

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**ESTUDIO PREDIAL DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN  
DE ARÁNDANOS (*VACCINIUM CORYMBOSUM*).**

**FERNANDO IGNACIO SOTO HERNÁNDEZ**

HABILITACIÓN PROFESIONAL  
PRESENTADA A LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL

**CHILLÁN - CHILE**

**2023**

**ESTUDIO PREDIAL DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS (VACCINIUM CORYMBOSUM).**

Aprobado por:

José Fernando Reyes Aroca  
Ing. Civil Metalúrgico, Ph. D.  
Profesor Asociado

---

Profesor Guía

Pedro Aqueveque Muñoz  
Profesor de Biología, Dr.  
Profesor Asociado

---

Profesor Asesor

Leslie Violeta Vidal Jiménez  
Profesora de Estado en Química, Dra.  
Profesora Asistente

---

Profesor Asesor

Christian Correa Farías  
Ingeniero Civil Agrícola, Dr.  
Profesor Asistente

---

Director de Departamento

María Eugenia González Rodríguez  
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.  
Profesor Asociado

---

Decana

## INDICE DE MATERIAS.

	Página
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS. ....	6
2.1. Objetivo general. ....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. ANTECEDENTES GENERALES.....	7
3.1 Área de estudio. ....	7
3.1.1. Mapa.....	8
3.2. Huella de carbono (HdC).....	8
3.2.1. HdC en el mundo.....	9
3.2.2. HdC en Chile. ....	11
3.3. Public Available Specification (PAS 2050).....	11
3.3.1. Alcances de la Norma PAS 2050.....	12
3.3.2. Clasificación fuentes de emisiones GEI en ciclo de vida del producto.....	14
4. METODOLOGÍA.....	16
4.1. Ciclo de vida del arándano. ....	16
4.2. Periodo de reporte.....	19
4.3. Recopilación de información base para la estimación de la HdC. ....	19
4.4. Tratamiento de datos.....	19
4.4.1. Alcance 1: Emisiones directas.....	19
4.4.2. Factores de emisión y PCG.....	20
4.4.3. Urea.....	21
4.4.4. Emisiones de CO <sub>2</sub> por N aplicado. ....	21
4.4.5. Combustión de materias energéticas. ....	22
4.4.6. Compra de agroquímicos.....	23
4.4.7. Huella de carbono total.....	24
4.4.8. Huella de carbono del arándano.....	24
4.4.9. Supuestos utilizados.....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27

	Página
5.1 Procesos y actividades en la producción de arándanos de la empresa estudiada. ....	27
5.2. Límites de la organización. ....	29
5.3. Límites operativos. ....	29
5.4. Emisiones de GEI. ....	29
5.4.1 Alcance 1: Emisiones directas. ....	32
5.4.2. Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI. ....	33
5.4.3. Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI. ....	33
5.5. Puntos Críticos. ....	34
5.6. Propuestas de reducción de HdC. ....	34
5.6.1. Medidas alcance 1: ....	34
5.7. Comparación de resultados. ....	35
7. CONCLUSIONES. ....	38
8. LITERATURA CITADA. ....	40
9. ANEXOS. ....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Identificación de la empresa en estudio.....	7
Tabla 2. Emisiones incluidas y excluidas.....	30
Tabla 3. Fuentes emisoras de GEI por alcance y CO <sub>2</sub> eq emitido.....	32
Tabla 4. Relación de fuente de emisión respecto al total.....	34
Tabla 5. Comparación de resultados obtenidos en producción de arándano orgánico y convencional. ....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa correspondiente al predio de la empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. ....	8
Figura 2. Ciclo de vida del arándano. ....	18
Figura 3. Comparación de emisiones por fuentes emisoras y porcentaje de participación. ....	31
Figura 4. Emisiones de kgCO <sub>2</sub> eq anual por fuentes de emisión de alcance 1. ....	33
Figura 5. Resultados obtenidos en distintas mediciones. ....	37

**INDICE DE ECUACIONES**

	Página
Ecuación 1 . Emisiones por urea. ....	21
Ecuación 2. Emisiones de CO <sub>2</sub> por N. ....	22
Ecuación 3. Emisiones por combustión de combustibles ....	22
Ecuación 4. Emisiones por compra de agroquímicos. ....	23
Ecuación 5. Huella de carbono total. ....	24
Ecuación 6. Huella de carbono del arándano. ....	24

**GLOSARIO**

BSI:	Instituto de normas británica.
B2B:	Empresa a empresa
B2C:	Empresa a consumidor.
DEFRA:	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales. Reino Unido.
Fair Trade:	Sistema de certificación para el comercio justo.
Ha:	hectáreas.
HdC:	Huella de carbono.
HE:	Huella ecológica.
HFC:	Hidrofluorocarbonos
km:	Kilómetros.
kg:	Kilogramos
SAG:	Servicio Agrícola y Ganadero.
SCAM:	Sistema de Certificación Ambiental Municipal. Ministerio del medio ambiente.
PCG:	Potencial de calentamiento global

## **ESTUDIO PREDIAL DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS (VACCINIUM CORYMBOSUM).**

FARM STUDY OF THE CARBON FOOTPRINT IN THE PRODUCTION OF  
BLUEBERRIES (VACCINIUM CARYMBOSUM).

**Palabras claves:** GEI, fruta, agricultura, Chile.

### **RESUMEN**

Los gases de efecto invernadero son los principales causantes del calentamiento global, el aumento del interés a nivel mundial y cada vez más normativas ambientales, han generado que la medición de la huella de carbono en bienes y servicios se vuelva cada vez más común. El objetivo del presente estudio es realizar por vez primera, el cálculo de la huella de carbono en la producción de arándano convencional dentro de la Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. para esto se utiliza metodología planteada por la norma PAS 2050 en conjunto con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Esto permitió que se realizara un catastro de las fuentes emisoras dentro de los procesos de cultivo y cosecha del arándano. Los resultados obtenidos arrojaron que se tiene una generación de 0,10 (kgCO<sub>2</sub>eq kg arándano<sup>-1</sup>) en la temporada 2019-2020, siendo la fuente emisora más importante el uso de agroquímicos convencionales con un 48,71% de las emisiones totales. En conclusión, la aplicación de agroquímicos como la urea son una importante fuente de emisión de gases de efecto

invernadero, lo cual se puede mejorar utilizando fertilizantes orgánicos e implementando cubierta vegetal de leguminosas.

## **FARM STUDY OF THE CARBON FOOTPRINT IN THE PRODUCTION OF BLUEBERRIES (VACCINIUM CARYMBOSUM).**

**Keywords:** GHG, fruit, agriculture, Chile.

### **ABSTRACT**

Greenhouse gases are the main causes of global warming, the increase in interest worldwide and more and more environmental regulations have caused the measurement of the carbon footprint of goods and services to become increasingly common. The objective of this study is to carry out, for the first time, the calculation of the carbon footprint in the production of conventional blueberries within Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. For this, the methodology proposed by the PAS 2050 standard is used in conjunction with the 2006 IPCC Guidelines for national inventories of greenhouse gases. This allowed a cadastre of the emitting sources within the blueberry cultivation and harvesting processes to be carried out. The results showed that there is a generation of 0.10 (kgCO<sub>2</sub>eq kg blueberries<sup>-1</sup>) in the 2019-2020 season, the most important source of emissions being the use of conventional agrochemicals with 48.71% of total emissions. In conclusion, the application of agrochemicals such as urea are an important source of greenhouse gas emissions, which can be improved by using organic fertilizers and implementing leguminous plant cover.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las actividades antropogénicas son indicadas como las principales causantes del cambio climático (Useros, 2013), debido a esto han surgido distintos indicadores de impacto ambiental, dentro de los cuales podemos encontrar la huella de carbono (HdC), que corresponde a una herramienta de contabilidad y medidor de impacto ambiental, generado por la actividad humana que puede dejar un producto o servicio, (MMA, *s.f.*).

La estimación de la HdC en los últimos años ha captado la atención de consumidores, empresas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONG) y organizaciones internacionales (Hertwich y Peters, 2009), principalmente por el aporte a la eficiencia energética y el correspondiente impacto en el costo operacional de la organización, siempre que la organización tome medidas para ello, que van desde, la elección respecto a cuál producto comprar en base a su HdC, hasta optimizar los procesos productivos y operacionales, pudiendo así disminuir los gastos asociados, ahorrando dinero que muchas veces supera la inversión (Pulido M, 2018).

La cuantificación de la HdC, se considera como un medio de distinción de los productos y servicios, siendo la Unión Europea pionera en este sentido, actualmente son cada vez más países que implementan el etiquetado de HdC en forma voluntaria u obligatoria, teniendo que adaptarse a estas medidas los

productos y servicios comercializados dentro del país en cuestión, afectando a Chile en sus exportaciones.

Sin ir más lejos, Chile es uno de los principales productores y exportadores de fruta del hemisferio sur, siendo una de las principales frutas exportadas el arándano, este fruto tenía al año 2018 a Chile como el líder exportador de arándano a nivel mundial, con un 21,1% de participación en el total de arándano exportado, siendo sus principales compradores países como EE.UU, Países bajos y Reino Unido (ODEPA, 2020).

Para una empresa agrícola determinar la HdC, tiene múltiples beneficios, desde realizar una revisión a los procesos que se efectúan dentro del ente a estudiar, hasta la identificación de las actividades que tienen mayores y menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), lo anterior permite generar alternativas de mejoras en la gestión y desarrollo de los procesos y actividades con mayores emisiones.

En el siguiente proyecto se cuantificará la HdC en el cultivo y cosecha de arándanos de una empresa del sector agrícola, utilizando la norma PAS 2050 como una guía metodológica, para realizar la estimación de la HdC con enfoque de empresa a empresa (B2B) y utilizando las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1. Objetivo general.**

Determinar la huella de carbono generada desde la etapa de cultivo del arándano a su posterior cosecha en la empresa “Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltd.” de la Región de Ñuble.

### **2.2. Objetivos específicos.**

- Identificar y describir los principales procesos y actividades desarrolladas por la empresa en la producción de arándano.
- Cuantificar el consumo de combustibles de las actividades involucradas en la producción de arándano.
- Cuantificar la huella de carbono utilizando la metodología planteada en la Norma PAS 2050.

### 3. ANTECEDENTES GENERALES.

#### 3.1 Área de estudio.

Tabla 1. Identificación de la empresa en estudio.

Razón Social:	Agrícola Jorge Pérez e Hijo limitada.
Rut:	76.023.789-2
Rubro:	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.
Periodo de evaluación:	Temporada 2019-2020
Responsable:	Jorge Pérez Jaramillo
Dirección	Kilómetro 16 Camino las Mariposas (ruta N-545), Chillán, Ñuble.

Fuente. Elaboración propia.

Esta empresa entre sus actividades se dedica a la producción de arándano y nueces contando con una superficie cultivada total de 11 ha. en donde 8 ha corresponden a plantación de nogales y 3 ha. corresponden a plantaciones de arándanos de tres variedades, tipo Duke con 2 ha. y Brigitta con 1 ha. La densidad de plantación es de 3333 plantas por ha. Su producción total de arándanos fue de 41000 kg en la temporada 2019-2020. En la actualidad esta empresa agrícola está realizando el reemplazo de la variedad Brigitta por la variedad Legacy, teniendo actualmente una plantación de 0,75 ha. Con variedad Brigitta y 0,25 ha. con variedad Legacy.

### 3.1.1. Mapa.

La agrícola Jorge Pérez e Hijo limitada cuenta con plantaciones de arándano y nogales distribuidos en el predio.



Figura 1. Mapa correspondiente al predio de la empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. Fuente. Elaboración propia.

### 3.2. Huella de carbono (HdC).

La HdC es una herramienta de contabilidad de emisiones de GEI producidas de forma directa e indirecta, siendo un medidor del impacto ambiental que genera la actividad humana. Se puede estimar la HdC en personas, empresas, productos, eventos y organizaciones tanto públicas como privadas.

La forma de medir la HdC corresponde al dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) medido en kilogramos o toneladas, siendo la forma de medir el impacto generado en el medio ambiente (MMA. s.f).

Existen diversos enfoques para abordar la HdC, estos varían en sus requerimientos y la metodología a utilizar, dentro de estos enfoques tenemos el enfoque corporativo, personal, de eventos, territorial, enfoque específico para la industria y el enfoque de bienes y servicios, el cual es de interés para este estudio.

La metodología más utilizada para medir la HdC en productos y servicios es la definida por la Norma PAS 2050.

### **3.2.1. HdC en el mundo.**

Cada vez más países incluyen en sus productos etiquetas referentes a la HdC de un producto o servicio, siendo esto más común en países europeos destacando Reino Unido, Suiza y Francia entre otros países.

Reino Unido destaca por ser donde se elaboró la Norma PAS 2050, el cual es un método para calcular la HdC de productos y servicios. El etiquetado de HdC se comienza a implementar en el país en el año 2007. Desde esta fecha hasta el año 2010, 9 de cada 10 consumidores compro productos etiquetados con su HdC, en términos económicos la venta de productos etiquetados con su

HdC represento ventas totales de US\$ 3100 millones, superando la venta de productos orgánicos y de productos Fair Trade que obtuvieron ventas totales de US\$ 2325 millones y US\$ 1240 millones respectivamente (The Economist, 2011).

En Francia con la Ley N° 2010-788 de 12 de Julio de 2010, sobre los compromisos nacionales con el Medio Ambiente también conocida como “Ley Grenelle 2” puesta en marcha el año 2010, se comenzó a exigir la medición y etiquetado de la HdC en todos los productos alimenticios y sus derivados comercializados dentro del país, incluyendo así los productos que sean importados. Esta medida se comenzó a implementar en fase de prueba durante un año, para luego pasar a un proceso gradual de etiquetado de los productos con información de emisiones de GEI de ellos.

En Suiza se encuentra la agrupación Climatop que desde el año 2008 cuenta con un sistema de acreditación voluntario, donde no se muestra al consumidor la cantidad de GEI generado por el producto, en su lugar la etiqueta cuenta con la leyenda “Approved by climatop” (aprobado por climatop). Los productos y servicios objetivo de esta etiqueta, son los que poseen una menor cantidad de emisión de GEI en comparación a productos y servicios similares, disponibles en el mercado.

### **3.2.2. HdC en Chile.**

En Chile existe el programa nacional de cuantificación y gestión de la HdC llamado Programa HuellaChile elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente, iniciando la puesta en marcha con su planificación e implementación en el año 2013. Las organizaciones a las que está orientado son tanto de carácter público como privado (HuellaChile, 201?).

En el año 2017 comienza el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), este es de carácter voluntario, permitiendo a los municipios instaurarse como un modelo en gestión ambiental dentro de su comunidad. Entre los requisitos para poder avanzar en los distintos niveles de certificación, se encuentra la estimación y gestión de la HdC del municipio y sus instalaciones (MMA.201?)

### **3.3. Public Available Specification (PAS 2050).**

La PAS 2050 fue elaborada y publicada en el año 2008 por British Standards Institution (BSI) bajo el copatrocinio de Carbon Trust y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) de Reino Unido, siendo está preparada con el fin de especificar los requisitos necesarios para evaluar las emisiones de GEI de bienes y servicios. Esta norma está basada en normas británicas y europeas, principalmente la ISO 14040 e ISO 14044, las cuales describen las bases para evaluar el ciclo de vida de un producto.

Norma PAS 2050 define dos sistemas de límites para evaluar la HdC, de la empresa al consumidor (B2C) en donde se considera desde la elaboración del producto hasta la eliminación final de este, lo que conforma el ciclo de vida completo del producto, y, de negocio a negocio (B2B), en este modelo de negocio se consideran solo las emisiones de la empresa que mide la HdC, sin considerar las emisiones generadas hasta llegar al consumidor/usuario final como tampoco las emisiones generadas por otra organización que adquiera el producto.

La PAS 2050 incluye una guía explicativa para la evaluación de mediciones de GEI la cual se estructura en tres secciones, siendo la puesta en marcha la primera, luego se considera una sección que contiene 5 pasos requeridos para el cálculo de la HdC en el producto o servicio a evaluar, por último, la validación de los resultados obtenidos y definir las medidas de mitigación a adoptar (BSI, 2011).

### **3.3.1. Alcances de la Norma PAS 2050.**

Dentro de la PAS 2050 se encuentran los aspectos que se deben considerar para el cálculo de la HdC como los que se deben excluir.

Los aspectos que considera la PAS 2050 son:

- Emisiones de GEI superiores al 1% (respecto a las emisiones previstas para dicho producto) provenientes del cambio directo de uso de suelo.
- Materias primas utilizadas en el proceso de transformación como lo son el uso de energía, el N<sub>2</sub>O generado por la aplicación de agroquímicos nitrogenados, entre otros.
- Emisiones generadas por funcionamiento de locales, como las provenientes de iluminación, calefacción, refrigeración, ventilación, entre otros controles ambientales aplicables a las instalaciones.
- Emisiones por concepto de traslado de insumos, productos y coproductos, transporte terrestre entre las plantaciones y unidades de postcosecha, almacenamiento y packing.

Los aspectos que no considera la PAS 2050 son:

- Secuestro o emisiones de carbono de suelos.
- Emisiones del cambio de uso indirecto de suelo.
- Emisiones por fabricación de bienes capitales (equipos, maquinarias, instalaciones).
- Emisiones asociadas al transporte de los consumidores, excluyendo inclusive las asociadas al transporte de trabajadores al lugar de trabajo.
- Emisiones menores al 1% del total de HdC.

- Importante mencionar que la PAS 2050 no incluye los impactos asociados a impactos sociales, acidificación, eutroficación del suelo, impactos económicos entre otros.

### **3.3.2. Clasificación fuentes de emisiones GEI en ciclo de vida del producto.**

Basándose en el contenido de la PAS 2050 las fuentes emisoras de GEI atribuibles al ciclo de vida del producto se pueden clasificar en:

- Alcance 1: Emisiones directas de GEI.

Las emisiones directas son las emisiones de GEI controladas y generadas por la empresa, en el caso de la producción de arándano estas emisiones corresponden a actividades de cambio de uso directo de suelo, almacenaje, escape de gases refrigerantes y transporte.

- Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI.

Corresponden a emisiones que no son generadas por la empresa que mide su HdC, sino que son emitidas por empresas externas como proveedoras de suministros o servicios de transporte. Las emisiones que aquí se consideran son, emisiones por consumo eléctrico adquirido, no se incluye el consumo eléctrico proveniente de energías renovables, se incluye consumo de

combustible en traslado de insumos y maquinaria, igualmente se incluyen emisiones por el traslado de los residuos al lugar de disposición final.

- Alcance 3: Otras emisiones indirectas.

Esta categoría de emisiones es de carácter opcional y consiste en las emisiones generadas como consecuencia de las actividades de la empresa, sin estar estas bajo el control de quien mide la HdC.

Este tipo de emisiones indirectas, son conformadas por las emisiones generadas por procesos, como de extracción, producción/refinamiento, transporte de materias primas, la utilización de productos y servicios ofrecidos entre otros.

#### **4. METODOLOGÍA.**

El cálculo de la HdC en la producción de arándanos considera los seis GEI reconocidos en el Protocolo de Kioto, correspondiendo a: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), gases refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Los GEI mencionados son expresados en una unidad de medida común la cual corresponde a kilogramos de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{kgCO}_2\text{eq}$ ), utilizando el potencial de calentamiento global (PCG) de cada gas para su conversión.

La metodología utilizada en el presente estudio de caso está basada en la PAS 2050 del año 2011 y en las Directrices del IPCC del año 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

##### **4.1. Ciclo de vida del arándano.**

Las actividades para cultivar arándano comienzan con; establecer el cultivo en tierra previamente preparada para los fines.

Una vez establecido el cultivo, el arándano está en condiciones de dar frutos en su primer año, es recomendable podar la flor en sus primeros 2 años de vida con el fin de optimizar el desarrollo y mejorar la producción de futuras cosechadas, las que se obtienen al tercer año.

Respecto a la poda, en los primeros 2 años se realiza una poda de formación y floral, en el tercer año se termina la poda floral y solo se continua con la poda de formación, la cual se efectúa al inicio del invierno.

Al cultivo de arándano se le realiza control de malezas, aplicaciones de herbicida, insecticida, fungicidas los cuales son utilizados durante todo el ciclo de vida del arándano.

La cosecha se realiza cuando el fruto alcanza su madurez, esto se evidencia cuando tiene un color azul oscuro. La cosecha se ejecuta de forma manual utilizando potes y bandejas, la temporada de cosecha ocurre entre la última semana de noviembre y la primera semana de febrero pudiendo extenderse hasta las últimas semanas de ese mes.

Una vez con el fruto cosechado, este se transporta a un centro de almacenamiento o directamente al packing, los cuales trabajan normalmente en rangos de temperatura que bordean los 5°C. En el packing se selecciona el arándano en primer lugar por calibre, proceso ejecutado de forma mecánica, posteriormente se selecciona por calidad, proceso que es realizado de forma manual.

Al finalizar la selección por calidad, el arándano es envasado y embalado en pallet para luego ser trasladados a una cámara de almacenaje refrigerada en temperaturas que oscilan en los -20°C.

El arándano es inspeccionado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), al ser autorizado por el SAG, es trasladado por la empresa exportadora en camiones refrigerados a puerto o aeropuerto, siendo en Chile más utilizado el transporte marítimo. Una vez arribado el producto al país de destino, este es distribuido a centros de acopio para ser comercializado en supermercados y ferias, donde es vendido al consumidor.

En el país de destino se generan residuos relacionados con los envoltorios y embalajes (caja, potes y envoltorio del producto).

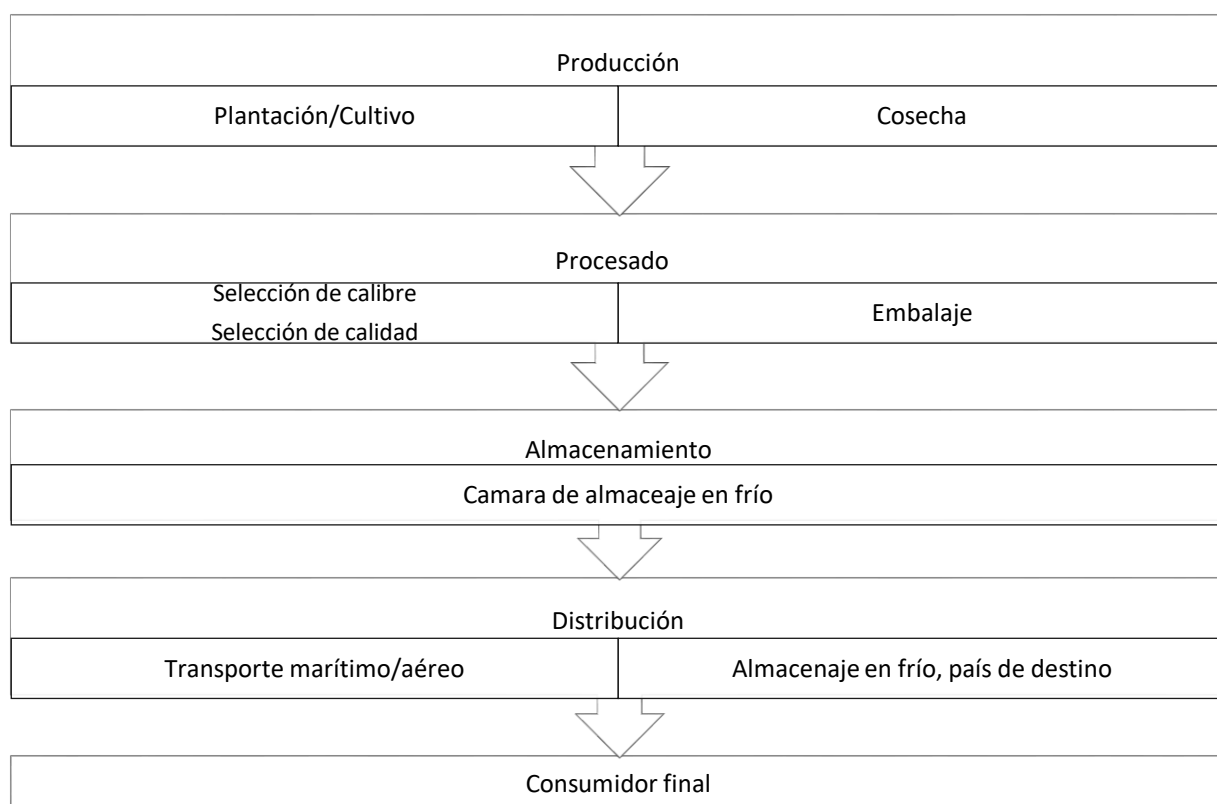


Figura 2. Ciclo de vida del arándano. Fuente. Elaboración propia.

#### **4.2. Periodo de reporte**

El inventario de GEI y el cálculo de la HdC se realizó en el periodo comprendido en la temporada 2019-2020, siendo este el año base.

#### **4.3. Recopilación de información base para la estimación de la HdC.**

La recopilación de datos referente al ciclo de vida del arándano en la empresa, la cantidad de insumos, consumos eléctricos y de combustibles se efectúa por medio de contacto directo con encargado del huerto de arándanos, realizando entrevistas en terreno, Anexo 1, como también entrevistas vía telefónica Anexo 2.

#### **4.4. Tratamiento de datos.**

Los datos requeridos para medir la HdC se obtienen por entrevistas previamente elaboradas, visitas al área de estudio, estimaciones, entre otras actividades que facilitaron la entrega de información del área de estudio.

##### **4.4.1. Alcance 1: Emisiones directas.**

Las emisiones directas son las emisiones de GEI generadas en fuentes de propiedad de la empresa o controladas por la misma.

En el caso de la producción de arándano estas emisiones corresponden a:

- Combustible utilizado por vehículos propios de la empresa o controlados por la empresa utilizados en el transporte de carga, compra de insumos, fumigación, aplicación de agroquímicos, entre otros.
- Combustible utilizado en uso de chipeadora.
- Uso de agroquímicos, fertilizantes nitrogenados, herbicidas, entre otros.

#### **4.4.2. Factores de emisión y PCG.**

Los factores de emisiones son obtenidos desde las Directrices del IPCC del año 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y transformados a las unidades necesarias para un correcto desarrollo, utilizadas para el cálculo, los factores de emisión utilizados se muestran en el Anexo 3.

Los datos de densidad y poder calórico utilizados para realizar la conversión de unidades de los combustibles, son obtenidos desde el Informe Balance Nacional de Energía 2020 (MMA,2022).

El PCG es obtenido desde AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 (IPCC, 2014).

#### 4.4.3. Urea.

La estimación de CO<sub>2</sub> emitido por aplicación de urea al suelo se calcula por medio de la ecuación siguiente:

$$E_{CO_2} = A_{urea} * FE_{urea} * FC_{C-CO_2} \quad [1]$$

Donde:

$E_{CO_2}$ = CO<sub>2</sub> emitido por aplicación de urea al suelo (kgCO<sub>2</sub>eq).

$A_{urea}$ = Cantidad de urea aplicada (kg urea).

$FE_{urea}$ = Factor de emisión de C-CO<sub>2</sub> (kg C-CO<sub>2</sub>).

$FC_{C-CO_2}$ = Factor de conversión de C a CO<sub>2</sub> (44/12).

Cabe mencionar que el factor de conversión de C a CO<sub>2</sub> son obtenidos del IPCC (2006).

#### 4.4.4. Emisiones de CO<sub>2</sub> por N aplicado.

Parte importante del contenido de los fertilizantes utilizados en la agricultura está compuesto por nitrógeno (N), el cual al estar en el suelo sufre procesos microbianos en los cuales se produce liberación de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) el cual termina volatilizándose a la atmosfera.

Las emisiones por incorporación de nitrógeno al suelo se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{N_2O-CO_2} = F_{sn} * FC_{N-N_2O} * EF1 * PCG_{N_2O} \quad [2]$$

Donde:

$E_{N_2O-CO_2}$  = Emisiones de CO<sub>2</sub> por N aplicado (kgCO<sub>2</sub>eq).

$F_{sn}$  = N aplicado al suelo (kg).

$FC_{N-N_2O}$  = Factor de conversión de N a N<sub>2</sub>O.

$EF1$  = Factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N (kg N<sub>2</sub>O-N kg aporte de N<sup>-1</sup>).

$PCG_{N_2O}$  = Potencial de calentamiento global de N<sub>2</sub>O.

#### 4.4.5. Combustión de materias energéticas.

Para la estimación de GEI por combustión de materias energéticas se utiliza la ecuación 3, en la cual se han realizado la conversión de unidades para los factores de emisión siendo llevados directamente a valores de kg de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y/o N<sub>2</sub>O por kg o l de combustible quemado:

$$E_{C-CO_2} = \sum (C_b * FE_{GEI-i} * PCG_{GEI-i}) \quad [3]$$

Donde:

$E_{C-CO_2}$ = Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de combustible (kgCO<sub>2</sub>eq).

$C_b$ = Consumo de combustible b (l).

$FE_{GEI-i}$ =Factor de emisión del GEI “i” por combustión del combustible “b” (kg GEI<sub>i</sub> l<sup>-1</sup>).

$PCG_{GEI-i}$ = Potencial de calentamiento global del GEI “i”.

#### 4.4.6. Compra de agroquímicos.

La adquisición de agroquímicos está a manos de la empresa, siendo esta realizada en la tienda Acoma. Para realizar el cálculo de las emisiones por la adquisición de estos, se realiza la estimación de combustible utilizado por medio del trazado de la ruta más cercana a la tienda desde el predio agrícola. En base a la distancia recorrida, cantidad de viajes y rendimiento del vehículo utilizado se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub>eq con la ecuación siguiente.

$$E_s = \sum C_a * FE_a \quad [4]$$

Donde:

$E_s$ = Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por compra de agroquímicos (kgCO<sub>2</sub>eq).

$C_a$ = Combustible “a” utilizado (l).

$FE_a$ = Factor de emisión del combustible “a”.

#### 4.4.7. Huella de carbono total.

Para realizar la estimación del CO<sub>2</sub>eq total emitido en la producción de arándanos es necesario haber realizado la estimación de todas las actividades y procesos incluidos en la medición, para luego poder utilizar la siguiente ecuación:

$$HdC = E_s + E_{C-CO_2} + E_{N_2O-CO_2} + E_{CO_2} \quad [5]$$

Donde:

HdC= Huella de carbono total generada en la producción de arándanos (kgCO<sub>2</sub>eq).

E<sub>s</sub>= Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por compra de agroquímicos (kgCO<sub>2</sub>eq).

E<sub>CO<sub>2</sub></sub>= CO<sub>2</sub> emitido por aplicación de urea al suelo (kgCO<sub>2</sub>eq).

E<sub>N<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub></sub> =Emisiones de CO<sub>2</sub> por N aplicado (kgCO<sub>2</sub>eq).

E<sub>C-CO<sub>2</sub></sub>= Emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de combustible (kgCO<sub>2</sub>eq).

#### 4.4.8. Huella de carbono del arándano.

Para realizar el reporte de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en la producción de arándano se debe considerar utilizar la ecuación siguiente.

$$HdC_a = \frac{HdC}{P_a} \quad [6]$$

Donde:

HdC<sub>a</sub>= Huella de carbono total de arándano por kg producido (kgCO<sub>2</sub>eq kg arándano<sup>-1</sup>).

HdC= Huella de carbono total generada en la producción de arándanos (kgCO<sub>2</sub>eq).

P<sub>a</sub>= Producción total de arándano temporada 2019-2020 (kg arándano).

#### **4.4.9. Supuestos utilizados.**

Con el fin de poder concretar el cálculo de HdC en arándano, se deben asumir una serie de supuestos para poder llenar vacíos de información que suelen ocurrir.

En el presente estudio de caso, se trabaja en base a los siguientes supuestos:

-Los valores de HdC se expresan en kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente (kgCO<sub>2</sub>eq).

-Producción del campo se considera en base a la cantidad total cosechada por temporada.

-Consumo eléctrico no es considerado por contar con paneles solares que cubren el consumo.

-La maquinaria utilizada dentro del predio es propiedad de la empresa.

-No se contabilizan emisiones por concepto de traslado de residuos, siempre que este sea realizado por camión recolector perteneciente al servicio de retiro de residuos de la municipalidad.

-Compra de insumos son realizadas en camioneta de la empresa con capacidad de carga de 900 kg y rendimiento de 7 km l<sup>-1</sup>.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Los resultados obtenidos de las mediciones se representan, como resultados generales, descriptivos y por alcance de las emisiones de GEI, exclusiones y supuestos propios en la medición de HdC de este estudio de caso y propuestas para la reducción de HdC aplicables según resultados obtenidos.

### **5.1. Procesos y actividades en la producción de arándanos de la empresa estudiada.**

El proceso de cultivo y cosecha de arándano inicia estableciendo el cultivo con la variedad(es) de arándano deseada(s). Desde el inicio se deben aplicar herbicidas, fungicidas y fertilizantes que son adquiridos por la empresa (Anexo 4).

En los dos primeros años de establecido el cultivo, se efectúa poda de floración y formación, al tercer año no se realiza la poda de floración continuando solo con la poda de formación, efectuada en los meses de Junio/Julio.

La primera cosecha se obtuvo al tercer año, iniciando la temporada de cosecha la última semana de noviembre y finalizando la primera semana de febrero. Los temporeros recolectan la fruta en potes y es vaciada en bandejas que luego son reunidas en puntos estratégicos del huerto, estas son pesadas y

paletizadas, al completar el pallet este es transportado por un tractor al packing, lugar donde se realiza el proceso de selección y envasado.

Durante el año se utilizan diversos fertilizantes, fungicidas y herbicidas, estando las aplicaciones a cargo del personal de la empresa, las aplicaciones se efectúan en una etapa inicial por medio de un tractor para continuar con aplicación en las cercanías del tallo, esta operación se realiza tanto de manera manual, utilizando un pulverizador como así también por medio de fertirriego.

El riego del huerto se realiza por medio de un sistema de riego por goteo, este es alimentado por 9 paneles solares de 260 Watts cada uno, los que abastecen de energía eléctrica a dos bombas de 2 hp cada una, las que operan durante todo el día, de esta forma no se utiliza energía eléctrica del sistema interconectado para el riego.

El cultivo de arándano tiene una vida útil de 25 a 30 años, a los 25 años comienza un decaimiento de la producción acompañándose de mayor susceptibilidad a sufrir enfermedades, hongos entre otros. La empresa en estudio considera una vida útil del cultivo de 25 años.

Los residuos de poda de la temporada 2019-2020 fueron procesados en una chipeadora, disminuyendo así el tamaño de los residuos orgánicos, estos fueron puestos en el mismo huerto de arándanos junto con residuos orgánicos de menor tamaño para su descomposición y enriquecimiento del suelo. Los residuos no orgánicos de tipo domiciliario, son entregados al servicio

encargado de la recolección de basura para ser llevado al relleno sanitario de ECOBIO en la comuna de Chillán Viejo.

## **5.2. Límites de la organización.**

La empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltd. es una empresa familiar de la Región de Ñuble, entre sus actividades incluye la producción y exportación de arándano y nueces siendo los principales importadores de sus productos países de Asia y Europa. Dentro de la empresa se realizan actividades de producción, clasificación y envasado de distintos productos, siendo el almacenaje y traslado para exportación realizados por una empresa externa.

## **5.3. Límites operativos.**

Los límites operativos de la empresa Agrícola “Jorge Pérez e Hijo Ltd” se consideran en base a la clasificación de las fuentes emisoras de GEI definido en la PAS 2050 donde se dividen en emisiones de alcance 1,2 y 3, las fuentes de emisión se muestran en la Tabla 2.

## **5.4. Emisiones de GEI.**

Las categorías de emisiones consideradas en este caso de estudio, se dividen en emisiones incluidas y excluidas del cálculo de HdC las que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Emisiones incluidas y excluidas.

Alcance	Categoría emisión	Incluido/Excluido	Detalle
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola fija	Incluido	Maquinaria agrícola fija corresponde a chipeadora.
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola móvil	Incluido	Transporte terrestre. Maquinaria agrícola móvil. Tractor de la agrícola.
1	Emisiones de procesos	Excluido	En el presente estudio no se incluyen procesos adicionales al cultivo y cosecha del arándano.
1	Emisiones fugitivas	Excluido	Inexistentes en la etapa de producción.
1	Cambio de uso de suelo	Excluido	Suelo de uso agrícola de antes del año 1994. (Fuente: conocimiento de actuales dueños).
1	Agroquímicos	Incluido	Dentro de los agroquímicos utilizados esta la Urea la cual se incluye en el cálculo de HdC.
1	Combustible por adquisición agroquímicos.	Incluido	Traslado de insumos agrícolas desde Chillán, adquisición por la misma agrícola por medio de camioneta de su propiedad.
2	Adquisición de electricidad	Excluido	Abastecimiento por paneles solares (9) para sistema de regadío de arándanos y nogales.
3	Adquisición de vapor, calefacción, refrigeración y aire comprimido.	Excluido	El huerto de arándano no cuenta con refrigeración ni calefacción.
3	Movilización personal	Excluido	En la metodología descrita en la PAS 2050 no se incluye las emisiones generadas por el transporte del personal en el trayecto al predio.
3	Tratamiento y/o disposición de residuos	Excluido	Relleno sanitario. Residuos tipo domiciliarios.  Residuos generados en la etapa en estudio corresponden a residuos vegetales que no son sacados del predio.
3	Otros	Excluido	

De forma general se puede indicar que el total de emisiones de la empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. Corresponde a 4144,17 kgCO<sub>2</sub>eq distribuida en fuentes emisoras de la siguiente forma.

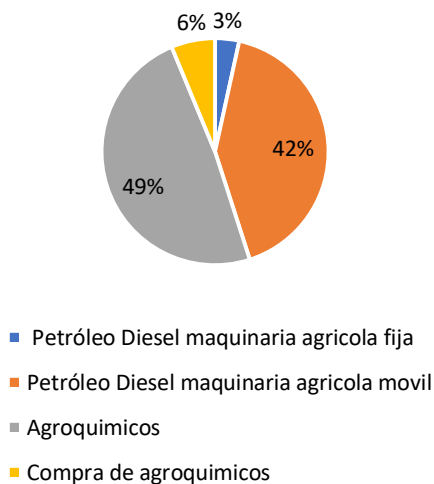


Figura 3. Comparación de emisiones por fuentes emisoras y porcentaje de participación. Fuente. Elaboración propia.

El reporte de emisiones de GEI por alcance y fuentes emisoras se muestra en la Tabla 3 en donde se puede ver que las emisiones por producción del arándano en la temporada 2019-2020 es de 0,10 kgCO<sub>2</sub>eq por kg de arándano producido en el huerto.

Tabla 3. Fuentes emisoras de GEI por alcance y CO<sub>2</sub>eq emitido.

Alcance	Fuente de emisión	CO <sub>2</sub> eq (kgCO <sub>2</sub> eq)
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola fija	142,47
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola móvil	1724,23
1	Agroquímicos	2018,47
1	Compra de agroquímicos	259,01
	Total	4144,17
	Total, por kg de arándano	0,10

Fuente. Elaboración propia.

#### 5.4.1 Alcance 1: Emisiones directas.

Dentro del alcance 1 están todas las fuentes emisoras de GEI del presente estudio, registrando un total de 4144,17 kgCO<sub>2</sub>eq correspondiendo a las emisiones generadas por el uso de petróleo Diesel de maquinaria agrícola fija utilizado en labores de poda y mantenimiento del huerto, uso de petróleo Diesel en maquinaria agrícola móvil siendo este el tractor propiedad de la agrícola que incluye; transporte terrestre de insumos dentro del huerto, aplicación de agroquímicos, transporte del fruto a packing y tratamiento de rastrojos de poda, estas emisiones se distribuyen de la siguiente manera.

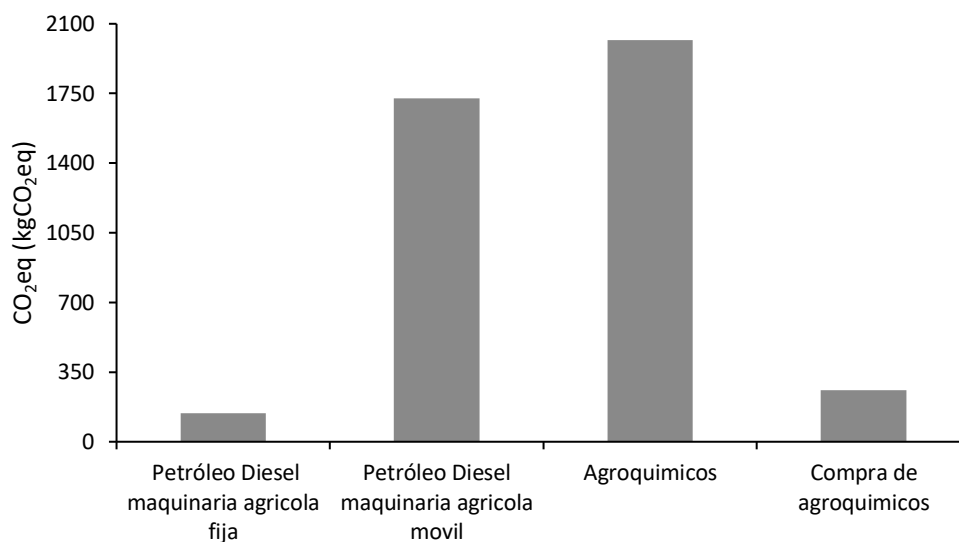


Figura 4. Emisiones de kgCO<sub>2</sub>eq anual por fuentes de emisión de alcance 1. Fuente. Elaboración propia.

#### 5.4.2. Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI.

Para el alcance 2, no se registraron emisiones, debido principalmente a la instalación de paneles solares con la que cuenta la agrícola, siguiendo las directrices de la PAS 2050, en donde se menciona que la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables no se considera en el cálculo.

La energía eléctrica generada por los paneles solares es destinada en su mayoría para abastecer de energía a la totalidad del sistema de riego y fertirriego.

#### 5.4.3. Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI.

En el presente estudio no se consideran emisiones de alcance 3.

### 5.5. Puntos Críticos.

Los resultados obtenidos permitieron identificar los puntos críticos de emisión en relación al total estimado que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación de fuente de emisión respecto al total.

Alcance	Fuente de emisión	CO <sub>2</sub> eq (kgCO <sub>2</sub> eq)	Participación (%)
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola fija	142,47	3,44
1	Petróleo Diesel maquinaria agrícola móvil	1724,23	41,61
1	Agroquímicos	2018,47	48,71
1	Compra de agroquímicos	259,01	6,25
	Total	4144,17	100

Fuente. Elaboración propia.

### 5.6. Propuestas de reducción de HdC.

En la última fase del estudio se describe las actividades necesarias para disminuir las emisiones de GEI para cada una de las fuentes de emisión incluidas las descritas en la Tabla 3, las actividades recomendadas son:

#### 5.6.1. Medidas alcance 1:

- Uso de maquinaria agrícola con mayor rendimiento: Priorizar la adquisición de maquinaria con tecnologías más eficientes y mejores rendimientos de consumo de combustible según la actividad para la cual es utilizado.

- Mantenciones periódicas: Efectuar de forma periódica las mantenciones correspondientes para cada maquinaria utilizada en las distintas actividades, manteniendo así un correcto funcionamiento y consumo de combustibles, disminuyendo también las fallas mecánicas y desgaste por uso.

- Uso de fertilizantes: El uso de cubierta vegetal con leguminosas ayuda a la fijación de N y absorción de los excesos de N aplicado, disminuyendo las emisiones de  $N_2O$  a la atmosfera.

El uso de fertilizantes orgánicos como por ejemplo compost, es una buena alternativa a los fertilizantes convencionales.

Capacitar a trabajadores: Realizar capacitaciones periódicas a los trabajadores del huerto respecto al correcto uso de la maquinaria agrícola a su disposición.

Con este conjunto de medidas se busca reducir la HdC de la producción de arándano de la empresa estudiada, siendo estas medidas aplicables bajo la realidad actual de la empresa en cuestión

### **5.7. Comparación de resultados.**

Al ser el presente estudio la primera estimación de HdC en la empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda., además de ser un tema pionero en la Región de Ñuble, no se puede realizar una comparación cercana bajo condiciones

similares, por esta razón se utilizan referencias de distintos estudios y países las que se pueden apreciar en la Tabla 5 y Figura 5.

Tabla 5. Comparación de resultados obtenidos en producción de arándano orgánico y convencional.

Lugar	Año	Tipo de cultivo	Resultado (kgCO <sub>2</sub> eq kg Arándano <sup>-1</sup> )
Canadá	2005-2008	Silvestre	0,08
		Convencional	0,24
Chile	2016	Orgánico	-0,94 - 0,69
España	2022	Convencional	1,66
		Orgánico	0,32
Italia	2013	Convencional	0,18
EE.UU	2012	Convencional	0,83
		Orgánico	0,72
Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda.	2019-2020	Convencional	0,10

Fuente. Elaboración propia.

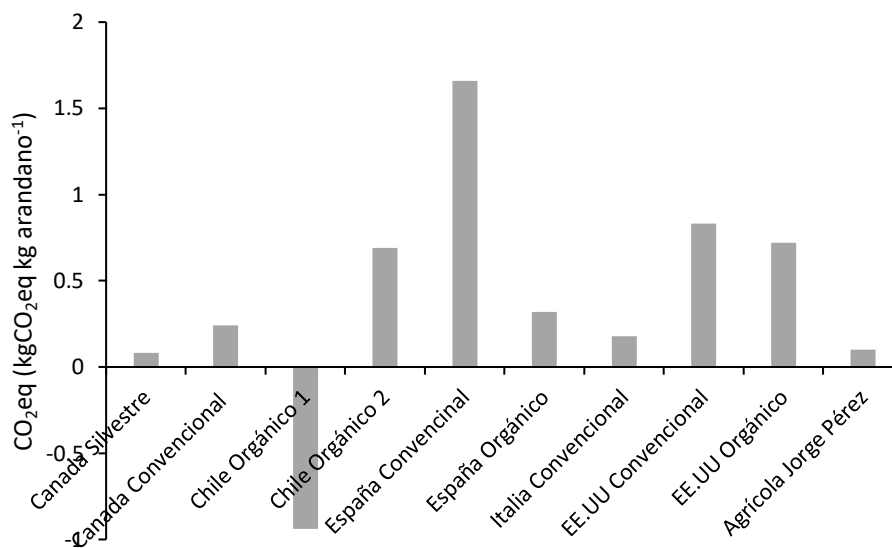


Figura 5. Resultados obtenidos en distintas mediciones. Fuente. Elaboración propia.

Analizando los resultados obtenidos en distintos estudios es que se puede ver como lo obtenido para el caso de la Agrícola en estudio son valores dentro de los parámetros esperados, siendo inferiores al común de cultivos convencionales. Es particularmente llamativo el valor negativo de uno de los estudios realizados en Chile, en donde se obtiene que la HdC para la producción del arándano es de  $-0,94 \text{ kgCO}_2\text{eq kg arándano}^{-1}$ , este valor se debe al cambio de uso de suelo que se realizó al implementar este cultivo, en donde el terreno anteriormente no poseía vegetación, sumado a que el cultivo implementado es manejado de forma orgánica, las emisiones son menores a las absorciones del huerto, lo cual se expresa con un valor negativo.

## 7. CONCLUSIONES.

Utilizando la metodología entregada por la Norma PAS 2050, se logró por primera vez la identificación de las fuentes emisoras de GEI y estimar la HdC en procesos de la empresa Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. la cual nos entregó un total de emisiones de 4144,17 kgCO<sub>2</sub>eq producidos en cultivo y cosecha de arándano para la temporada 2019-2020. Lo que genera un factor de producción de CO<sub>2</sub>eq en una medida de 1381,39 kgCO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> de arándano, que a su vez se puede representar como una generación de 0,10 kgCO<sub>2</sub>eq por kg de arándano producido.

Para estimar la HdC es esencial identificar las fuentes de emisión de GEI en cada una de las actividades y procesos llevados a cabo, de los cuales se identificaron 4 fuentes de emisión que se agruparon en emisiones de alcance 1, es decir que son emisiones directas de la empresa agrícola y están bajo el control de la misma. Dentro de las fuentes de emisión, la que representa una mayor participación en el total de CO<sub>2</sub> emitido es por agroquímicos utilizados, en específico por la urea utilizada para la fertilización del cultivo, con un 48,71% del total de emisiones.

Las medidas para la reducción de la HdC que son mencionadas en el punto 5.6 son aplicables en las condiciones actuales de la empresa, pudiendo ser variables en el tiempo o modificadas bajo nuevas estrategias.

En la empresa es destacable la utilización de energía solar para el abastecimiento eléctrico del sistema de riego, permitiendo así tener una importante disminución en las emisiones de GEI y en consecuencia una menor HdC, causado por ser una de las fuentes de energía más utilizada en el cultivo y cosecha de arándano, esto debido al constante funcionamiento de las bombas del sistema de riego.

Al observar los resultados obtenidos en otros estudios para arándano convencional, se ve que las emisiones por kg producido están entre 0,18 y 1,66 kgCO<sub>2</sub>eq mientras que en el arándano orgánico el rango está entre -0,94 y 0,72 kgCO<sub>2</sub>eq por lo que se puede apreciar que las emisiones generadas en la producción de arándano convencional en la Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda. son menores a las emisiones generadas por otras empresas agrícolas que producen arándano convencional, siendo competitivas y estando dentro del rango esperado para arándano orgánico. Considerando que no todas las empresas tienen actividades, cuidados y procesos iguales se puede inferir que la variabilidad de los resultados se debe a esto, más aún considerando que empresas como la estudiada en este caso no incurren en emisiones por consumo eléctrico como tampoco de cambio de uso de suelo.

Dentro de toda empresa u organización es destacable la importancia de mantener registros e inventarios detallados de las actividades realizadas y que generan GEI, permitiendo realizar estudios y proyectos con mayor agilidad y detalle.

## 8. LITERATURA CITADA.

1. Aguirre, K., Charania, N., Chetty, B., Weaver, H., Zhu, L., & Rajagopal, D. (2012). Life Cycle Analysis Comparison of Organic and Conventional Blueberry Production.
2. British Standards Institution. 2011. NORMA PAS 2050. Reino Unido.
3. Cordes H, Iriarte A & Villalobos P, 2016, Evaluating the carbon footprint of Chilean organic blueberry production. *Int J Life Cycle Assess.* 21(3): 281-292.
4. Girgenti, V. Peano, C. Bounous M. & Baudino C. 2013. A life cycle assessment of nonrenewable energy use and greenhouse gas emissions associated with blueberry and raspberrry production in northern Italy. *Sci. Total Environ.* 458: 414-418.
5. Hertwich, E. G., Peters, G. P. 2009. Huella de carbono de las naciones: un análisis global vinculado al comercio. *Ciencia y tecnología ambientales.* 43 (16): 6414–6420.
6. Huella Chile. 201?. Historia. [En línea]. Ministerio del Medio Ambiente. <<https://huellachile.mma.gob.cl/historia/>>. [Consulta: 02 agosto 2022].
7. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [En línea]. <<https://www.ipcc->

- nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>. [Consulta: octubre 2022].
8. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri, R.K. & Meyer L.A. Ginebra, Suiza.
  9. Ministerio de Energía Gobierno de Chile. 2022. Informe Balance Nacional de Energía 2020. Santiago de Chile.
  10. Ministerio del Medio Ambiente. s.f. Huella de Carbono [en línea]. <<https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>>. [Consulta: 14 noviembre 2022].
  11. Ministerio del Medio Ambiente. 2022. Sistema de Certificación Ambiental Municipal. [En línea]. <<https://educacion.mma.gob.cl/gestion-local/sistema-de-certificacion-ambiental-municipal/>>. [Consulta: 02 agosto 2022].
  12. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura. 2020. Competitividad agrícola chileno y peruana. [en línea]. Guerrero López A., Opitz Guerrero R. <<https://www.odepa.gob.cl/asuntos-internacionales/competitividad-del-sector-agricola-chileno-y-peruano-febrero-de-2020>>. [Consulta: 15 marzo 2023].

13. Percival D., Dias G. (2014). Energy consumption and greenhouse gas production in wild blueberry production. pp: 163-168. In: O. van Kooten and F. Brouns (Eds.). ISHS Acta horticulturae 1017: X International Symposium on Vaccinium and Other Superfruits. Canadá.
14. Pérez, R., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2022). Environmental behaviour of blueberry production at small-scale in Northern Spain and improvement opportunities. *Journal of Cleaner Production* 339 (130594).
15. Pulido M. 2018. Los beneficios del cálculo de la huella de carbono. [en línea]. Pulgarma. <<https://www.pulgarma.es/los-beneficios-del-calculo-de-la-huella-de-carbono/>>. [Consulta: 13 septiembre 2022].
16. The Economist. 2011. FOLLOWING THE FOOTPRINTS. [en línea]. <<https://www.economist.com/technology-quarterly/2011/06/04/following-the-footprints>>. [Consulta: 20 agosto 2022].
17. Useros, J.L. 2013. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *An Real Acad Med Cis Vall.* 50: 71-98.

## **9. ANEXOS.**

### **Anexo 1: Entrevista presencial.**

1.- Productos que producen dentro de la agrícola.

Se producen nueces y arándanos. De los cuales 8 hectáreas son de nogales y 3 corresponden a arándanos.

2.- Consumo de combustibles para uso de maquinaria, autos camiones para el cultivo y cosecha de arándano.

Se utiliza esencialmente petróleo Diesel aproximadamente 670 litros en los huertos.

3.- Manejo/proceso de rastrojos de poda.

Se utiliza una rana para desmalezar y una chipeadora para los rastrojos. Utilizando 50 litros de Diesel en la temporada 2019-2020.

4.- Forma de cosecha.

Cosecha manual en pote de recolección, reuniendo el arándano en bandejas que se agrupan en pallet para luego llevar a ser procesada en el packing.

5.- Que variedades de arándano cultivan.

Actualmente se cultiva del tipo Duke con 2 hectáreas, Brigitta con 0,75 y Legacy con 0,75, esta última está siendo cultivada en el último año para comenzar a reemplazar la variedad Brigitta.

En la temporada 2019-2020 se cosecho del tipo Duke y Brigitta esta con 1 hectárea.

#### 6.- Densidad de plantación.

La densidad de plantación no varía según la variedad cultivada, se mantiene en 3333 plantas por hectárea.

#### 7.- Condiciones especiales del cultivo

El cultivo es un cultivo convencional.

#### 8.- Inicio de cultivo de arándano.

Se inicia con las actividades de la agrícola en el año 2008.

#### 9.- Periodo de vida de la planta de arándano.

Comúnmente su ciclo de vida es de 30 años comenzado a disminuir la producción y ser más sensible a enfermedades a partir de los 25 años, por eso consideramos una vida útil de nuestras plantas de 25 años,

**Anexo 2: Entrevista telefónica.**

1. Como se realizan las actividades de mantención y podas del huerto.

Para mantener el huerto se pasa “rana” acoplada a un tractor chico para cortar las malezas que crezcan, mientras que la poda es realizada de forma manual, pasando luego un tractor con chipeadora de un consumo de 10 litros de Diesel por hora.

2. Insumos utilizados en el huerto.

Potes de recolección: Se compraron solo una vez y son utilizados los mismos hasta la fecha.

Bandejas: Son entregadas por la empresa que adquiere el arándano.

Manguera: Se a utilizado la misma sin ningún problema desde el inicio del huerto.

Goteros: Se reponen a medida que presentan fallas, comúnmente en cantidad de 2 por semana como máximo.

3. Cual fue el manejo que se le dio a los rastrojos de poda en la temporada 2019-2020.

Se paso rana y esos residuos quedaron dentro del mismo huerto, para los restos de poda se pasó la chipeadora dejando estos restos dentro del mismo huerto para su descomposición.

#### 4. Consumo eléctrico

Para el cultivo y cosecha de arándano se utiliza energía eléctrica principalmente en el sistema de riego que se abastece por punteras con 2 motores Pedrollo de 2hp c/u. Estos se abastecen por paneles solares que estas en la propiedad, estos son 9 en total, de 260 watts.

#### 5. Donde se realizan las compras de los agroquímicos.

Todos los insumos agrícolas, fertilizantes, pesticidas, fungicidas, etc, son adquiridos en la tienda Acoma.

#### 6. En que vehículo por el que realizan la compra de agroquímicos y que características tiene.

Las compras se realizan en la camioneta. Camioneta nissan navara. Rinde 7 km l<sup>-1</sup>. Es petrolera.

**Anexo 3. Factores de emisión.**

Fuente de emisión	GEI	FE	Unidades
Diesel. Estacionaria	CO <sub>2</sub>	2,840032	kg CO <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>
Diesel. Estacionaria	CH <sub>4</sub>	0,000115	kg CH <sub>4</sub> l <sup>-1</sup>
Diesel. Estacionaria	N <sub>2</sub> O	2,29962E-05	kg N <sub>2</sub> O l <sup>-1</sup>
Diesel. Móvil. Camino rural	CO <sub>2</sub>	2,840032	kg CO <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>
Diesel. Móvil. Camino rural	CH <sub>4</sub>	0,000159	kg CH <sub>4</sub> l <sup>-1</sup>
Diesel. Móvil. Camino rural	N <sub>2</sub> O	0,001096	kg N <sub>2</sub> O l <sup>-1</sup>
Diesel. Móvil. Carretera	CO <sub>2</sub> . Incluye emisiones CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	2,840032	kg CO <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>
Urea	C-CO <sub>2</sub>	0,2	kg C-CO <sub>2</sub> kg urea <sup>-1</sup>
N <sub>2</sub> O DIRECTA	N <sub>2</sub> O	0,01	kg N <sub>2</sub> O-N kg N <sup>-1</sup>
FC CO <sub>2</sub> -C	C a CO <sub>2</sub>	3,666667	
FC N-N <sub>2</sub> O	N a N <sub>2</sub> O	1,571429	

Fuente. Elaboración propia con base de datos del IPCC.

**Anexo 4.**

Insumos	Cantidad (kg)
Urea	762
Sulfato de potasio	672
Sulfato de magnesio	144
Ácido fosfórico 61%	75
Basfoliar Ca Flow	150
Iber Humus PS 90	150
Vitanica Si	60
Total	2013

Fuente. Elaboración propia en base a información entregada por Agrícola Jorge Pérez e Hijo Ltda.