de los productos a través de las fases del ciclo de vida, a una mejor definición de la ruta de los productos y a una conducción más eficiente de los productos (mejor horario, mejor mantención de camiones).

## 7. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

### 7.1. Aspectos generales

Una opción para neutralizar o minimizar la huella de carbono, es adquirir bonos de carbono de forma tal de compensar las emisiones y pudiendo comercializar el producto bajo el rótulo de “carbono neutro”; sin embargo, dentro de los conceptos manejados en este estudio, esta acción, perfectamente legítima, corresponde a una estrategia de compensación y no de mitigación propiamente tal. La diferencia radica en que “mitigación” fue entendida en este estudio como la acción de reducir emisiones de gases invernadero y/o de aumentar capturas de carbono atmosférico, en tanto que “compensación” se refiere a la compra de bonos de carbono ó a otra actividad paralela al ciclo de vida de un producto que tenga captura neta de carbono atmosférico.

Debe tenerse presente, en todo caso, que al día de hoy las metodologías disponibles para levantar la huella de carbono de bienes y servicios, no hacen referencia alguna a acciones de compensación, como estrategia válida para reducir la huella de carbono de un producto, por lo que no serán consideradas en el marco de este estudio.

Así, las opciones abiertas para reducir la huella de carbono de un producto deben apuntar a reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero que constituyen parte de su huella de carbono. En términos generales, cualquiera estrategia de mitigación tenderá a optimizar la cadena productiva y de comercialización por la vía de hacer más eficiente el uso de los suministros (combustibles e insumos), disminuyendo sus consumos, así como también preferir suministros con menor huella de carbono de forma tal que la reducir las emisiones involucradas todo lo que sea posible.

Por consiguiente, queda en evidencia que el montaje de una estrategia de mitigación permitirá mantener o mejorar la competitividad de los productos agropecuarios exportables del país. En otras palabras, el cálculo de la huella de carbono desagregada en sus partes componentes es importante por constituirse en una auditoria de la gestión de un producto, desde la perspectiva de las emisiones de gases invernadero; ello permite identificar fases críticas y definir acciones mitigatorias costo-efectivas.

Habiendo emisiones de distinto origen, la definición de una estrategia de mitigación debe partir por identificar cuales son las emisiones de gases invernadero controladas por los actores nacionales (autoridades del Estado, representantes de gobiernos regionales, productores, exportadores, transportistas, empresarios navieros, otros) y cuales quedan fuera del control de estos. Así, se entiende que la capacidad de control está asociada a las emisiones que ocurren dentro del territorio nacional, no teniendo la misma capacidad con las emisiones que ocurren fuera de este.

Por esta razón, las emisiones de gases invernadero fueron desagregadas en propias de los animales, directas, indirectas, involucradas y por carbono no-biogénico. Las emisiones directas e indirectas ocurren cuando se consume realmente una fuente de energía, ya sea para movilizar una máquina ó transportar los suministros, se aplica un insumo cuya degradación se generan gases invernadero ó se

aplica un determinado tratamiento a los residuos; la mitigación de estas emisiones va por la línea de hacer los sistemas productivos más productivos y más eficientes, ya que ello automáticamente tenderá a reducir la carga de gases emitidos por unidad funcional del producto.

Las emisiones involucradas no ocurren dentro del ciclo de vida del producto sino que, en un caso, ocurren al refinar los combustibles, manufacturar un insumo y por su traslado hasta los sitios de venta en el país; las emisiones por carbono no-biogénico corresponden a emisiones potenciales que ocurrirían si los materiales con carbono no-biogénico (básicamente, plásticos) degradan liberando dióxido de carbono fuera del ciclo de vida. A diferencia del caso anterior, estas emisiones pueden ser abatidas o reducidas, por la simple decisión de preferir suministros con baja huella de carbono y/o que no contengan carbono no-biogénico.

En consecuencia, la estrategia de mitigación de la huella de carbono debe partir por identificar las fases críticas de un producto, entendiendo por tales las fases con mayores emisiones de gases invernadero, determinar la proporción que puede ser abatida y si es posible hacerlo en forma costo-efectiva. Por ello, las posibles medidas de mitigación deberán ser evaluadas económica, social y ambientalmente para determinar su factibilidad de implementación.

Los resultados alcanzados por este estudio están indicando que la estructura de la huella de carbono, independiente de los valores absolutos, difiere según el producto y también los productores. Ello significa que una reducción eficiente de la huella de carbono no puede ser alcanzada con una estrategia de mitigación única y uniforme para todos los productos incluidos en este estudio sino que exige contar con una estrategia que internalice las diferencias entre los distintos productos. En otras palabras, eficiencia es dependiente de estrategias mitigadoras producto-específicas.

Así, desde el punto de vista de la estructura de la huella de carbono, fue posible clasificar los productos en los siguientes tres grupos:

- grupo 1: productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones propias de los animales: carnes ovinas y quesos Gauda;
- grupo 2: productos cuya huella de carbono está dominada por la fase de producción en campo: semillas de maíz y paltas; y
- grupo 3: productos cuya huella de carbono está dominada por las fases de post-cosecha (packing, frigorífico, bodegas de vinificación y plantas embotelladoras): ciruelas, manzanas, uva de mesa, berries y vinos.

Los resultados están presentados en el **Cuadro 7.1**.

**Cuadro 7.1. Aporte de las fases nacionales del ciclo de vida de los productos. Valores promedio por producto y expresados en % de la HC nacional**

Producto	Grupo	Fases (expresión en % de la HC en territorio nacional)							
		Animales	Producción	Packing	Deshidratadora	Vinificadora	Embotelladora	Faenadora	Transporte nacional
Carnes ovinas	1	85	2					13	<1
Quesos gauda	1	72	28					N/E	<1
Semillas de maíz	2		76		16				8
Palta hs, en valle	2		67	25					8
Paltas hs, en ladera	2		75	20					5
Ciruelas	3		12	83					5
Manzanas gs	3		8	88					4
Manzanas rg	3		25	67					8
Uva rg	3		7	85					8
Uva ts	3		9	84					7
Frambuesa her	3		23	70					7
Arándanos hb	3		18	74					8
Vinos tintos	3		26			30	34		10

*Celdas en amarillo, identifican fase más contribuyente a la huella de carbono del producto  
Valores indicados corresponden a promedios simples derivados de los porcentuales por productor  
encuestado y no validados por INIA*

Partiendo de la información proporcionada en el **Cuadro 7.1.** más un análisis en detalle de las circunstancias de cada producto, fue posible construir el **Cuadro 7.2.**, que tiende a sintetizar las conclusiones alcanzadas, en cuanto a la focalización específica de las estrategias de mitigación por producto y la propuesta de opciones preferentes de mitigación vinculadas a las fases críticas de cada producto.

**Cuadro 7.2. Estrategias de mitigación, por producto**

Grupo	Producto	Productividad animal		Producción		Packing		Transporte	Elementos accesorios
		Principal	Adicional	Principal	Adicional	Principal	Adicional		
1	Carnes ovinas magallánicas	<b>P 85% manejo de praderas, alimentación animal, captura de biogás</b>	Genética animal	1%		S 13% eficiencia energética		<1	Gestión pro-activa: 1. suministros con baja HC y sin C no-biogénico; 2. reducción de km recorridos por traslado de suministros; 3. transporte más eficiente (capacitación, mantenimiento, renovación, estilo de conducción, rutas/horarios de traslados); 4. sincronía en avance de producto en el ciclo; 5. disposición inocua de residuos.
	Quesos Gauda	<b>P 72% Id. celda superior</b>	Id. celda superior	S 28% BPA, eficiencia energética, gestión de compra de suministros		No evaluado		<1	
2	Semillas de maíz			<b>P 76% BPA</b>	gestión de compra de suministros; disposición inocua de residuos	S 16% eficiencia energética		T 8% gestión de flota y capacitación de chóferes	
	Palta Hass, en fondo de valle			<b>P 67% BPA, disposición inocua de residuos</b>	gestión de compra de suministros	S 25% gestión operacional, gestión de compra de suministros		T 8% Id. celda superior	
	Palta Hass, en laderas			<b>P 75% gestión de compra de insumos, disposición inocua de residuos</b>	BPA	S 20% Id. celda superior		T 5% Id. celda superior	
3	Ciruelas Angeleno			S 12% BPA, gestión de compra de suministros		<b>P 83% gestión operacional, gestión de compra de insumos</b>	gestión de compra de combustibles	T 5% Id. celda superior	

Manzanas Granny Smith			S 7% Id. celda superior	<b>P 85%</b> <b>gestión de compra de insumos</b>	eficiencia energética	T 8% Id. celda superior
Manzanas Royal Gala			S 7% Id. celda superior	<b>P 84%</b> <b>Id. celda superior</b>	Id. celda superior	T 7% Id. celda superior
Uva Red Globe			S 8% Id. celda superior	<b>P 88%</b> <b>Id. celda superior</b>	gestión operacional	S 8% Id. celda superior
Uva Thompson Seedless			S 25% Id. celda superior BPA	<b>P 67%</b> <b>Id. celda superior</b>	Id. celda superior	T 8% Id. celda superior
Frambuesa Heritage			S 18% Id. celda superior	<b>P 74%</b> <b>gestión operacional</b>	eficiencia energética	T 8% Id. celda superior
Arándanos Highbush			S 23% Id. celda superior	<b>P 70%</b> <b>Id. celda superior</b>	Id. celda superior	T 7% Id. celda superior
VINOS tinto			S 26% eficiencia energética, BPA	<b>P 64%</b> <b>Id. celda superior</b>	Id. celda superior	T 10% Id. celda superior

*P: factor principal ó de primer nivel*

*S: factor secundario o de segundo nivel*

*T: factor terciario ó de tercer nivel*

## 7.2. Posibles medidas de mitigación

A continuación, se propone una serie de iniciativas de mitigación, tanto transversales (esto es, que impactan en todo el ciclo de vida) como por fase del ciclo de vida, que contribuirán a la disminución de las emisiones de gases invernadero tanto en la actividad agropecuaria como en la industria derivada. Cabe hacer notar que cualquiera estrategia que se adopte para reducir la huella de carbono de los productos agropecuarios, deberá estar conformada por medidas que involucren tanto al sector privado como al público y a la interacción entre ambos.

Es preciso relevar que la principal estrategia de mitigación tiene que ver con hacer más eficiente y productivo los sistemas de producción y de comercialización, ya que un incremento de eficiencia y productividad se traduce en concretar el axioma de “producir más con lo mismo” o “producir lo mismo con menos”. En cualquiera de estos casos, la emisión de gases por unidad del producto decrecerá significativamente, reduciendo la huella de carbono del producto.

Los actores privados se verán obligados a tomar medidas para reducir la huella de carbono de los productos y así, mejorar su posición competitiva en los mercados de interés; en gran medida, estas decisiones se relacionarán con modificaciones de los sistemas tradicionales de trabajo, de forma de reducir las emisiones de gases invernadero por unidad de producto.

Muchas de ellas podrán ser puestas en aplicación contando simplemente con información, la que puede provenir del Estado y de los agentes del mercado: se trata de las medidas que pueden ser asumidas por el mundo privado, dentro de un esquema de mitigación espontánea y con el fin de mejorar la posición en el mercado; en general, se refieren a la incorporación de mejoras técnicas y de buenas prácticas en la gestión de los sistemas así como también sobre la decisión de adquirir los suministros en función de sus huellas de carbono. Se les identifica como “medidas privadas de mitigación”.

Sin embargo, hay otras medidas de mitigación que podrán ser puestas en práctica por el sector privado si cuenta con el apoyo financiero del Estado, al menos en sus instancias iniciales para detonar el cambio. En general, se trata de medidas que pueden no ser factibles desde el punto de vista económico por lo que se requiere el apoyo del Estado, para hacerlas aplicables. Se les identifica como “las medidas privado-públicas de mitigación”, siendo ejemplos de estas la generación de biogás de los residuos biológicos animales y el subsidio a plantas menores de generación de electricidad desde fuentes renovables.

Junto con lo anterior, pareció conveniente hacer una distinción más bien académica entre medidas de mitigación transversales y medidas de mitigación específicas. Las primeras están referidas a alternativas de mitigación que pueden afectar variadas emisiones de gases invernadero, aunque deba pasarse por un proceso de adecuación para su aplicación; en tanto las segundas están referidas a acciones que conducirán a abatir emisiones de estos gases desde un punto.

Finalmente, hay una serie de otras medidas de mitigación necesarias para que los productos exportables tengan una menor huella de carbono pero que, por su magnitud y sus alcances, escapan del ámbito privado. Se trata de medidas de desarrollo regional y/o nacional, donde el sector público es el principal actor. Se les identifica como “las medidas públicas de mitigación”, siendo buenos ejemplos el mejoramiento del pavimento en las carreteras para facilitar el transporte de los productos, mejorar el trazado de la red vial (reduciendo su longitud), cambiar la distribución de insumos y productos a la red ferroviaria, entre otros, para reducir el consumo de combustible.

### 7.2.1. Medidas de mitigación de iniciativa privada

Esta categoría considera aquellas acciones –con resultado de reducción de las emisiones de gases invernadero- que pueden ser implementadas por los actores privados que participan de la huella de carbono de los productos agropecuarios. Entre los actores involucrados, están los productores, prestadores de servicios (maquinaria, packing, industria, unidad de frío, exportador, transporte) e importadores y distribuidores de suministros. Necesariamente, estas acciones privadas van a estar relacionadas con algún tema específico de la cadena productiva y de comercialización de un producto, a diferencia de lo que puede ser la acción estatal, cuyo horizonte es más holístico.

#### A. Medidas transversales

En el ámbito privado, las opciones transversales –generalmente válidas para todo producto y gran extensión del ciclo de vida- están referidas, fundamentalmente, a medidas de gestión, que no generan costos adicionales para su implementación, ya que se refieren a toma de decisiones, como por ejemplo:

- selección de suministros, dentro de un marco general que incorpore el conocimiento de la huella de carbono de cada uno de estos, como una variable condicionante más del proceso de toma de decisiones; dado que es altamente probable que estos valores no sean conocidos de inmediato, se propone incorporar la distancia del centro de fabricación, como la variable indicadora de la huella de carbono de los suministros;
- sobre el reuso y/o reciclaje, como principios básicos para la gestión de los insumos y de los residuos generados dentro del ciclo de vida de los productos, tratamiento y valorización de los mismos dando preferencia al reuso, al compostaje y a la generación de biogás, esto último cuando se trate de residuos orgánicos biodegradables;
- sobre la organización de la ruta crítica de los productos, bajo el criterio básico de armonización entre las distintas fases abarcadas, con el fin de minimizar los tiempos ociosos entre fases y los de mantención en frío, de reducción de las distancias transitadas y del consumo de combustibles;
- sobre el montaje de un programa de reemplazo gradual de los individuos (plantas o animales) hoy día en uso por otros de mayor productividad;
- sobre una implementación y reconocimiento de estrategias productivas y reductivas que mejoren el rendimiento ambiental de las empresas, como por ejemplo, códigos de buenas prácticas laborales, acuerdos de producción limpia y programas de eficiencia energética;
- sobre la renovación del parque de tractores y maquinaria agrícola, fomentando la eficiencia energética en el uso de los mismos;
- sobre el uso de maquinaria y vehículos debidamente mantenidos, reparados y calibrados; y
- sobre programas permanentes de capacitación de conductores de máquinas móviles -como tractores- y vehículos de carga -como camionetas y camiones- de manera de contar con personal calificado que permitan disponer de unidades óptimamente mantenidas, reparadas, calibradas y conducidas, todo lo cuál es conducente a elevar el nivel de seguridad en el uso de estas unidades y reducir el consumo de combustibles emisores de gases invernadero.

#### B. Medidas específicas

La aplicabilidad de las medidas específicas de mitigación, esto es de aquellas que se orientan a mejorar el rendimiento de un ítem dentro de una fase del ciclo de vida, deberá evaluarse en función de la identificación de las fases críticas de emisión de cada uno de ellos. A modo de ejemplo, el

impacto de un programa de uso más eficiente del nitrógeno debería ser primera opción para productos cuyas principales emisiones sean las directas desde insumos empleados en la fase de producción en campo.

En la enumeración de estas medidas específicas, es más que probable que exista reiteración de las medidas transversales, como el de la mantención-reparación-calibración óptima de la maquinaria y de los motores, ya que es perfectamente aplicable a todas las fases del ciclo de vida.

### **B.1. Mitigación en la producción agrícola**

- En cuanto a la fertilización, la meta es reducir las horas-tractor asociadas y las cantidades de fertilizantes aplicadas por temporada agrícola y unidad de superficie; para ello:
  - evitar las aplicaciones excesivas de nutrientes, en base a un balance nutricional de los cultivos para cada situación agroecológica, lo que debería incluir diagnósticos de fertilidad de suelos y de demanda de cada cultivo; se trata de un tema especialmente sensible para el nitrógeno -dado que su aplicación, además del consumo energético y las emisiones involucradas por contabilizar, elementos comunes para todo fertilizante- reducir el uso de fertilizantes nitrogenadas para minimizar las emisiones de óxido nitroso, gas de efecto invernadero con un alto potencial de calentamiento global;
  - optimizar la aplicación de nutrientes, en función de las curvas de extracción de los cultivos,
  - preferir fertilizantes de entrega lenta, que tienden a ser más eficientes en el aporte de nutrientes que los de entrega rápida o inmediata;
  - preferir aquellos fertilizantes con menor huella de carbono, en el bien entendido que la evaluación de esta variable o de la distancia al centro de fabricación, en su defecto como indicador alternativo, se hace a igual nivel de eficiencia; y
  - uso de agricultura de precisión.
- En cuanto al control de plagas y enfermedades, la meta es reducir las horas de uso de la maquinaria vinculada y la cantidad de plaguicidas aplicados; para ello:
  - no depender del control químico como única opción para controlar plagas y enfermedades;
  - implementar programas de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), con el fin de reducir el número de aplicaciones de plaguicidas y racionalizar el uso de horas-tractor, basado en:
    - un acabado conocimiento de las dinámicas poblacionales de los individuos-problema y los perjuicios al cultivo, permitiendo definir el nivel de daño económico que gatilla la aplicación de plaguicidas,
    - un sistema de monitoreo de plagas y enfermedades, conducente a contar con sistemas de alerta temprana,
    - una inclusión de opciones de control no contaminantes, como es el caso del control biológico,
    - ante una oferta de varias alternativas para un mismo fin, dar preferencia a aquellos con menor huella de carbono y, a falta de información específica sobre este punto, priorizar aquellos manufacturados a una menor distancia.
- En cuanto a la gestión de residuos biodegradables, la meta es reducir las emisiones de metano y óxido nitroso; para ello:

- evitar las alternativas de disposición de residuos y desechos orgánicos que generen emisiones de metano y óxido nítrico, como por ejemplo, su quema en campo y disposición en sitios confinados (rellenos sanitarios) que no cuenten con sistemas de captura de metano;
  - implementar estrategias más sostenibles de gestión de desechos orgánicos, basada en el reuso, reciclaje y compostaje, todo lo cual repercutirá necesariamente en un menor consumo de agroquímicos, como fertilizantes y plaguicidas; y
  - como alternativa, aunque pudiera requerir algún apoyo de parte del Estado, generar biogás con los residuos biodegradables para proveer de una fuente de energía renovable y que no aporta gases invernadero al combustionarse; como valor agregado, se contaría con una masa residual que puede aplicarse a los suelos como fertilizante alternativo.
- En cuanto a la maquinaria agrícola, la meta es reducir las horas de uso por temporada agrícola para tener menos emisiones de gases invernadero; para ello:
    - dimensionar y optimizar el uso de la maquinaria en el campo, especial pero no únicamente la relacionada con el laboreo del suelo, dando preferencia a aquellos sistemas de mínima labranza o de siembra directa;
    - mantener y calibrar periódicamente la maquinaria, con el fin de mejorar la eficiencia de la aplicación de agroquímicos y reduciendo el número de laboreos; por lo tanto, reduciendo el uso de combustibles fósiles.
  - En cuanto al riego tecnificado, la meta es reducir el consumo de electricidad y de combustibles fósiles vinculados a la operación de los sistemas de elevación y distribución del agua; para ello:
    - optimizar el diseño de impulsiones en sistemas de riego tecnificado, con mejoramiento de la programación; y
    - monitorear el requerimiento hídrico de los cultivos, por medio de balances hídricos basados en la información meteorológica y sensores de humedad para el suelo y cultivo.

Respecto de este último punto, a partir de la racionalización de los tiempos y las frecuencias de riego, es posible optimizar los eventos de riego y reducir los costos de impulsión asociados. Adicionalmente, la mayor eficiencia de cualquier sistema de riego tecnificado redundará en un menor volumen de agua por unidad de producto cosechado, lo que permite sumar un impacto positivo sobre la huella del agua del producto.

## **B.2. Mitigación en post-cosecha (packing, bodega, industria, otra)**

- Considerando que la principal fuente de gases de efecto invernadero de estas unidades, es el consumo de energía (electricidad, principalmente), implementar en estas unidades programas de eficiencia energética, para lo cual se cuenta con apoyo del Estado.
- Terminar el uso de gases refrigerantes incluidos en la lista de SAOs controladas por el Protocolo de Montreal y/o que posean altos potenciales de calentamiento global; por el contrario, dar preferencia a gases refrigerantes que no cuenten con potenciales de calentamiento global o que tengan un valor bajo.
- Capacitar al personal en una gestión responsable de los gases refrigerantes, incluyendo entre otros tópicos, evitar, controlar y monitorear sus emisiones fugitivas, especialmente en los procedimientos de mantención.

- En cuanto al embalaje:
  - favorecer el reuso de materiales de embalaje;
  - reducir la proporción de materiales plásticos entre los materiales de embalaje;
  - preferir materiales reciclados y/o biodegradables como, por ejemplo, cartón corrugado y envases ecológicos;
  - desarrollar protocolos y estrategias de empaque con menor costo energético, que requieran menos control de temperatura y reducidas horas de espera antes y después del procesamiento;
  - desarrollar e implementar materiales de embalaje que tengan un menor consumo energético en su producción.
  
- En cuanto al tema del frío:
  - implementar la logística para optimizar el movimiento de la fruta en las cámaras de frío, evitando estadias excesivamente largas;
  - evitar que la fruta ingrese a las cámaras de frío con elevadas temperaturas de pulpa, con el objeto de reducir su estadia en las cámaras de frío (para lograr esto, puede ser necesario la habilitación de algún espacio, donde la fruta pueda eliminar naturalmente el calor de exceso); y
  - desarrollar e implementar cámaras de frío que tengan una mayor eficiencia energética.
  
- En cuanto a la maquinaria, preferir el uso de grúas horquilla a gas, en vez de aquellas que se energizan con petróleo.
  
- Disponer los residuos con el menor consumo energético y con la menor emisión de gases de efecto invernadero posibles; para lograr esta meta, preferir el reuso, el reciclaje, la disposición en el mismo sitio de producción, generación de biogás y/o de degradación no conducente a emisión de estos gases.
  
- Contar con unidades generadoras de energía renovable, para autoabastecimiento de la o las unidades de trabajo o de la empresa en su totalidad; esta opción podría requerir el apoyo del Estado, sobre todo en sus fases iniciales, y entraría dentro de las medidas privadas con apoyo del Estado.

### **B.3. Mitigación en el transporte que ocurre en el territorio nacional:**

- En cuando a la eficiencia de la conducción:
  - capacitar a los chóferes y mecánicos para alcanzar una óptima mantención y reparación de los camiones;
  - optimizar las rutas de los camiones a lo largo del ciclo de vida del producto;
  - utilizar vehículos eficientes en consumo de combustible, fomentando la mantención periódica de motores y equipos o el recambio de estos por otros de mejor tecnología; y
  - fomentar una conducción adecuada entre los operarios, principalmente evitando frenos y aceleraciones pronunciadas y excesos de velocidad que aumenten el consumo de combustible por unidad recorrida.
  
- Favorecer la compra de insumos locales y más cercanos a la planta, evitando largas distancias en transporte terrestre y aéreo que aporten emisiones por distancia recorrida.

- Optimizar la integración entre fases contiguas del ciclo de vida, tanto en términos de carga como de recorridos, a través de gestionar horarios de cosechas y capacidad de recepción de las plantas.

#### **B.4. Mitigación en la industria del vino:**

- En cuanto a las bodega de vinificación:
  - mantener la maquinaria en buenas condiciones, monitoreando periódicamente el rendimiento energético;
  - usar bombas y motores eficientes en el consumo de combustible;
  - considerar en el diseño de bodegas de vinificación, el aislamiento térmico y, además, un bombeo basado en la fuerza de gravedad;
  - invertir en sistemas de monitoreo electrónicos, para maximizar la precisión y mejorar la eficiencia energética; y
  - reutilizar los residuos orgánicos de las bodegas, a través de su reuso o reciclaje en el mismo predio o de la generación de biogás.
- En cuanto al embotellado:
  - reemplazar las botellas de vidrio convencionales por otras de menor peso, lo que significaría transportar mayor volumen de vino por contenedor y, además, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el proceso de fabricación de las botellas;
  - reutilizar y/ reciclar tapones (corchos) sintéticos o naturales, para lo cuál debería contarse con un proceso de lavado efectivo;
  - establecer programas de mantención periódica de todos los equipos de las plantas, para mantenerlos en un óptimo funcionamiento; y
  - reutilizar y/o reciclar las botellas y materiales de envasado y embalaje, sean de la naturaleza que sean.

#### **B.5. Mitigación en la producción de carnes ovinas**

- En cuanto a la gestión de la alimentación animal:
  - uso de forrajes y otros alimentos de mejor calidad nutricional (significando menor contenido de fibras y una mayor digestibilidad), para la optimización del funcionamiento del rúmen<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> *Ello está basado en que las emisiones entéricas de metano son producto de un proceso de fermentación donde la variable principal que condiciona la cantidad de metano producida corresponde a la cantidad de sustrato fermentado, o sea la cantidad de alimento ingerido. Por lo tanto, la producción de metano (en términos relativos por kg de MS consumida) se relaciona en forma inversa con el nivel de consumo voluntario del alimento y con la calidad del forraje. Por otra parte, el manejo de la composición de los alimentos de los rumiantes puede disminuir la producción de metano y la excreción de nitrógeno. La suplementación estratégica de ovinos, por ejemplo con maíz o soya, incrementa la digestibilidad del alimento, el consumo y por lo tanto podría disminuir las emisiones relativas de CH<sub>4</sub> por unidad de alimento ingerida, además de incrementar la productividad del animal debido a un aumento global en la ingesta de nutrientes.*

- inclusión de aditivos en la dieta ovina para disminuir la producción de metano. La inclusión de taninos en la dieta, por medio del enriquecimiento de la pradera, a través de la intersembrado de plantas forrajeras ricas en estos compuestos (como los géneros *Onobrychis* y *Lotus*);
  - suplementar la dieta animal con modificadores o aditivos (ionosforos, probióticos, otros) y con grasas by-pass y almidón extrusado;
  - mejorar la nutrición de hembras melliceras, seleccionadas a partir del diagnóstico de gestación precoz con ultrasonografía;
  - incluir una raza más prolífica sobre la Corriedale, como la Finishlandrace, ya que mejora, al un 25%, la tasa reproductiva;
  - mejorar la condición fisiológica de la hembra ovina, entregando forraje con alto contenido energético tres semanas antes de iniciado el periodo de encaste y, por lo menos, durante una semana después de introducidos los carneros<sup>1</sup>; y
  - suplementar durante los últimos 10 días de gestación permite un incremento en la producción de calostro y por lo tanto en el número de corderos destetados.
- En cuanto al manejo de las praderas:
    - mejoramiento del manejo de las praderas con el objeto de mejorar la alimentación animal, sobre la base de introducir especies perennes de buena digestibilidad, disminuyendo la generación de metano por material excesivamente lignificado. Los forrajes toscos con alto contenido de celulosa (y que se degradan más lento), como los de Magallanes, deberían producir más metano que forrajes más tiernos;
    - mejoramiento de los circuitos de rotación de los grupos de animales, evitando que se estacionen en sitios determinados (con el consiguiente sobrepastoreo y degradación de la pradera) y/o el consumo selectivo de plantas de algunas especies más palatables (también, factor de degradación de la pradera).
  - En cuanto al mejoramiento de la productividad animal:
    - incluir una raza más prolífica sobre la Corriedale, como la Finish Landrace, ya que mejora en un 25% la tasa reproductiva;
    - mejoramiento del peso y rendimiento de la canal de corderos, lo que se puede conseguir con la inclusión de razas de carne en cruce Terminal;
    - optimización de la edad de encaste de la cordera<sup>2</sup>; y
    - controlar la edad del rebaño<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Esta práctica denominada 'flushing' permite incrementar la tasa ovulatoria y la producción de corderos. Por otro lado la suplementación durante los últimos 10 días de gestación permite un incremento en la producción de calostro y por lo tanto en el número de corderos destetados

<sup>2</sup> Es factible, dependiendo de la raza, el peso y condiciones nutricionales, encastar corderas a los 8 meses de edad logrando una mayor productividad por oveja encastada y una menor proporción de animales improductivos, lo que permite diluir la huella del carbono. Esta medida parece ser una de las más promisorias

<sup>3</sup> Debe considerarse que las ovejas jóvenes producen menos metano por unidad de alimento ingerido que las categorías adultas, característica que deberá ser contrastada con la menor productividad ganadera de un animal joven

## B.6. Mitigación en la producción de leches bovinas

- En cuanto a la producción en campo:
  - mejorar las técnicas de manejo de los nutrientes, haciendo uso de balances nutricionales en la fertilización de las praderas;
  - reducción del uso de fertilizantes nitrogenados, a través de técnicas de utilización más eficiente en las praderas, adecuada incorporación de fertilizantes nitrogenados orgánicos (estiércoles y purines) complementariamente con fertilizantes nitrogenados inorgánicos, y mantenimiento y regulación de equipos de aplicación de fertilizantes;
  - usar inhibidores de la ureasa y de la nitrificación y fertilizantes de liberación lenta;
  - mejorar las asociaciones beneficiosas en las especies forrajeras, que permitan fijar nitrógeno atmosférico;
  - mejorar la producción y calidad de forrajes y alimentos en el predio (resistencia a patologías y heladas, aumento de la digestibilidad), mediante la introducción de especies forrajeras adaptadas o mejoradas, según la condición edafoclimática del predio;
  - uso de especies forrajeras de mayor digestibilidad y contenido de azúcares;
  - manejar la intensidad de pastoreo, de acuerdo a la productividad de la pradera;
  - mejorar la gestión de los residuos animales en el predio lechero, considerando aspectos relacionados con manejo, almacenamiento, tratamiento y valorización de purines y efluentes (aprovechamiento de los nutrientes en ellos contenidos en el predio lechero, así como la biometanización);
  - uso de aditivos en residuos animales para reducir la emisión de GEI; y
  - reciclar los desechos generados para aumentar la sostenibilidad del sistema lechero, dentro del marco de producción limpia (implementación de buenas prácticas ganaderas, BPG), a través del compostaje *in situ* aprovechamiento energético de los residuos agrícolas y animales (producción de biogás a partir de los desechos orgánicos generados).
- En cuanto a la productividad de los animales:
  - mejorar las prácticas de alimentación, mediante el tratamiento de alimentos fibrosos con microorganismos genéticamente modificados;
  - mejorar las dietas utilizadas en la alimentación animal logrando una buena sincronía entre proteínas y fuentes de energía;
  - uso de aditivos en el rúmen para reducir la metanogénesis; y
  - aumentar la eficiencia de manejo en términos de producción, disponibilidad, calidad para mejorar el consumo de forraje de calidad de la pradera que incrementen la cantidad de leche por materia seca consumida, junto a la incorporación de mejoramiento genético, cambios en la estructura y manejo de la crianza animal, entre otros.
- En cuanto a la industria lechera:
  - optimizar la eficiencia energética a nivel del predio lechero, realizando mantenimientos periódicos de los equipos utilizados en el predio;
  - aumentar la captación de CO<sub>2</sub> en los sumideros naturales, como los suelos (se requiere investigación de respaldo);
  - generación de biogás a partir de los residuos generados; y
  - uso de energía de fuentes renovables.

## **7.2.2. Medidas de mitigación de iniciativa pública**

Esta parte del capítulo está referida a las iniciativas que debe o puede tomar el Estado, en su rol subsidiario y que debe hacerse cargo de sus costos, tales como la promulgación de normas, el establecimiento de subsidios, la definición y financiamiento de inversiones y planes de desarrollo, que conlleven un mejoramiento y/o mantención de la competitividad de los productos de exportación de nuestro país.

Estas iniciativas estatales tienen que ver con los ámbitos normativos, de instrumentos de fomento, de inversión, del desarrollo, de la capacitación y, algo muy importante, de la difusión de información.

### **A. Ámbito normativo**

Dentro del ámbito normativo, mucho se facilitaría el levantamiento de la huella de carbono de los bienes y servicios nacionales, así como de obtención de valores menores, si se contara con una serie de normas técnicas y/o disposiciones reglamentarias, que apunte principalmente a:

- regular la rotulación obligatoria de la huella de carbono de los suministros utilizados en el ciclo de vida de los productos agropecuarios de exportación; dado el alto número de suministros, esta normativa debería aplicarse con un criterio de gradualidad, empezando por aquellos productos con mayor consumo;
- aumentar la eficiencia del transporte de productos, a través de normas orientadas a definir la antigüedad y funcionamiento de los vehículos de transporte, haciendo uso de la información proveniente de la normativa de países con mayor desarrollo;
- generar y estimular la implementación de códigos de buenas prácticas y de acuerdos de producción limpia, lo que puede ser aplicable a nivel predial, de unidades de post-cosecha y de transporte, que sean conducentes a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; aquí, el apoyo estatal no iría por lo financiero sino que por la oferta de sellos verdes que le permitirían a los productores mejorar su imagen en los mercados;
- dentro del ámbito de la planificación territorial, definir la vulnerabilidad de los sitios, en función principalmente de la capacidad del sitio para contener el nitrógeno y otros nutrientes aplicados, definiendo una serie de medidas asociadas, como por ejemplo, el uso de los insumos (insumos que son gases invernadero e insumos que degradan a gases invernadero), por unidad de tiempo, superficie y/o unidad de producto; y
- dictación de reglamento sobre disposición y reuso sostenible de residuos orgánicos, dentro del cual debería haber un capítulo específicamente referido a la generación de biogás.

### **B. Ámbito de subsidios y otros instrumentos de apoyo financiero**

Dentro del apoyo que el Estado podría proporcionar a los actores privados –y en el bien entendido que la exportación de productos agropecuarios es una actividad netamente privada- sería conveniente que el Estado asuma una posición de liderazgo, respecto de lo siguiente:

- seleccionar la matriz energética para el país, privilegiando las energías renovables o de baja huella de carbono (como los parques eólicos, por ejemplo);
- fomentar el desarrollo, emplazamiento y uso de generadores de energía de baja escala, a partir de fuentes renovables para satisfacer la demanda de energía a nivel de las distintas unidades productivas (p.e., paneles solares o centrales eólicas para abastecer un predio, packing o unidad de frío), lo que se traducirá en un efectivo reemplazo permanente de la energía de fuente fósil, lo que reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>1</sup>;
- reforzar la difusión sobre los instrumentos de fomento disponibles, como los programas de eficiencia energética, el fomento a pequeñas obras de riego y el programa de recuperación de suelos degradados, adecuándolos al tema de huella de carbono<sup>2</sup>;
- eximir o dar franquicias tributarias a quienes muestren reducciones efectivas y verificables de sus emisiones de gases de efecto invernadero, lo que podría otorgarse por unidad funcional del producto;
- fomentar la producción nacional de insumos con menor huella de carbono que los equivalentes extranjeros; una opción para ello podría ser abrir concursos especiales, en el marco de los fondos concursables, específicamente orientados a este fin;
- financiar programas de implementación de la agricultura de precisión, como la generación de información satelital y su relación con variables agronómicas, en el bien entendido que esta agricultura conduce a un uso más eficiente de los recursos y, por esta vía, a una menor emisión de gases invernadero;
- financiar la implementación de programas demostrativos de prácticas con menores tasas de emisión de gases invernadero; algunos ejemplos son:

---

<sup>1</sup> Para esto, existe la posibilidad de financiar los estudios a través de instrumento CORFO, denominado "Otorgamiento de Subsidio a Estudios de Preinversión o Asesorías Especializadas en Etapa de Preinversión de Proyectos de Energía de Pequeño Tamaño a Partir de Fuentes Renovables". Este instrumento pertenece al Programa de Promoción y Atracción de Inversiones a Regiones – TODOCHILE. Con cargo a dicho Programa, CORFO otorga a las empresas beneficiarias, un subsidio destinado al cofinanciamiento de Estudios de Preinversión o al cofinanciamiento de Asesorías Especializadas en la Etapa de Preinversión. Mediante el presente programa se podrá subsidiar la realización de: (a) Estudios de prefactibilidad; (b) Estudios de factibilidad; (c) Otros estudios necesarios para la materialización de la inversión; (d) Asesorías Especializadas necesarias para materializar el Proyecto; (e) Documento de Diseño de Proyecto (PDD) según el Protocolo de Kyoto

<sup>2</sup> En cuanto a la eficiencia energética, actualmente existe apoyo de CORFO a la contratación de consultorías para eficiencia energética, denominado "Programa de Preinversión en Eficiencia Energética". El objetivo de este programa es contribuir a un uso más eficiente de la energía en las empresas, mediante la realización de estudios y/o auditorías para cuantificar el ahorro posible en energía y determinar un plan de mejoras, ya sea con simples medidas correctivas o en algunos casos proyectos de inversión. Pueden ser beneficiarios empresas con ventas anuales netas de hasta UF1.000.000 cubriendo CORFO hasta un 70% del costo total de la consultoría, con un máximo de \$6.000.000. Programas como este deberán ser difundidos manifestando la relación entre eficiencia energética y su aporte a la disminución de la huella de carbono de una empresa

- uso de fertilizantes con entrega lenta de nitrógeno o con aditivos que reduzcan la denitrificación, lo que conlleva reducción en la emisión de óxido nitroso,
- reciclaje de residuos vegetales y/o animales, a través del montaje de biodigestores de baja escala, a nivel predial o de una localidad rural, para generar biogás.
- co-financiar programas de mejoramiento genético animal, a nivel predial; con ello, se llegaría a contar con masas ganaderas de mayor productividad y por ende de menor emisión de gases por unidad de producto;
- bonificar el desarrollo de proyectos de generación y captura de biogás, basados en residuos orgánicos derivados del ciclo de vida del producto; y
- fomentar el reemplazo de gases refrigerantes con alto potencial de calentamiento global, por otros sin impacto o con bajo impacto en el cambio climático.

### C. **Ámbito de la inversión**

Para tener la certeza que los productos nacionales tengan huellas de carbono competitivas a nivel internacional, el Estado –en cumplimiento de su rol subsidiario- debe invertir recursos en ámbitos necesarios que escapen del alcance de los actores privados. Sin pretender proporcionar una lista exhaustiva, se estima que las principales acciones que debería asumir el Estado son las siguientes:

- mejoramiento de la información base para la determinación de huella de carbono, por ejemplo a través de la incorporación de preguntas en el Censo Nacional Agropecuario y caracterización de los sistemas productivos nacionales;
- creación de un registro de suelos, que incluya la superficie por tipo, cultivo, técnicas de laboreo y aplicación de fertilizantes y riego;
- creación de un registro ganadero que incluya parámetros anuales que incidan en las emisiones de GEI (explotaciones ganaderas, número de cabezas, especies ganaderas, datos sobre praderas -hectáreas, especies, ubicación, carga animal, etc.-, estiércol generado, gestión del estiércol, tipo de alimentación del ganado);
- financiamiento de investigaciones técnico-científicas<sup>1</sup> que permitan contar con información sólida y objetiva, con desagregación por región, tipo de suelos y otras variables, sobre temas relevantes para la huella de carbono; entre otros, el Estado debería financiar investigaciones conducentes a:
  - contar con factores de emisión y balance del nitrógeno región- y/o país-específicos, que conduzcan tanto a medir valores de huella de carbono que reflejen la realidad nacional como el impacto de estrategias de mitigación; se sugiere aplicar la siguiente orden de prelación, al momento de implementar esta opción:
    - factor de emisión local para combustibles fósiles, principalmente el diesel,
    - emisión de óxido nitroso por nitrógeno aplicado al suelo (en función del tipo de suelos, condición agroclimática, tipo de cultivo, forma del fertilizantes),

<sup>1</sup> *Chile es un país con baja inversión en investigación técnico-científica, por tanto cuenta con un precario nivel de información sobre sus recursos y el funcionamiento de sus sistemas naturales y/o basados en recursos naturales.*

- emisión de metano por fermentación entérica (vacunos; ovinos; porcinos),
- emisión de metano por gestión del estiércol (id. orden de especies),
- emisión de óxido nitroso por gestión del estiércol (id. orden de especies),
- establecer la relación entre la aplicación de prácticas conservacionistas de suelos (tales como siembra directa y labranza mínima) sobre el contenido de carbono orgánico en los suelos, con desagregación por suelo y condición agroclimática;
- en el ámbito ganadero:
  - conocer el efecto de dietas alimenticias sobre las emisiones animales de gases invernadero,
  - asociar estilos de manejo de praderas con niveles de emisión de gases invernadero desde los animales,
  - determinar los niveles de emisión de metano por raza animal;
- en el ámbito de los cultivos:
  - determinar modelos de aplicación de fertilizantes nitrogenados con menores emisiones de óxido nitroso,
  - definir unidades productivas modelo, que conlleven bajas emisiones de gases invernadero;
- en otros temas varios:
  - formas eficientes y económicas de generar biogás, tanto con residuos vegetales como con los de origen animal,
  - factores de emisión y poder calorífico de los combustibles fósiles utilizados en el sector SAP, de preferencia Diesel;
- reducir el nivel de carbono de la matriz energética nacional, mediante su transformación en una de menor dependencia de recursos fósiles, basada en energía proveniente de fuentes renovables convencionales y no-convencionales<sup>1</sup>.
- mejorar la red vial, lo que puede tener dos aristas, a saber:
  - a. mejoramiento de las cintas de rodado (mejoramiento del pavimento),
  - b. mejoramiento del trazado, reduciendo así las distancias por recorrer,
 siendo ambas variables condicionantes de las emisiones de gases invernadero del transporte de los productos, especialmente en lo que respecta a su traslado hasta el puerto de embarque;
- restablecer la red ferroviaria para que el transporte de los productos –hasta puertos de embarque- se haga preferentemente por este medio, que emite cerca de un tercio de los gases emitidos por los camiones; como es evidente, se trata de una inversión no menor que solo el Estado puede asumirla pero que tendría un rédito importante sobre la huella de carbono de los productos de exportación;

---

<sup>1</sup> *Es evidente que la matriz energética nacional se ha venido carbonizando con una creciente dependencia de recursos fósiles y los proyectos termoeléctricos en proceso de aprobación y construcción van a aumentar esta dependencia, hecho que pone a los productos nacionales exportables en una condición de desventaja, respecto de la competencia*

- destinar fondos para mejorar y completar la cobertura de la red de estaciones agrometeorológicas, para dar información a los productores que les permita tomar decisiones acertadas en temas relevantes, como el control de plagas y enfermedades, el riego y la fertilización.

#### **D.      Ámbito de la capacitación**

Un ámbito de real importancia es el de la capacitación ya que con ello se puede conseguir que las personas modifiquen sus hábitos conductuales hacia estrategias productivas menos emisoras de gases de efecto invernadero. En otras, los temas que en los que el Estado puede participar y fomentar son los siguientes:

- Fomentar y subsidiar:
  - el costo de programas de capacitación en el ámbito de la mantención, reparación y calibración de la maquinaria y de los motores,
  - el costo de programas de capacitación en el ámbito de la conducción responsable de camiones, lo que puede involucrar temas como renovación, mantención y reparación de unidades, y conducción eficiente.
  - el costo de programas de capacitación en temas sensibles como el reuso y reciclaje de insumos y residuos.
- Fomentar la participación de los actores privados en programas de capacitación en temas con impacto directo sobre la HC de los productos, como por ejemplo:
  - buenas prácticas agrícolas y ganaderas,
  - producción limpia,
  - manejo conservacionista de suelos,
  - manejo fitosanitario integral,
  - eficiencia energética.

#### **E.      Ámbito de la difusión y entrega de información**

Una de las principales responsabilidades del Estado es entregar información actualizada sobre temas afines a la huella de carbono. Los principales temas que debieran ser incorporados en la estrategia estatal de difusión, serían los siguientes:

- factor de emisión de las redes eléctricas (SIC, SING y Sistema Eléctrico de Aysén), determinado a través de una metodología aceptada por certificadores de huella de carbono;
- valores de huella de carbono, en otros países;
- metodologías de cálculo de la huella de carbono;
- base de datos, con información sobre empresas asesoras y certificadoras registradas;
- base de datos con factores de emisión y huella de carbono de suministros;
- software de autoevaluación de la huella de carbono;

- opciones de mitigación, con sus eficiencias y costos de implementación y aplicación;
- información acerca de buenas prácticas agrícolas y ganaderas;
- estilos de producción limpia;
- información sobre estrategias de producción no contaminantes ni emisoras de gases invernadero, como control biológico y otras; e
- instrumentos de fomento disponibles.

## 8. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO

### 8.1. Introducción

Las buenas prácticas agrícolas para reducir la huella de carbono de un producto, se refieren a prácticas de gestión de los sistemas productivos frutícolas y ganaderos, desde la actividad primaria hasta el transporte y empaque, que tiendan a asegurar la producción con un reducido impacto en la emisión de dióxido de carbono u otros gases efecto invernadero. Estas buenas prácticas están diseñadas para ser evaluadas, en cada caso particular, en su factibilidad hasta un nivel que no perjudique el rendimiento de la actividad.

Como antecedente, es importante considerar que la implementación de las buenas prácticas agrícolas para reducir la huella de carbono, debe iniciarse con un diagnóstico, de acuerdo a protocolos estandarizados para este fin específico y que podrían cambiar dependiendo del rubro específico en evaluación.

Este manual con procedimiento y recomendaciones para reducir la huella del carbono en la producción agrícola, tanto vegetal como animal, han sido basadas y siguen la misma estructura del manual elaborado por la Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas, del Ministerio de Agricultura de Chile, editado en octubre del año 2003.

### 8.2. Buenas prácticas agrícolas en la producción de frutales

El productor debe asumir un compromiso de aplicación de las buenas prácticas agrícolas (en adelante, las BPA), haciendo sus propias evaluaciones, tomando las medidas correctivas pertinentes e involucrando a su personal y a sus contratistas en el sistema.

**A. Autoevaluación.** Se debe realizar, al menos una vez al año, una autoevaluación del grado de avance de las BPA y determinar la huella del carbono para cada cultivo, con la finalidad de identificar puntos críticos y tomar medidas correctivas. Dado que la medición de la huella de carbono depende del protocolo empleado en su determinación, es importante que el productor se asesore en criterios y metodologías a utilizar en su autoevaluación. El uso de diferentes metodologías para medir la huella de carbono de un mismo producto, puede definir huellas de carbono que difieren sustancialmente en su magnitud. Para aquellos productores que están entrando al tema, será de vital importancia que implementen ó corrijan el actual sistema de registro de información de acuerdo a los requerimientos de los protocolos aceptados para el cálculo de la huella de carbono.

**B. Compras y adquisiciones.** Se debe registrar todas las compras de insumos y combustibles (suministros) para la producción del producto, prefiriendo aquellos con una menor huella de carbono<sup>1</sup>. Es necesario que el productor registre las distancias y medios de transporte empleados para el traslado de los suministros entre distribuidor y productor. Entre los importados, deberá preferirse aquellos que provengan del país lo más cercano posible y con una baja huella de carbono.

**C. Manejo del suelo:**

- C.1. Se recomienda producir mapas de las distintas unidades en que esté subdividido el predio tomando en cuenta los tipos de suelo, con el propósito de elaborar planes de rotación, programas de cultivo y de preparación de suelo, prefiriendo la aplicación de labranza mínima ó siembra directa, de acuerdo a las características físicas y químicas particulares de cada tipo de suelo.
- C.2. Preferir técnicas de cultivo que minimicen la erosión del suelo. En la confección de camellones para la plantación, se debe tomar las medidas necesarias para evitar la erosión y la compactación del suelo, lo que conlleva evitar acciones correctivas que consumen energía.
- C.3. Las fumigaciones del suelo deben tener una justificación técnica y llevarse un registro exhaustivo de ellas; entre otras cosas, se debe registrar la fecha de la fumigación, el sector del predio tratado, el ó los productos utilizados, las cantidades aplicadas, la forma de aplicación y el personal a cargo.
- C.4. Se debe preferir el uso de opciones tecnológicas que minimicen la necesidad de usar productos fitosanitarios, como variedades resistentes a enfermedades, entre otras.

**D. Manejo de productos fitosanitarios ó plaguicidas:**

- D.1. El uso de plaguicidas tiene una importancia preponderante en las BPA pues además de su efecto benéfico al mantener la sanidad y calidad de la producción, un mal uso (excesivo, aplicación de productos indebidos) puede generar efectos no deseados en el medio ambiente y en la salud de los trabajadores y consumidores.
- D.2. Un uso racional y responsable de los plaguicidas, de acuerdo a un programa basado en el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), permite normalmente reducir el uso de agroquímicos y, consecuentemente, minimizar el gasto energético por aplicación.
- D.3. La selección del producto tiene enorme significado en la huella del carbono pues a la propia del producto agrícola, debe agregarse la de los insumos; por ello, es importante preferir, a igualdad de efectividad, aquellos plaguicidas que posean una menor huella de carbono.
- D.4. Gestión de los envases:
  - a. los envases vacíos deben ser sometidos a triple lavado e inutilizados,
  - b. mientras los envases vacíos se mantengan en el predio, deben ser almacenados en un sitio cerrado y exclusivo para este uso: puede ser alguna estantería, contenedor, estante, cajón con tapa u otro, siempre que pueda mantenerse cerrado con llave y esté debidamente identificado,
  - c. no debe haber envases vacíos que hayan contenido productos fitosanitarios, en ninguna otra parte del huerto ó predio,
  - d. aquellos envases que no fueron sometidos al triple lavado deben ser almacenados separadamente; en ningún caso, deben quemarse ó enterrarse en el predio,

---

<sup>1</sup> A falta de información específica sobre valores de huella de carbono, se sugiere usar la distancia y medio de transporte como variables indicadoras

- e. los envases vacíos (con triple lavado e inutilizados) deben ser enviados a los centros de acopio autorizados, recibiendo por ello una guía de recepción que debe ser archivada debidamente<sup>1</sup>. Por lo tanto, es necesario determinar la distancia entre predio y lugares de acopio e idealmente seleccionar aquellos que implique menores distancias de transporte.

#### **E. Manejo de los fertilizantes:**

- E.1. Debe hacerse un manejo cuidadoso de la fertilización, en el sentido de aplicar cantidades no excedidas, con el objeto de evitar la contaminación del suelo, las aguas y la atmósfera; los cuidados deben comenzar con la decisión de qué fertilizantes aplicar -y sus dosis- hasta la calibración para las aplicaciones.
- E.2. La aplicación de fertilizantes debe basarse en balances nutricionales, en los que se considere los análisis foliares, de suelo y de agua, así como también la demanda de la especie frutal, para calcular las cantidades a aplicar. Este tema es especialmente importante en el caso del nitrógeno ya que, además del consumo energético que las aplicaciones significan, es un nutriente que se emite parcialmente como óxido nitroso, gas invernadero con alto potencial de calentamiento global.
- E.3. Los equipos de aplicación deben estar en buenas condiciones y debidamente calibrados, para mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y reducir el uso energético de su aplicación.
- E.4. En caso de aplicar fertilizantes orgánicos (composts, guanos, lodos):
  - a. preferir materiales maduros, con el objeto de evitar el gasto de energía correspondiente a la aplicación de fracciones fácilmente degradables, que son de nula ó mínima utilidad,
  - b. aplicar productos que cuenten con un certificado de calidad, emitido por el proveedor del fertilizante orgánico, donde se detalle el estado (maduro, inmaduro), los contenidos de nutrientes y de materia orgánica, el contenido residual de agua, el pH y la conductividad eléctrica,
  - c. dejar registro de cada aplicación, registrando la información relevante, como fecha de inicio y término del tratamiento, sitio donde se efectuó, productos aplicados (identificación, cantidad aplicada, formas de aplicación) y personal a cargo de la aplicación.,
  - d. dado que el traslado del fertilizante orgánico representa un costo importante y es un aporte a la huella del carbono, por el gasto de combustible del transporte desde el sitio de origen al predio, se recomienda su compra en el lugar lo más próximo al predio.

#### **F. Cosecha:**

- Planificar la oportunidad de la cosecha de manera que el tiempo transcurrido entre cosecha y arribo a la planta ó packing sea el menor posible; con ello, se evita el deterioro de la fruta y el ascenso de su temperatura que harían subir los requerimientos de frío, con el consiguiente gasto energético y de gases refrigerantes.

#### **G. Manejo de post-cosecha:**

---

<sup>1</sup> Los centros de acopio rechazarán aquellos envases cuyo triple lavado haya sido mal efectuado ó no se haya efectuado y aquellos que lleven puestas las tapas

- G.1. La fruta de desecho debe ser incorporada al suelo, ojalá previo compostaje, ó bien se debe realizar algún otro manejo que evite su descomposición anaeróbica y la consecuente emisión de metano.
- G.2. Se debe realizar una labor de recolección de desechos, una vez terminada la cosecha.
- G.3. Las grúas horquillas utilizadas para la carga y descarga de bins en el huerto, packing ó frigorífico, deben ser mantenidas en buen estado e idealmente considerar la utilización de un combustible con baja intensidad en emisiones de carbono.
- G.4. Deberá registrarse el gasto de combustible de las grúas horquillas, por tonelada de fruta procesada. Igualmente, deberá llevarse registro de todas las actividades relacionadas a la cosecha.

## H. Capacitación del personal:

- H.1. Las BPA requieren que el productor prepare un calendario anual de los cursos de capacitación que efectuará durante el año e indique quienes serán capacitados y sobre qué. Se recomienda efectuar capacitación en los siguientes seis temas básicos:
  - a. seguridad e higiene: para todo el personal -permanente y temporal- del huerto ó predio,
  - b. cuadernos de campo y mantención de registros: para el personal responsable de estas labores,
  - c. calibración y manejo eficiente de equipos aplicadores de productos fitosanitarios: para el personal encargado de esta labor,
  - d. aplicación de productos fitosanitarios (manipulación, almacenamiento y dosificación): para el personal encargado de estas labores,
  - e. aplicación de fertilizantes: para el personal encargado de estas labores (a diferencia de la anterior, esta capacitación debe incluir información sobre balance de nutrientes y métodos de determinación de necesidades de nutrientes)
  - f. mantención, reparación y calibración de tractores, motobombas, grúas horquilla, otras.
- H.2. La planificación de la capacitación debe ser tal que los cursos sean efectuados antes del inicio de las respectivas faenas. Cada vez que ingrese un nuevo trabajador ó se cambie de función, se deberá capacitar en las temáticas respectivas.
- H.3. De los cursos listados en H.1., los cuatro últimos son fundamentales para registrar y minimizar la huella del carbono; es así como el “Cuaderno de Registro de Campo” es el documento base que contiene los registros sobre las actividades programadas<sup>1</sup>; por ello, la información en el cuaderno debe estar siempre referida a especie y/o variedad, desagregada por cuartel ó huerto, si fuera necesario. Sin estos registros, es imposible determinar y certificar las emisiones de carbono y con ello, elaborar las estrategias para su mitigación.
- H.4. Para mantener al día y ordenado este cuaderno, se debe designar un responsable capacitado para velar por el correcto llenado y actualización de las distintas planillas. El nombre de esta persona y su reemplazante debe estar consignado en el Cuaderno de Campo.
- H.5. A fin de demostrar frente a cualquier eventualidad la historia previa del predio, es necesario mantener archivado el cuaderno por el período que se determine por los involucrados en la comercialización de los productos ó por las normas vigentes; también, deberá implementarse un sistema de inspecciones imprevistas, de manera de tener la seguridad que el registro se lleva al día y es confiable.

---

<sup>1</sup> Estos registros tienen el propósito de lograr la trazabilidad ó seguimiento de las condiciones de producción de una determinada especie

- H.6. Para efectos de determinar la huella de carbono, el cuaderno debe registrar toda la información que las planillas de cálculo requieren; básicamente, estas son:
  - Especie en evaluación, con detalle del cultivar, superficie, año de plantación, rendimiento y productividad por cuartel ó huerto.
  - Aplicación de productos fitosanitarios:
    - nombre comercial e ingrediente activo de los productos aplicados, tal como aparecen en la etiqueta del producto; además, registrar la formulación y concentración,
    - en caso de aplicar mezclas de productos, se debe detallar todos los productos utilizados,
    - dosis utilizada (en g, cc ó kg) /100 l ó como dosis /ha y el mojamiento real (litros por ha),
    - equipos utilizados: si en el predio existen varios equipos similares, se debe identificar cada uno con una clave propia e indicar también el número ó nombre de identificación de cada unidad,
    - tractor utilizado y rendimiento en litros de combustible/ha,
    - nombre de todas las personas que participaron en la dosificación y en cada aplicación de productos ó sus mezclas. Nota: las aplicaciones deben ser efectuadas solamente por personal autorizado y que haya recibido capacitación específica en estas materias,
    - nombre de quién hizo la recomendación técnica y la calificación con que cuenta.
  - Aplicación de fertilizantes:
    - todas las aplicaciones de fertilizantes minerales y/u orgánicos deben ser registradas, incluyendo el registro de las regulaciones de los equipos de aplicación,
    - en el caso de aplicaciones de fertilizantes orgánicos:
      - registrar la información referente a fecha, especie, tipo de producto, estado de maduración, contenido de nutrientes, peso y volumen aplicados por hectárea y la forma de aplicación,
      - especificar origen del producto, distancia, traslado y gasto de combustible por tonelada,
      - consignar fuente y proceso a que fue sometido antes de su aplicación.
    - En cada aplicación, los registros deben estar firmados por el aplicador y por la persona que recomendó la aplicación.

## **I. Maquinaria del predio:**

- I.1. Toda máquina que se utilice en el predio debe ser revisada en forma periódica para asegurar su buen estado. Se debe registrar nombre y calificación de quien hizo la revisión.
- I.2. Todos los equipos del predio deben estar identificados con un número, letra ó código; en los registros, se debe establecer la identificación y estado de la maquinaria de aplicación.
- I.3. Registrar todas las actividades que impliquen uso de maquinarias ó vehículos, indicando el gasto de combustible por kilómetros, por hora y por hectárea.
- I.4. Registrar todos los movimientos de vehículos utilizados, para la compra ó traslados de suministros desde el punto de venta al predio y viceversa. Al igual que el traslado de las cosechas desde el predio al lugar de packing ó procesamiento.
- I.5. Registrar el rendimiento de cada tractor ó equipo, en las distintas actividades que implique el manejo de la especie frutal en cuestión, en litros de gasolina ó petróleo/unidad de superficie.
- I.6. En referencia a la mantención y calibración de la maquinaria:
  - Todo equipo y maquinaria debe ser mantenido y calibrado debida y regularmente, ya que su eficiencia determina directamente el gasto de combustible y energía empleado en cada operación.

- Calibrar al menos una vez cada temporada los equipos, especialmente aquellos de aplicación de plaguicidas; las calibraciones deben ser registradas considerando en especial los siguientes puntos:
  - individualizar cada equipo según su identificación,
  - registrar la fecha de calibración. La fecha de la última calibración debe corresponder a la actual temporada agrícola,
  - anotar ó registrar en algún informe adicional los cálculos efectuados para determinar los gastos por boquilla y /o la distribución del mojamiento (esquema de distribución); estos informes también deben incorporar la velocidad de aplicación, la marcha del tractor y la presión a la cual fue calibrado el equipo,
  - la calibración de los equipos debe ser efectuada por personal capacitado; el nombre de la persona y su calificación debe quedar registrados.

#### **J. Riego:**

- Cada riego debe quedar registrado en el cuaderno de campo, cumpliendo con los siguientes aspectos:
  - El riego debe estar registrado para cada cuartel ó unidad de superficie por especie y variedad frutal.
  - Debe identificarse el sistema de riego utilizado en cada ocasión.
  - Deben anotarse la fecha y duración de todos los riegos efectuados.
  - En caso de riego tecnificado debe registrarse la reposición, expresado en mm de carga de agua.
  - En el caso de fertirrigación deben registrarse, además, las preparaciones efectuadas para cada dosificación.
  - Debe indicarse el gasto energético por riego, en el caso de riego tecnificado, por unidad de superficie y especie/variedad frutal

### **8.3. Buenas prácticas agrícolas para packings de campo**

El packing de campo se define como una estructura de uso temporal, de construcción ligera, para el embalaje de fruta en procesos manuales y luego del proceso se puede utilizar para otro uso.

#### **A. Condiciones generales del packing de campo:**

- A.1. Se debe elaborar un programa ó plan de limpieza e higiene. Debe incluir el lavado y sanitización de las superficies de trabajo, herramientas y equipos. La infraestructura e instalaciones sanitarias del packing deben mantenerse limpias y sanitizadas.
- A.2. Este programa debe estar elaborado en un documento, que debe incluir:
  - a. La planificación de las tareas de higiene.
  - b. Frecuencias de lavado e higiene para cada elemento ó superficie.
  - c. Métodos y formas de efectuar las labores: quién lo ejecuta, productos, materiales, dosis, procedimiento y frecuencia, supervisión y acciones correctivas.
  - d. Planillas de registros.
  - e. Uso de combustible para el traslado de insumos, así como de los equipos de limpieza

- f. Debe asignarse el gasto energético del packing, así como del combustible empleado en la compra y traslado de insumos para limpieza del packing y de los bins, por especie y variedad frutal, de acuerdo a volúmenes procesados y tiempo de uso del packing.
- g. Los desechos se deben eliminar tantas veces como sea necesario para no sobre pasar la capacidad de los contenedores, a través del sistema de recolección de basuras que posea el predio. Esto debe quedar registrado, estimándose el número de viajes, los volúmenes eliminados, así como el combustible empleado por los camiones para la disposición en los vertederos ó sitios de tratamiento correspondientes. Debe asignarse la alícuota correspondiente a cada especie frutal del predio, de acuerdo a los volúmenes procesados en el packing.

**B. Tratamientos de postcosecha** (si en el packing no se utilizan productos fitosanitarios ó aditivos de postcosecha, ya sea fungicidas, ceras u otros, las siguientes materias de este punto no son aplicables):

- B.1. Productos utilizados:

- a. Se debe mantener un listado de productos de post cosecha que se utilicen en el packing.
- b. En él, se debe indicar el nombre del producto (nombre comercial y principio activo), en qué especie se utiliza y con qué objetivo y las dosis empleadas.
- c. Se debe registrar la cantidad de productos utilizados, así como el gasto energético de su aplicación.
- d. Se debe registrar el consumo de combustible empleado en la adquisición y transporte al predio de estos productos.

- B.2. En el caso de aplicación de anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>) en packings:

- a. Las cámaras de gasificación deben estar identificadas por un número ó letra y, en todos los registros, se debe anotar dicha identificación como referencia.
- b. En el caso de las pistolas de dosificación, se puede utilizar el número de serie de la pistola ó un número asignado por el packing. Estos números deben estar pintados ó marcados en forma indeleble tanto en las cámaras como en las pistolas.
- c. Se debe registrar la cantidad de SO<sub>2</sub> empleado por ton de producto así como el gasto de combustible en la adquisición y traslado al predio de este insumo.

**C. Transporte de producto fresco:**

- C.1. Uso de combustibles:

- a. Se debe registrar todos los viajes con producto terminados, indicando el lugar de destino, distancia desde el predio, la carga transportada, las toneladas y el rendimiento del vehículo, expresado en km/litro.
- b. De la misma manera, deberá registrarse los transportes desde el predio al packing y de éste a frigorífico.

**D. Control de vectores y plagas:**

- D.1. Deberá existir un programa del control de vectores y plagas en el recinto del packing, el que deberá incluir, al menos, los siguientes puntos en documentos disponibles para su revisión:

- a. Un listado del ó los productos y dosis usadas en el control de roedores; en el interior del packing y sectores donde se almacene el ó los productos, ya sea fresco ó embalado, se debe utilizar sólo trampas para capturar animales vivos.
- b. Debe nombrarse un responsable del programa de control de roedores e insectos, quien deberá supervisar el cumplimiento de los puntos establecidos en el programa.
- c. Cuando se utilice el servicio de terceros, la empresa que suministre el servicio debe contar con autorización vigente y su trabajo debe ser supervisado por el responsable del programa.
- d. Debe registrarse el gasto de combustible en que se incurra para la adquisición y traslado de los plaguicidas al predio. Del mismo modo, si el trabajo lo ejecuta un tercero, deberá estimarse el gasto de combustible en que incurra dicha empresa para trasladarse al predio para la ejecución del trabajo.
- e. Deberá registrarse los equipos empleados para la aplicación de los plaguicidas, así como el gasto de combustible en que se incurra para su aplicación.
- f. Deberá asignarse estos gastos de combustibles en forma proporcional a cada especie/variedad frutal que se procese en el predio.

#### **E. Registros:**

- E.1. La base del éxito de la aplicación de las normas de BPA, es una adecuada toma de datos y confección de registros. Estos son fundamentales para alcanzar la trazabilidad de las condiciones del packing en todo momento.
- E2. Cuadernos de Registros de Packing. En el packing debe existir un cuaderno de registro, que es un documento ó archivo que contiene toda la información que permita hacer una trazabilidad de los productos que entran y salen del packing, de las acciones relacionadas con la higiene y limpieza de éste y de todo el gasto energético y de combustible usados en dichas operaciones, debidamente prorrateados entre los productos frutícolas que procese el packing.

### **8.4. Buenas prácticas agrícolas en la producción animal**

#### **A. Generales.**

- **A.1. Registro.** Se deberán llevar registro actualizados de todo el manejo en el predio con la finalidad de tener la información necesaria para calcular la huella de carbono, analizar la información y definir y priorizar dónde deben ser focalizados los esfuerzos para mejorar la eficiencia del predio y con ello reducir la huella de carbono.
- **A.2. Autoevaluación.** Se debe realizar, al menos una vez al año, una autoevaluación del grado de avance de las BPA y determinar la huella del carbono. Dado que la medición de la huella de carbono depende del protocolo empleado en su determinación, es importante que el productor se asesore, en cuanto a los criterios y metodologías a utilizar en su autoevaluación. El uso de diferentes metodologías para medir la huella de carbono de un mismo producto, puede definir huellas de carbono que difieren sustancialmente en su magnitud.
- **A.3. Compras y adquisiciones.** Se debe considerar en la compra de insumos su huella de carbono, prefiriendo los que tengan los valores más bajos y que sean económicamente viables. Es necesario que el productor registre las distancias y medio de transporte empleado para el traslado de los insumos entre distribuidor y productor.

#### **B. Manejo del suelo:**

- B.1. Se recomienda producir mapas de las distintas unidades del predio, tomando en cuenta los tipos de suelo, con el propósito de elaborar planes de rotación, programas de cultivo y de preparación de suelo, prefiriendo la aplicación de labranza mínima ó siembra directa, de acuerdo a las características físicas y químicas particulares de cada tipo de suelo.
- B.2. En los sistemas extensivos de Magallanes, se debe optimizar la carga animal predial, para ello es necesario estudios de pastizales que determinen carga animal en lo posible a nivel de potreros con el fin de frenar procesos de degradación y mejorar los índices productivos.
- B.3. De acuerdo a los mapas generados, planificar la producción predial seleccionando los potreros (o sitios) a utilizar desde un punto de vista técnico, económico y ambiental.
- B.4. En general, se debe preferir técnicas de cultivo que minimicen la erosión del suelo como la regeneración de praderas con cero labranza ó labranza mínima.
- B.5. Evitar el anegamiento de suelos, para lo cual deberán mantenerse en buenas condiciones los sistemas de drenaje prediales y extra prediales.

### **C. Manejo animal y de alimentación:**

- C.1. Seleccionar el tipo de animal (e.g. genética) de acuerdo al sistema productivo y área edafoclimática, con ello se maximizará el potencial productivo y mejorará la eficiencia de producción de leche y/o carne.
- C.2. Seleccionar en el rebaño los animales más productivos.
- C.3. Reducir las mortalidades.
- C.4. Aumentar la proporción de animales en producción versus animales improductivos.
- C.5. Balancear adecuadamente la dieta del animal, considerando los requerimientos nutritivos de acuerdo al período de producción.
- C.6. En el caso de sistemas pastoriles, suplementar el consumo de pradera dependiendo de la época del año con fuentes energéticas para un mejor uso de la proteína.
- C.7. Cuando sea factible económicamente utilizar aditivos para mejorar la eficiencia de producción y reducir la metanogénesis a nivel ruminal.
- C.8. Evitar el consumo de alimentos fibrosos de baja digestibilidad.

### **D. Manejo de pradera:**

- D.1. Maximizar el uso de la pradera haciendo uso de sistemas como el pastoreo rotativo con adecuadas alturas de ingreso al inicio del pastoreo y residuos al término del pastoreo.
- D.2. Utilizar especies forrajeras de alta eficiencia para su uso en los distintos sistemas productivos considerando las condiciones edafoclimáticas.
- D.3. La inclusión de leguminosas a los pastizales naturales (especialmente, en Magallanes) favorece el ciclo del nitrógeno y potencia el rendimiento y calidad nutritiva global del forraje. Por ejemplo, el enriquecimiento del pastizal con alfalfa ha resultado ser exitoso.
- D.4. Utilizar especies forrajeras de alta digestibilidad.
- D.5. Utilizar inhibidores de la nitrificación en la pradera.
- D.6. Evitar pastorear la pradera con suelos saturados, prefiriendo para el periodo invernal suelos con buen drenaje.

### **E. Manejo de fertilizantes, enmiendas y residuos animales:**

- E.1. Planificar adecuadamente la fertilización y uso de enmiendas a utilizar en cada potrero del predio, para lo cual deberán realizarse análisis de suelo y determinar requerimientos de los cultivos y praderas de acuerdo al nivel de producción esperado. Se deberá considerar además el aporte nutricional de fecas y orina durante el pastoreo y de residuos animales (e.g. purines, estiércol y guano), reduciendo con ello la compra de fertilizantes inorgánicos.
- E.2. Realizar balance de nutrientes prediales con la finalidad de detectar posibles excesos y deficiencias en la fertilización.
- E.3. Seleccionar adecuadamente la fuente de fertilizante y enmienda a utilizar, prefiriendo aquellos con menor huella de carbono.
- E.4. En lo posible, usar fuentes de liberación lenta de nitrógeno ó con inhibidores de la nitrificación.
- E.5. Los equipos de aplicación de fertilizantes deben estar en buenas condiciones y debidamente calibrados, para mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y racionalizar el uso energético de su aplicación.
- E.6. Para el reciclaje en el predio de los residuos animales se deberán caracterizar nutricionalmente a través de análisis de laboratorio, de terreno ó uso de tablas con estándares de sus concentraciones.
- E.7. Evitar el uso de purines con alto contenido de humedad, ya que implica un mayor uso de energía y costos por su manejo.
- E.8. Aplicar fertilizantes, enmiendas y residuos animales en épocas adecuadas cuando existe el mayor crecimiento vegetal y por ende los mayores requerimientos de nutrientes, evitando con ellos las pérdidas hacia el ambiente.

#### **F. Manejo de productos plaguicidas:**

- F.1. Planificar el uso de plaguicidas, haciendo su uso sólo si fuera necesario de acuerdo por ejemplo con muestreo de plagas, evitando aplicaciones preventivas.
- F.2. Usar racionalmente los plaguicidas, de acuerdo a un programa basado en el concepto de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE).
- F.3. Seleccionar el producto considerando aquellos que tengan asociados la menor huella de carbono.
- F.4. Los envases vacíos deben someterse a triple lavado, inutilizarse y reciclarse, evitando quemarse ó enterrarse en el predio.

#### **G. Capacitación del personal:**

- G.1. Las BPA requieren que cada productor prepare un calendario anual de los cursos que tiene planificado efectuar e indicar qué personas serán capacitadas y sobre qué. Se sugiere:
  - a. seguridad e higiene: para todo el personal, permanente y temporal, del predio,
  - b. cuadernos de campo y mantención de registros: para el personal responsable de estas labores,
  - c. calibración de equipos de aplicación de productos fitosanitarios: para el personal encargado de esta labor,
  - d. Aplicación de productos fitosanitarios (manipulación, almacenamiento y dosificación): para el personal encargado de estas labores,
  - e. Mantención de equipos y maquinaria.

## **H Maquinaria del predio:**

- H1. Toda maquinaria que se utilice en aplicaciones y laboreo del suelo, de cualquier tipo, debe ser revisada en forma periódica para asegurar el buen estado de sus piezas y mecanismos. Se debe registrar nombre y calificación de quien hizo la revisión.
- H.2. Todos los equipos del predio deben ser identificados mediante un número, letra ó código; en los registros, se debe establecer la identificación y estado de la maquinaria de aplicación.
- H.3. Se debe registrar todas las actividades que impliquen uso de maquinarias ó vehículos, indicando el gasto de combustible por kilómetros, por hora y por hectárea.
- H.4. Del mismo modo, se debe registrar todos los movimientos de vehículos utilizados para la compra ó traslados de suministros desde el punto de venta al predio y viceversa. Al igual que el traslado de las cosechas desde el predio al lugar de procesamiento.
- H.5. Se debe registrar el rendimiento de cada tractor ó equipo, en las distintas actividades, en litros de gasolina ó petróleo/unidad de superficie.

## **I. Riego:**

- I.1. Utilizar las mejores técnicas de riego disponible y que tengan la huella de carbono más baja.
- I.2. Considerar requerimientos de riego basado en requerimientos de la pradera y/o cultivo y condiciones edafoclimáticas.

## **J. Transporte del producto:**

- J.1. Coordinar adecuadamente el transporte del producto desde el predio al lugar de procesamiento, planifican las rutas disponibles y maximizando la carga utilizada versus su potencial.
- J.2. Utilizar transportes que maximicen la eficiencia, Kg de producto transportado por consumo de combustible.
- J.3. Se debe registrar todos los viajes con producto terminados, indicando el lugar de destino, distancia desde el predio, la carga transportada, las toneladas y el rendimiento del vehículo, expresado en km/litro.
- J.4. Se deben evitar los daños y lesiones en los animales en el proceso de transporte, a través de un correcto manejo, y de una buena infraestructura del medio de transporte. Las mermas pueden afectar el rendimiento carnicero de los animales (pensando en la industria exportadora ovina por ejemplo) y en consecuencia se afecta negativamente la eficiencia en la producción de carne.

## **K. Control de vectores y plagas:**

- K.1. Deberá existir un programa del control de vectores y plagas en el predio que considere:
  - listado del ó los productos y dosis usadas,
  - mapa de ubicación de cebos,
  - sectores donde se almacene el ó los productos, ya sea fresco ó embalado, se debe utilizar sólo trampas para capturar animales vivos,
  - nombrar un responsable del programa de control de roedores e insectos, quien deberá supervisar el cumplimiento de los puntos establecidos en el programa,
  - cuando se utilice el servicio de terceros, la empresa suministradora del servicio debe contar con autorización vigente y su trabajo debe ser supervisado por el responsable del programa,

- debe registrarse el gasto de combustible en que se incurra para la adquisición y traslado de los plaguicidas al predio. Del mismo modo, si el trabajo lo ejecuta un tercero, deberá estimarse el gasto de combustible en que incurra dicha empresa para trasladarse al predio para la ejecución del trabajo,
- deberá registrarse los equipos empleados para la aplicación de los plaguicidas, así como el gasto de combustible en que se incurra para su aplicación,
- deberá asignarse estos gastos de combustibles en forma proporcional a cada sistema productivo que se desarrolle en el predio.

## 9. CONCLUSIONES

La ejecución del Estudio FIA Est-2009-270 “Huella de Carbono en Productos Agropecuarios de Exportación de Chile”, permitió llegar a las consideraciones finales o conclusiones, que se detallan a continuación.

### 9.1. En cuanto a lo metodológico

- Se tomó la decisión de aplicar la metodología generada por el BSI, en su norma PAS-2050:2008; ello por cuanto:
  - es un método de cálculo generado por una instancia gubernamental,
  - es el único método disponible que está orientado al cálculo de la huella de carbono de bienes y servicios,
  - fue la metodología sobre la cuál se basó The Carbon Trust, para elaborar el procedimiento metodológico a ser aplicado por la cadena de supermercados TESCO,
  - también fue la metodología que utilizó como Nueva Zelanda para desarrollar una serie de estudios comparativos de sus productos con los similares británicos y europeos, y
  - fue también utilizada en el país para un estudio que comprendió dos cultivares de manzana.
- Debe dejarse en claro que la única posibilidad de que dos estudios distintos alcancen resultados comparables, en cuanto a la huella de carbono de un producto proveniente de un agricultor determinado, es que en ambos estudios apliquen **exactamente la misma metodología**, lo que significa ciclos de vida, límites de cuantificación y factores de emisión iguales.
- No es lícito efectuar generalizaciones amplias como pretender contar con un valor único de huella de carbono para un producto nacional (duraznos o peras, por ejemplo).
- El estudio dejó en evidencia que el valor no solo es específico para cada productor, puesto que la huella de carbono depende de las circunstancias del sitio de producción y del procesamiento de post-cosecha y de las distancias y circunstancias del transporte hasta el sitio de entrega, sino que también del año en que se haga la determinación.
- Los factores de emisión por incluir en el cálculo representan un tema de extrema importancia ya que pueden conducir a sobre- o sub-estimar la huella de carbono de un producto; por ello, es conveniente contar, además de un procedimiento metodológico único, con una base de datos de factores de emisión de manera uniformar los valores empleados ó, al menos, aplicar los mismos criterios básicos de selección de valores.
- En un estudio como el que se informa, donde los resultados emergieron de no más de 10 encuestas aplicadas por cada producto incluido, es absolutamente imposible pretender contar con resultados representativos de la huella de carbono de los productos aunque sí permitieron validar los algoritmos de cálculo elaborados.

## 9.2. En cuanto a los resultados

- Algunos de los encuestados no contaban ó no hicieron uso de registros de datos para entregar los datos requeridos por la encuesta aplicada, de forma que los datos con los que se trabajó para calcular la huella de carbono podrían ser inexactos e imprecisos; ello indica la necesidad de cautela al analizar los valores calculados y de no otorgarles validez absoluta.
- Los resultados de las encuestas aplicadas a distintos productores asociados a un mismo producto no son uniformes sino que, por el contrario, son variables; ello está indicando que las circunstancias que rodean a cada productor (de producción, de procesamiento de postcosecha, de comercialización) son distintas y conducen a resultados diferentes.
- La contribución del transporte en la huella de carbono es menor y, por los resultados alcanzados, no es posible sostener la tesis que un producto tenga necesariamente una alta huella de carbono solo por el hecho de haber requerido un transporte de larga distancia.
- Si el transporte entre países es marítimo, el aporte relativo es generalmente inferior al 10% de la huella de carbono del producto valor total; en algunos casos, esta contribución es menor a la que puede hacer el transporte dentro del país, que fue considerado como por carreteras.
- La aseveración anterior deja de ser válida si el producto es enviado al exterior por vía aérea: en este caso, la huella de carbono se ve substancialmente incrementada pasando a ser la fase más contribuyente de la huella de carbono; es evidente que conviene evaluar en detalle la factibilidad de evitar los envíos por esta vía.
- En términos absolutos, los valores de huella de carbono más altos quedaron asociados a los productos de origen animal, lo que es un claro reflejo del mayor consumo de energía que se requiere para sintetizar biomasa animal, respecto de la biomasa vegetal.
- En el extremo inferior, las paltas provenientes de huertos en laderas y cerros presentaron los menores valores absolutos de huella de carbono, incluso en algunos casos con un balance favorable a la captura de carbono atmosférico; ello es consecuencia del cambio de uso de los suelos (contabilizable por haber ocurrido después del 01 de Enero de 1990).
- Bajo las circunstancias ambientales de los terrenos sobre cota de riego al interior de la Región de Valparaíso, quedó en evidencia que el reemplazo de vegetación que significó el cambio de uso fue largamente favorable a la captura de carbono.
- Sin embargo, este aspecto favorable a una menor huella de carbono debe tomarse con cautela ya que no solo el balance de carbono puede ser tomado en cuenta sino que también los posibles valores ambientales perdidos en el cambio; por ello, es importante que los productores deben ser capaces de demostrar que no sólo no se afectó un patrimonio ambiental valioso sino que además el espacio habilitado ganó en lo ambiental y en lo social, además de lo económico.
- En general, asumiendo variaciones entre los encuestados, se puede concluir que tanto el valor alcanzado por la huella de carbono como su estructura fue productor-específica aunque hubo similitudes entre productores de un mismo producto.
- Estas similitudes permitieron clasificar los productos en los siguientes grupos:

- grupo 1: productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones de gases invernadero de los animales: carnes ovinas magallánicas y quesos Gauda,
  - grupo 2: productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones de gases invernadero de la fase de producción: semillas de maíz y paltas (en ambas posiciones fisiográficas estudiadas), y
  - grupo 3: productos cuya huella de carbono está dominada por las emisiones de gases invernadero de las fases de post-cosecha: ciruelas, manzanas, uva de mesa, berries y vinos tintos.
- En cuanto a los productos del grupo 1, la mayor contribución a la huella de carbono de estos productos provino de las emisiones directas de los insumos y fuentes de energía, con aporte también importante aunque menor de las emisiones involucradas.
  - En cuanto a los productos del grupo 2, la mayor contribución a la huella de carbono provino de las emisiones directas desde todas las fuentes contempladas, esto es insumos, fuentes de energía y residuos; el aporte de las emisiones involucradas de los insumos y fuentes de energía es menor aunque aún importante.
  - En cuanto a los productos del grupo 3, teniendo en común el dominio de las emisiones de las unidades de postcosecha, hay ciertas diferencias entre los productos, a saber:
    - para las ciruelas, la principal contribución provino de las emisiones directas e involucradas generadas por los insumos usados en packing,
    - para la uva y las manzanas, la principal contribución provino de las emisiones involucradas de los insumos usados en packing, y
    - para los berries y vinos, la principal contribución provino de las emisiones directas de los insumos y fuentes de energía usados en packing,

### **9.3. En cuanto a la mitigación**

- Las diferencias, tanto en valores absolutos como en estructura de la huella de carbono, señalan la imposibilidad de que generar una estrategia de mitigación que sea estándar y aplicable por igual a todos los productos agropecuarios; por el contrario, la estrategia de mitigación debe ser producto-específica.
- Sin embargo, puede plantearse que, cualquiera sea el producto en consideración y su ubicación dentro del territorio nacional, la estrategia mitigadora debe ser iniciada con acciones conducentes a conseguir aumentos de productividad ya que es la variable que más condiciona el valor final de la huella de carbono.
- De la misma manera, la estrategia mitigadora debe siempre incluir aquellos temas cuya inclusión no implica costos adicionales: se trata principalmente de temas de gestión, como sobre la compra de suministros según sus valores de huella de carbono, sobre el transporte (gestión de flota en cuanto a rutas críticas, estilos de conducción, tipos y mantención de camiones) y armonización de avance del producto por su ciclo de vida (reducción del tiempo en fases de postcosecha y tratamiento de frío), entre otros.
- En el caso de los productos de origen animal, las reducciones costo/efectivas deberían estar orientadas a conseguir aumentos de la productividad animal, o sea que cada unidad de producto

quede asociada a una menor carga de gases invernadero emitida; esta estrategia podría iniciarse con el manejo de las praderas, para seguir con la gestión de la alimentación animal, para terminar con la inclusión de la genética animal, esta última la opción de mas alto costo.

- En cuanto a los productos del grupo 2, la estrategia de mitigación debería centrarse en la formulación de programas de eficiencias energética y de códigos de buenas prácticas agrícolas, cuyas metas sean lograr un uso más eficiente de los recursos energético y de los agroquímicos, en general, así como también una disposición de residuos que minimice la emisión de gases invernadero.
- En cuanto a los productos del grupo 3, la estrategia de mitigación debería centrarse en la formulación de códigos de buenas laborales en unidades de postcosecha, con el fin de reducir las emisiones directas por uso de los insumos, prioritariamente, y de la energía, en segundo lugar, además de incorporar la huella de carbono de los suministros de estas unidades, para reducir las emisiones involucradas.

#### 9.4. En cuanto a la participación

- El mayor peso de la reducción de la huella de carbono recae en los actores vinculados al sector privado (productores agrícolas, exportadores y transportistas), empezando por mejorar la planificación y programación de sus sistemas, de manera que los cambios conduzcan a:
  - reducir las emisiones involucradas, o sea adquiridas junto con los combustibles y los insumos,
  - reducir las distancias recorridas,
  - reducir la emisión de gases invernadero por kilómetro transportado (mantención eficiente de camiones y conducción adecuada),
  - reducir los tiempos de refrigeración, armonizando mejor el avance por el ciclo de vida.
- En una segunda fase, los privados deberían abocarse a mejorar la gestión de los sistemas productivos y de post-cosecha, mediante:
  - formulación e implementación de códigos de buenas prácticas agrícolas y laborales (en packings, industrias, bodegas, otras),
  - implementación de programas de eficiencia energética, conducente tanto a una menor dependencia de energía fósil como a una mayor productividad de esta, y
  - diseño e implementación de sistemas de disposición inocua<sup>1</sup> de los residuos generados, tanto de los biodegradables como de los sintéticos.
- En algunos ámbitos de esta segunda fase, como por ejemplo, el diseño e implementación de biodigestores o de unidades generadoras de electricidad limpia, los actores privados podrían requerir el apoyo del Estado, para lo cual se propone que este adecue los instrumentos de apoyo financiero hoy día disponibles al tema de la mitigación de la huella de carbono.
- El Estado debería asumir un rol pro-activo tanto en una entrega permanente de información actualizada como en temas normativos y en el ámbito de la inversión, de forma que los actores nacionales estén en condiciones de calcular sus huellas de carbono y el impacto de las opciones de mitigación que ellos puedan diseñar.

---

<sup>1</sup> Entendida como la no emisión de gases de efecto invernadero

- La entrega de información puede ser muy variada pero, en lo primordial, debe cubrir temas de metodología (procedimientos y factores de emisión), de los principales mercados e información varia referida a instrumentos de fomento, códigos de buenas prácticas, acuerdos de producción limpia y muchas otras.
- En lo normativo, el tema central sería que el Estado exija y regule la rotulación de los suministros (combustibles, insumos) con sus valores de huella de carbono, regulando tanto los aspectos metodológicos de cómo levantar la huella de carbono como operacionales, en cuanto a qué información y como debe ser incorporada al rótulo.
- En el ámbito de la inversión, el aporte del estado sería relevante en los siguientes temas que escapan completamente del ámbito de acción privado:
  - descarbonizar la matriz energética nacional, de manera que el necesario consumo de electricidad no sea castigado adicionalmente con un factor de emisión más alto que en varios de los países competidores,
  - mejorar la red vial de manera que el transporte de los productos sea más eficiente,
  - recrear el transporte ferroviario hasta puertos, en el bien entendido que este medio de transporte es varias veces más eficiente que el de carreteras, y
  - generar conocimiento técnico-científico de base, conducente a definir factores de emisión país-específicos, los que permitirían medir huellas de carbono nacionales realistas y dimensionar el impacto de estrategias de mitigación basadas en cambios tecnológicos o de gestión de los sistemas.

# **ANEXOS**

# ANEXO I

## Análisis Comparativo entre alcance y factores de emisión de los estudios FDF y FIA

**Informe técnico emitido por  
Rodrigo Valenzuela y Juan Pablo Astaburuaga  
DEUMAN Ltda.**

El presente documento efectúa un análisis comparativo entre el estudio desarrollado por FDF, mandatado por ASOEX A.G. y Prochile (en adelante, estudio FDF), y el estudio FIA, co-ejecutado por INIA y DEUMAN Ltda. (en adelante, estudio FIA), en cuanto a las variables consideradas y los criterios metodológicos.

Es importante mencionar que el objetivo del estudio FDF fue desarrollar un estudio espejo de los ejecutados en Nueva Zelandia, (Benchmarking) referente a la huella de carbono de algunos de sus productos exportados al Reino Unido, utilizando la misma metodología de esos estudios, y que se encuentran en la publicación "Food Miles – Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand's Agriculture Industry" (2006), desarrollado por la Universidad de Lincoln.

Por su parte, el estudio FIA buscaba desarrollar una metodología para nuestro país para los distintos productos agropecuarios definidos, utilizando los lineamientos definidos por la PAS 2050:2008. Por lo anterior, se debe tener en cuenta fuertemente que los objetivos de ambos estudios, son diferentes.

### **1. Variables consideradas**

El estudio FDF consideró la huella de carbono de la producción de manzanas, incluyendo las mismas variables consideradas por el estudio neozelandés arriba mencionado, utilizando la Norma PAS 2050, en su versión original. Por su parte, el estudio FIA se rigió por la PAS-2050:2008, la que difiere en alguna medida de la versión original y que, por tanto, conduce a resultados diferentes.

Las variables consideradas en cada estudio son las siguientes:

a. Fuentes de emisión en Fase de Producción de Campo

Variable	Fuentes de emisión estudio FIA	Fuentes de emisión estudio FDF
Quema de combustibles fósiles en equipos móviles y fijos	Si (considera la quema de todos los combustibles fósiles utilizados)	Sí (Considerado la energía involucrada y quema de diesel)
Consumo eléctrico	Si	Si
Aplicación de fertilizantes nitrogenados	Si	No considera las emisiones de N <sub>2</sub> O por fertilización (considera la energía involucrada en su manufactura)
Aplicación de Urea	Si	No
Producción y transporte de combustibles fósiles	Si	Si
Manufactura de fertilizantes	Si	Si
Manufactura de Urea	Si	No
Manufactura plaguicidas	Si	Si
Manufactura Plásticos	Si	Si
Residuos orgánicos incorporados al suelo	Si	No
Residuos orgánicos sobre el suelo	Si	No
Descomposición de residuos en relleno	Si	No
Traslado de combustible, insumos y residuos a predio	Si	No
Traslado de fertilizante a predio	Si	No
Traslado de plaguicidas desde lugar de compra	Si	No
Traslado de residuos	Si	No
Traslado de fertilizante internacionales	Si	Sí
Traslado internacional de plaguicidas	Si	Sí
C contenido en Plásticos	Si	Sí
Traslado del producto a Packing	Si	Sí
<b>Bienes de capital:</b>		
Bodega General	No	Si
Bodega pesticidas	No	Si
Caseta RIEGO	No	Si
MAQUINARIA (kg /ha)	No	Si
Tractor 50 HP	No	Si
Pulverizador	No	Si
Rastra	No	Si
Cortadora rotativa	No	Si
Carro cosechero	No	Si
Tractoelevador	No	Si
Carro arrastre	No	Si
Vehículos livianos	No	Si
Riego (kg/ha)	No	Si
Tubería Matriz PVC 65 mm	Si	Si
Tubeía Submatriz PVC de 55 mm	Si	Si

## b. Fuentes de emisión en Fase de Packing

El estudio FDF, al igual que el de Nueva Zelanda, no incluyó el packing. Para el estudio FIA, se consideró esta fase, con las siguientes fuentes de emisión:

Fuentes de emisión estudio FIA
Quema de combustibles fósiles en equipos móviles y fijos
Consumo eléctrico
Recarga de gases refrigerantes
Producción y traslado de combustibles fósiles
Manufactura de pallets
Manufactura de papeles y cartones
Descomposición de residuos en relleno
Combustible por traslado de combustible, insumos y residuos
Traslado de insumos internacionales
C contenido en plásticos (PVC, otros)
C contenido en papeles y cartones

## c. Fuentes de emisión transporte de producto terminado

	Fuentes de emisión estudio FIA	Fuentes de emisión estudio FDF
Transporte de campo a packing	Si	Si
Transporte de packing a puerto	Si	Si
Transporte de puerto a puerto	Si	Si

Como se puede ver, el estudio FIA involucra mayores fuentes de emisión pero no considera la manufactura de los bienes de capital (exclusión explicitada por la PAS-2050:2008), que, en cambio, sí es considerada por el Estudio de la Universidad de Lincoln de Nueva Zelanda y, consecuentemente, en el estudio FDF.

Por otra parte, el estudio FDF descartó las emisiones directas por aplicación de fertilizantes (las cuales tampoco son consideradas en el estudio de la Universidad de Lincoln) ni las fugas de gases refrigerantes.

## 2. Variables comunes

Ambos estudios coinciden en las siguientes fuentes de emisión:

1. quema de diesel en equipos móviles y fijos,
2. consumo eléctrico,
3. elaboración de diesel,

4. manufactura de agroquímicos
5. transporte del producto cosechado desde campo a packing,
6. uso de plástico (riego)
7. transporte de packing a puerto, y
8. transporte del producto embalado desde puerto de origen a puerto de destino.

### 3. Factores de emisión

#### a. Quema de diesel

Dentro de la quema de combustible se producen diferencias en las metodologías de cálculo. Esto es debido a que el estudio FDF considera que dentro del 43,6 MJ por litro está contenido el valor de quema de combustible, procesamiento, refinación y transporte (siguiendo la metodología de Wells, 2001). Dicho alcance se puede observar en la siguiente tabla<sup>1</sup>:

	FDf Diesel (MJ/l)
<b>Contenido energético</b>	35,4
<b>Producción</b>	1,9
<b>Transporte en barco</b>	4,3
<b>Refinamiento y distribución</b>	2
<b>Total</b>	43,6

Según la tabla anterior, el estudio FDF define que la quema de diesel libera 35,4 MJ/l. Luego de esto, considera que se emiten 0,0741 kg CO<sub>2</sub>/MJ.

Dentro del estudio FIA, se considera un valor de 35,4 MJ/l al igual que el estudio FDF, siguiendo los lineamientos de IPCC (2006)<sup>2</sup>. Es importante aclarar que el estudio FIA, además de considerar las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir las 0,0741 kg CO<sub>2</sub>/MJ, incorpora las emisiones por N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, que asumen un valor de 0,0000039 kg N<sub>2</sub>O y 0,0000039 kg CH<sub>4</sub>, ambos por MJ.

#### b. Consumo eléctrico

Para el consumo eléctrico, el estudio FIA define un valor de 0,45 kg de CO<sub>2</sub>/kWh, diferenciándose del factor utilizado por FDF, correspondiente a 0,548 kg de CO<sub>2</sub>/kWh. Para identificar las razones de la diferencia de ambos factores, se ha enviado una solicitud a los consultores que desarrollaron el estudio FDF, para aclarar lo que está detrás del cálculo; en principio, se estima que fue considerado el FEd aplicable a los proyectos MDL incluyendo todos sus parámetros.

<sup>1</sup> Fuente: *Food Miles – Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand’s Agriculture Industry* (2006)

<sup>2</sup> IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Editores Simon Eggleston, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara y Kiyoto Tanabe. Publicado por el Institute for Global Environmental Strategies (IGES) para el IPCC. ISBN 4-88788-032-4. Disponible en [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.htm#4](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm#4).

### c. Elaboración combustible

Antes de desarrollar este punto, debemos entender el alcance utilizado por ambos estudios para definir Elaboración de combustible. Por parte del estudio FDF, se considera el procesamiento, refinación y transporte. El traslado del combustible se determina desde 15.000 Km (medio oriente-a Nueva Zelandia, debido al estudio de referencia).

Como se explicó en el punto 3.a la producción, refinamiento y el transporte se considera dentro del factor de 43,6 MJ/l. Si omitimos el valor por la quema de este combustible tenemos un valor energético de 8,2 MJ/l. Luego, al obtener el valor energético se asume que por cada MJ se emitirá 0,0741 Kg de CO<sub>2</sub>. Esto considera que toda la energía utilizada para producir, refinar y transportar el combustible proviene del diesel, ya que este factor corresponde a las emisiones por la combustión del mismo.

Por parte del estudio FIA, se consideró un poder calorífico de 35,4 MJ por litro de petróleo Diesel. La diferencia con el estudio FDF fue que se estableció un factor de emisión para la refinación del combustible, correspondiente a 0,0045 kg de CO<sub>2</sub> por MJ (IPCC, 2006). Luego, consideró el transporte desde refinación a puerto, entre puertos y desde puerto a lugar de compra, bajo los siguientes supuestos:

1. 25 km de distancia entre refinación y puerto,
2. 10.247 km de distancia entre puerto de embarque y puerto de desembarque, y
3. 100 km de distancia entre el puerto de desembarque y el lugar de compra.

### d. Manufactura de fertilizantes

El estudio FDF define las emisiones producto de la manufactura del fertilizante, según sus componentes (léase, nutrientes). Eso lo derivan del gasto energético, producto de la elaboración de cada componente o nutriente, luego según dicho gasto energético establecen las emisiones por unidad de energía. Los factores son los siguientes:

Componente (nutriente)	Energía (MJ/kg)	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /MJ)
N	65	0,05
P	15	0,06
K	10	0,06
S	5	0,06
Cal	0,6	0,72

Fuente: Wells (2001) <sup>1</sup>

Eso hace que, por kg de componente, se generen las siguientes emisiones:

<sup>1</sup> Wells, C. (2001), *Total Energy Indicators of Agricultural Sustainability: Dairy Farming Case Study*, Wellington: Ministry of Agriculture and Forestry

Componente	(kg CO <sub>2</sub> /kg nutriente)
N	3,25
P	0,90
K	0,60
S	0,30
Cal	0,432

Para el estudio FIA se utilizó los siguientes factores de emisión por la manufactura de fertilizantes<sup>1</sup>:

Fertilizantes nitrogenados	(kg CO <sub>2</sub> /Kg)
Nitrato amonio convencional	2,3130
Nitrato amonio moderno	1,0000
Nitrato amonio, mixto	1,6565
Nitrato amonio cálcico convencional	2,2456
Nitrato amonio cálcico moderno	0,8323
Nitrato amonio cálcico, mixto	1,5390
Fertilizantes nitrogenados convencional	1,7583
Urea convencional	0,9999
Urea moderno	0,4200
Urea, mixta	0,7100
Nitrato amonio y urea líquidos convencional	1,5771
Nitrato amonio y urea líquidos moderno	0,6400
Urea UAM, mixta	1,1085
Fertilizantes fosforados	
SFS convencional	0,1909
SFS moderno	0,0204
SFS, mixto	0,1056
SFT convencional	0,5156
SFT moderno	-0,0295
SFT, mixto	0,2430
SF, mixto	0,1743
Fosfato mono-amónico convencional	0,7447
Fosfato mono-amónico moderno	-0,0319
Fosfato mono.amónico, mixto	0,3564
Fosfato di-amónico convencional	0,8744
Fosfato di-amónico moderno	0,1413
Fosfato di.amónico, mixto	0,5079
Fosfato mono-amónico y di-amónico, mixto, MAP+DAP	0,4321
Fertilizantes fosfatados	0,3394
Fertilizantes potásicos	
Cloruro de potasio	0,3900

<sup>1</sup> Esta lista contiene todos los productos para los que se encontró un factor de emisión por manufactura; por tanto, la lista no está referida solo a los productos usados en huertos de manzanas. Valores negativos de manufactura involucran un balance favorable a la captura de carbono atmosférico

Fertilizantes compuestos	
NPK	1,8442
NPK (nitro)	1,1092
NPK (nitro)	0,4100
NPK (nitro), mixto	0,7596
NPK (ácido)	0,9704
NPK (ácido)	0,3200
NPK (ácido), mixto	0,6452
NPK (mix)	0,3650
NPK (mix)	0,0900
NPK (mix), mixto	0,2275
NPK general, mixto	0,5441

Fuente: "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertilizer Production", Junio 2004. S. Wood (Research and Development Division, State Forests of New South Wales) y A. Cowie (Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting), IEA Bioenergy Task 38<sup>1</sup>.

#### e. Transporte del producto

Para el transporte del producto cosechado desde el campo a packing, el factor de emisión usado por el estudio FIA es superior al utilizado por el estudio FDF. Para FIA, la fuente de información fue la guía DEFRA<sup>2</sup> (2009), en tanto que, para el estudio FDF, la fuente de información fue la guía DEFRA (2006).

	Factor FIA		Factor FDF	
<b>Transporte de campo a packing</b>	0,0003187	Kg CO <sub>2</sub> /kg-km	0,0000270	Kg CO <sub>2</sub> /Kg-km
<b>Transporte de Puerto a Puerto</b>	0,0000070	Kg CO <sub>2</sub> /kg-km	0,0000070	Kg CO <sub>2</sub> /Kg-km

## 4. Conclusiones

En primera instancia, es importante aclarar que el presente informe pretende mostrar las diferencias entre los factores de emisión definidos y no analizar los distintos valores de huella de carbono obtenidos por ambos estudios.

Sin embargo, se debe considerar previamente que los objetivos, alcances y metodologías de ambos estudios son diferentes, por lo cual esta comparación es solamente referencial. Así, luego de analizados los criterios y factores de emisión de los correspondientes estudios, se pueden establecer las siguientes apreciaciones según fuente de emisión:

#### a. Combustibles

Dentro de las emisiones estimadas por el consumo de combustibles, el estudio FDF aún en un factor el gasto energético para la quema, procesamiento, refinación y transporte: este factor es de 43,6 MJ/l. Por parte del estudio FIA, se definen dos instancias de cálculo: la primera es la quema

<sup>1</sup> Disponible en <http://www.ieabioenergy-task38.org/publications/>

<sup>2</sup> Department for Environment, Food and Rural Affairs, Inglaterra

del combustible para lo que se utiliza un factor de 35,4 MJ/l; luego el refinado y transporte se trabajan de manera distinta. La siguiente tabla muestra de manera gráfica las diferencias:

	FDF Diesel	FIA Diesel
<b>Contenido energético</b>	(Litros x 35,4MJ/l) x (0,0741kgCO <sub>2</sub> /MJ)	(Litros x 35,4MJ/l) x (0,0741kgCO <sub>2</sub> /MJ)
<b>Producción</b>	(Litros x 1,9MJ/l) x (0,0741kgCO <sub>2</sub> /MJ)	Contenida dentro del factor por refinamiento
<b>Transporte en barco</b>	(Litros x 4,3MJ/l) x (0,0741kgCO <sub>2</sub> /MJ)	(Litros x Km) x 0,000004 kgCO <sub>2</sub> /litro-Km
<b>Refinamiento y distribución</b>	(Litros x 2MJ/l) x (0,0741kgCO <sub>2</sub> /MJ)	(Litros x 35,4MJ/l) x (0,00045kgCO <sub>2</sub> /MJ)
<b>Transporte tierra</b>	Variable contenida dentro de refinamiento	(Litros x Km) x 0,0001414 kg CO <sub>2</sub> /litro-km

En términos numéricos, 1 litro de diesel utilizado equivale a los siguientes valores de emisión total:

- FDF: 3,23 kg CO<sub>2</sub>-e
- FIA: 2,98 kg de CO<sub>2</sub>-e.

Esto demuestra que ambas vías conducen a resultados similares.

#### b. Fertilizantes

Dentro de la manufactura de los fertilizantes nitrogenados, el estudio FDF define un factor de emisión por Kg de nitrógeno aplicado, por otro lado, el estudio FIA obtuvo factores específicos para cada tipo de fertilizantes.

La mayor especificidad de los factores del estudio FIA hace que sean difícilmente comparables los valores de emisión por manufactura de fertilizantes, sin embargo se pueden establecer dos ejemplos. Si se utiliza 1 kg de Nitrato de Amonio y considerando que presenta un contenido de nitrógeno de 33%, se llega a los siguientes valores:

- FDF: 1,072 kg CO<sub>2</sub>
- FIA: 1,650 kg CO<sub>2</sub>

Para el caso de la utilización de 1 kg de Urea, con un contenido de nitrógeno de 46%, se tiene la siguiente situación:

- FDF: 1,4 95 kg CO<sub>2</sub>
- FIA: 1,00 kg CO<sub>2</sub>

Las diferencias son debido a que FDF define un factor para la elaboración del nitrógeno, sin hacer diferencias del tipo de fertilizantes que se está elaborando. Ello es concordante con lo señalado por Saunders, Barber y Taylor (Research Report 285 de la Universidad de Lincoln, página 34) que señala "the energy component in fertilizers comes mainly from its manufacture and transport".

c. Transporte del producto terminado

Dentro de esta variable se tienen dos factores a comparar, uno correspondiente al transporte por tierra y el otro por barco. Ambos estudios utilizan como fuente de información a DEFRA.

El factor utilizado para cuantificar las emisiones por barco es exactamente el mismo, por el contrario, el factor correspondiente a el traslado por tierra utilizado por FDF es 11 veces menor que el utilizado por el estudio FIA. Esta diferencia corresponde a que el estudio FDF obtuvo el factor de las definiciones de "Best Practice for Carbon Offset Providers" elaborado por DEFRA el 2006, en cambio el estudio FIA establece el factor de emisión según el "2009 Guidelines to DEFRA / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting" proveniente de los estudios DEFRA durante el 2009. Adicionalmente, el estudio FIA incluye las emisiones del viaje de ida y vuelta del camión. Sin embargo, el viaje de vuelta posee otras características donde el camión puede transportar otras cargas o ir a otros destinos no relacionados con el producto al cual se esta aplicando esta duplicación de emisiones, lo cual no corresponde necesariamente al mismo producto. En este sentido el estudio FDF aplicó el mismo criterio utilizado en el transporte marítimo donde se considera solo la emisión del viaje específico con la carga a la cual se está efectuando la medición.

d. Consideraciones finales

Luego del análisis de los factores de emisión utilizados en los estudios FDF y FIA, se puede concluir que de las variables coincidentes las diferencias más importantes se encontrarán en la manufactura de algunos fertilizantes y, por sobre todo, en las emisiones generadas por el transporte terrestre del producto terminado.

Dentro del consumo eléctrico, es necesario recabar más información para llegar a la construcción de los distintos factores de emisión.

## **ANEXO II**

### **FACTORES DE EMISIÓN EMPEADOS EN EL ESTUDIO FIA EST2009-0270**

ANEXO II					
FACTORES DE EMISIÓN EMPLEADOS EN EL ESTUDIO FIA 2009-270					
Ítem	Unidad	Factor de Emisión		Fuente	Observaciones
		Valor	Expresión		
<b>Combustibles usados en fuentes móviles</b>					
Petróleo Diesel	L	2,6765	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	<i>Factor integra las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</i>
Bencinas 93-95-97	L	2,2718	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Bencinas 170	L	2,2017	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Gas natural	L	1,7357	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Gas licuado (GLP)	L	1,6117	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Kerosene	L	2,5194	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Lubricantes	L	2,9467	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
<b>Combustibles usados en fuentes estacionarias</b>					
Petróleo Diesel	L	2,7318	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	<i>Factor integra las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</i>
Bencinas 93-95-97	L	2,4203	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Electricidad	KWH	0,4500	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	CNE	
Gas natural, opción A	kg	3,1484	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Gas natural, opción B	L	2,2039	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Gas licuado (GLP)	L	1,6795	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Lubricantes	L	2,9467	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Leña	kg	0,1502	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	<i>Factor integra las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</i>
<b>Extracción y refinamiento de combustibles</b>					
Petróleo Diesel	L	0,2556	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Lewis (1997)	<i>Factor integra las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O</i>
Bencinas 93-95-97	L	0,3137	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Lewis (1997)	
Bencinas 170	L	0,3137	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Lewis (1997)	
Gas natural, opción B	L	0,1525	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Lewis (1997)	
Gas licuado (GLP)	kg	0,2336	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Lewis (1997)	
<b>Ruta de los combustibles</b>					
Transporte entre refinería y puerto, vía terrestre	L transportado-km recorrido	0,000141	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión cisterna articulado de tara 6 ton</i>

Quema en campo	kg C oxidado	0,928	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	CO <sub>2</sub> emitido, solo para cambio de uso
	kg C oxidado	0,005	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	
	N oxidado	0,007	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996, 2006)	
Uso como leña	kg C oxidado	0,928	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	CO <sub>2</sub> emitido, solo para cambio de uso
	kg C oxidado	0,005	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	
	N oxidado	0,007	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996, 2006)	
Incorporación al suelo	kg C incorporado	1	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	CO <sub>2</sub> emitido, solo para cambio de uso
	kg N oxidado	0,01	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996, 2006)	
Descomposición sobre suelo	kg C oxidado	1	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	CO <sub>2</sub> emitido, solo para cambio de uso
Síntesis de BM	kg C sintetizado	1	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (1996, 2006)	CO <sub>2</sub> emitido, solo para cambio de uso
<b>Insumos (agroquímicos) generadores de gases invernadero</b>					
N aplicado al suelo	kg N aplicado	0,01	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	
N volatilizado como NH <sub>4</sub>	kg N aplicado	0,10	kg N-NH <sub>3</sub> /unidad	PICC (2006)	
Cal - caliza	kg cal aplicada	0,12	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (2006)	
Cal - dolomita	kg cal aplicada	0,14	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (2006)	
Urea	kg urea aplicada	0,20	kg C-CO <sub>2</sub> /unidad	PICC (2006)	
<b>Manufactura de agroquímicos</b>					
Cal caliza, rica en Ca	kg cal aplicada	0,7500	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Cal dolomita	kg cal aplicada	0,8600	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Cal, rica en Mg	kg cal aplicada	0,7700	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Cal hidráulica	kg cal aplicada	0,5900	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	

Manufactura de fertilizantes nitrogenados					
Nitrato amonio	kg nitrato de amonio	2,3130	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología convencional
	kg nitrato de amonio	1,0000	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología moderna
	kg nitrato de amonio	1,6565	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Calculado de Wood % Cowie (2004)	Promedio tecnologías mixtas
Nitrato amonio cálcico	kg nitrato de amonio cálcico	2,2456	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología convencional
	kg nitrato de amonio cálcico	0,8323	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología moderna
	kg nitrato de amonio cálcico	1,5390	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Calculado de Wood % Cowie (2004)	Promedio tecnologías mixtas
Fertilizantes nitrogenados	kg fertilizantes nitrogenados	1,7583	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio de Alemania, tecnología convencional
Urea	kg urea aplicada	0,9999	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología convencional
	kg urea aplicada	0,4200	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología moderna
	kg urea aplicada	0,7100	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Calculado de Wood % Cowie (2004)	Promedio tecnologías mixtas
Urea UAM	kg urea UAM aplicada	1,5771	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología convencional
	kg urea UAM aplicada	0,6400	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología moderna
	kg urea UAM aplicada	1,1085	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Calculado de Wood % Cowie (2004)	Promedio tecnologías mixtas
Manufactura de fertilizantes fosforados					
SFS	kg SFS aplicado	0,1909	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología convencional
	kg SFS aplicado	0,0204	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Wood & Cowie (2004)	Promedio tecnología moderna

	kg SFS aplicado	0,1056	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
SFT	kg SFT aplicado	0,5156	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg SFT aplicado	-0,0295	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg SFT aplicado	0,2430	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
SF	kg SF aplicado	0,1743	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
Fosfato mono-amónico MAP	kg MAP aplicado	0,7447	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg MAP aplicado	-0,0319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg MAP aplicado	0,3564	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
Fosfato di-amónico DAP	kg DAP aplicado	0,8744	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg DAP aplicado	0,1413	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg DAP aplicado	0,5079	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
Fosfato mono-amónico y di-amónico, MAP+DAP	kg MAP+DAP	0,4321	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Tecn. moderna y convencional
Fertilizantes fosfatados	kg fertilizante fosfatado	0,3394	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Alemania
<b>Manufactura de fertilizantes potásicos</b>					
Cloruro de potasio	kg KCl	0,3900	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Ledgard &amp; Boyez (2009)</i>	Nueva Zelanda
<b>Manufactura de fertilizantes compuestos</b>					
NPK	kg de NPK	1,8442	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Suecia

NPK (nitro)	kg de NPK nitro	1,1092	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg de NPK nitro	0,4100	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg de NPK nitro	0,7596	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
NPK (ácido)	kg de NPK ácido	0,9704	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg de NPK ácido	0,3200	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg de NPK ácido	0,6452	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
NPK (mix)	kg NPK mix	0,3650	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología convencional
	kg NPK mix	0,0900	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Wood &amp; Cowie (2004)</i>	Promedio tecnología moderna
	kg NPK mix	0,2275	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
NPK general	kg NPK general	0,5441	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	<i>Calculado de Wood % Cowie (2004)</i>	Promedio tecnologías mixtas
<b>Manufactura de otros insumos</b>					
Vidrios	kg producido	0,20	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	
Distintos tipos de vidrio:					
Float 0.21 10% - 25%	kg producido	0,21	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Container (Flint)	kg producido	0,21	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Container (Amber/Green)	kg producido	0,21	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Fiberglass (E-glass)	kg producido	0,19	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Fiberglass (Insulation)	kg producido	0,25	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Specialty (Lighting)	kg producido	0,20	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	IPCC, 2006	<i>Víctor Aume {2004}</i>
Plásticos (cañerías, malla rachel, embalajes, otros)	kg producido	2,40	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Australian GHG Office (2001)	Valor referencial del protocolo del vino para cápsulas de PVC

Metales (alambres, otros)		s/n	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
Papeles y cartones		1,79	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Australian GHG Office (2001)	
Pallets de madera		0,68	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	Australian GHG Office (2001)	
Plaguicidas		3,3400	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	FDF	Datos de Nueva Zelanda
Amoniaco		2,2005	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	PICC (2006)	
Hipoclorito de sodio		2,2005	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		Asignado al valor del amoniaco
Maderas		0,6800	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		Asignado al valor de pallets
SO <sub>3</sub>		s/n	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
Detergentes		s/n	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
Mascarillas		s/n	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
Gases refrigerantes		asimilado al amoniaco	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
Productos veterinarios		s/n	kg CO <sub>2</sub> e/unidad		
<b>Animales</b>					
Fermentación entérica:					
Vacas leche	cabeza-año	73,2	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Vacas carne	cabeza-año	56,5	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Vaquillas	cabeza-año	44,4	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Terneros	cabeza-año	27,1	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Adultos carne	cabeza-año	56,7	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Jovenes carne	cabeza-año	36,7	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Ovinos	cabeza-año	5,0	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Manejo del estiércol, animales en pastoreo:					
Vacas leche	cabeza-año	1,3	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Vacas carne	cabeza-año	1,1	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Vaquillas	cabeza-año	0,8	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Terneros	cabeza-año	0,5	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Adultos carne	cabeza-año	1,1	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Jovenes carne	cabeza-año	0,7	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Ovinos	cabeza-año	0,1	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	PICC (2006)	
Manejo del estiércol, animales confinados:					
Vacas leche	cabeza-año	108,9	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	

Vacas carne	cabeza-año	66,7	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Vaquillas	cabeza-año	69,1	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Terneros	cabeza-año	55,4	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Adultos carne	cabeza-año	117,6	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
Jovenes carne	cabeza-año	43,7	kg C-CH <sub>4</sub> /unidad	INIA (2008)	
<b>Gestión del estiércol</b>					
EF1	kg N excretado	0,0157	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	Factor integra emision e indirectas
EF3 VBC	kg N excretado	0,0314	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	Vacunos, bufalos y cerdos. Factor integra emision e indirectas
EF3 OO	kg N excretado	0,0157	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	Ovinos y otras especies. Factor integra emision e indirectas
EF4	kg N perdido	0,0157	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	Factor integra emision e indirectas
EF5	kg N perdido	0,0118	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (2006)	Factor integra emision e indirectas
<b>Sistemas de tratamiento de residuos animales</b>					
AWMS, general	kg N excretado	0,005	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Distribución diaria	kg N excretado	0,000	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Almacenaje de sólidos	kg N excretado	0,005	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Corral de engorda	kg N excretado	0,020	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Líquido/fango con cobertura de costra natural	kg N excretado	0,005	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Líquido/fango sin cobertura	kg N excretado	0,000	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Laguna anaeróbica no cubierta	kg N excretado	0,000	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	kg N excretado	0,002	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas
Digestor anaeróbico	kg N excretado	0,000	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emision e indirectas

Camas profundas sin mezclado	kg N excretado	0,010	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Camas profundas con mezclado activo	kg N excretado	0,070	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Fabricación de abono orgánico, pila estática o en tambor	kg N excretado	0,006	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Fabricación de compost, intensivo en filas	kg N excretado	0,100	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Fabricación de compost, pasivo en filas	kg N excretado	0,010	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Tratamiento aeróbico con aireación forzada	kg N excretado	0,010	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas
Tratamiento aeróbico sin aireación forzada	kg N excretado	0,005	kg N-N <sub>2</sub> O/unidad	PICC (1996)	Solo emisiones directas

Transporte entre puertos, vía marítima	L transportado-km recorrido	0,000004	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Barco sistema de gran escala</i>
Transporte entre puerto y sitio de expendio, vía terrestre	L transportado-km recorrido	0,000141	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión sistema articulado de tara 6 ton</i>
<b>Ruta de los insumos</b>					
Transporte entre fábrica y puerto, vía terrestre	kg insumo-km recorrido	0,000319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión de tara 15 ton y capacidad 30 ton</i>
Transporte entre puertos, vía marítima	kg insumo-km recorrido	0,000013	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Buque contenedor</i>
Transporte entre puerto y sitio de expendio, vía terrestre	kg insumo-km recorrido	0,000319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión de tara 15 ton y capacidad 30 ton</i>
Transporte entre aeropuertos, vía aérea	kg insumo-km recorrido	0,000601	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Avión tipo jumbo</i>
Transporte entre aeropuerto y sitio de expendio, vía terrestre	kg insumo-km recorrido	0,000319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión de tara 15 ton y capacidad 30 ton</i>
<b>Ruta de los productos</b>					
Transporte de campo a packing, vía terrestre	kg producto-km recorrido	0,000319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión no refrigerado de tara 8 ton y capacidad 15 ton</i>
Transporte de packing a unidad de frío, vía terrestre	kg producto-km recorrido	0,000319	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión no refrigerado de tara 15 ton y capacidad 30 ton</i>
Transporte de unidad de frío a puerto/aeropuerto, vía terrestre	kg producto-km recorrido	0,000382	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Camión refrigerado de tara 15 ton y capacidad 30 ton</i>
Transporte entre puertos, vía marítima	kg producto-km recorrido	0,000007	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	FDf	<i>Buque cámara, capacidad 5.500 ton fruta</i>
Transporte entre aeropuertos, vía aérea	kg producto-km recorrido	0,000601	kg CO <sub>2</sub> e/unidad	DEFRA (2009)	<i>Avión tipo jumbo</i>
<b>Gestión de biomasa y residuos orgánicos biodegradables</b>					

## **ANEXO III**

### **ENCUESTAS**

**(sólo en versión digital)**

**ANEXO IV**  
**PLANILLAS DE CÁLCULO**  
**(sólo en versión digital)**

**ANEXO V**  
**CONTRATO DE CO-EJECUCIÓN INIA-DEUMAN**