

Guía para la gestión de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)

Marta Alfaro Valenzuela

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Andrés Morales Vargas

Magister MDL y Eficiencia Energética, Ingeniero Civil Químico



ESTÁNDAR DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE CIRUELAS DESHIDRATADAS

Apoyado por:



Colaboran:



Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Editoras:

Karina Orellana Moreina

Francisca Sepúlveda Olivares

Diseño y diagramación:

Cynthia Aguilera Fernández

2024

Dimensión **Ambiente**

Gases Efecto Invernadero

Guía para la gestión de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)

Elaborado por:

Marta Alfaro Valenzuela

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Andrés Morales Vargas

Magister MDL y Eficiencia Energética

Ingeniero Civil Químico

Índice

Índice

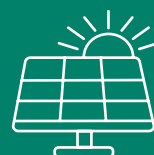
Generalidades.....	4
Introducción.....	6
1. Cuantificación de las emisiones de GEI.....	12
1.1 Límites Organizacionales.....	12
1.2 Periodo del reporte.....	13
1.3 Límites operacionales.....	13
1.3.1 Emisiones directas de GEI.....	15
1.3.2 Emisiones indirectas de GEI por energía importada.....	20
1.3.3 Otras Emisiones indirectas de GEI.....	21
1.4 Indicador de Intensidad.....	28
1.5 Reporte de emisiones de GEI.....	29
1.5 Verificación por tercera parte independiente.....	29
2. Reducir las emisiones y promover las capturas de GEI.....	30
Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	38

Generalidades

La Asociación Gremial Chileprunes, en conjunto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ha diseñado y elaborado un estándar de sustentabilidad para el sector agroindustrial de ciruelas deshidratadas, el cual se ha construido de manera participativa con todos los actores asociados a la cadena.

Esta guía pretende ser un marco de referencia para entregar los conocimientos necesarios que permitan realizar la contabilidad de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, lo cual se realiza mediante la utilización de enfoques y principios estandarizados, en conformidad con las normas chilenas NCh-ISO 14064:2019 (parte 1) y NCh-ISO 14069:2014.

El desarrollo de la determinación de las emisiones de GEI permitirá a las empresas disponer de información que pueda ser utilizada para plantear una estrategia efectiva de gestión y reducción de sus emisiones de GEI.



¿Por qué es fundamental la gestión de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)?

A continuación, cuatro puntos fundamentales para la gestión sustentable de los gases de efecto invernadero (GEI) en la producción de ciruelas deshidratadas:



1. Eficiencia energética en el secado y procesamiento

El secado de las ciruelas es uno de los procesos que más consume energía. Implementar sistemas de secado más eficientes o utilizar fuentes de energía renovable, como la energía solar o biomasa, puede reducir significativamente las emisiones de GEI.



2. Uso responsable de fertilizantes y pesticidas

Los fertilizantes sintéticos y pesticidas generan emisiones de GEI, especialmente óxidos de nitrógeno (N₂O), que es un gas con alto impacto climático. Optar por fertilizantes orgánicos o técnicas de agricultura de precisión, puede ayudar a minimizar estas emisiones.



3. Gestión sostenible del agua

Implementar técnicas de riego eficiente, como el riego por goteo, y prácticas de conservación de suelos no sólo reduce el uso de recursos, sino que también ayuda a mitigar las emisiones indirectas de GEI asociadas con el bombeo y transporte de agua.



4. Captura de carbono y manejo de residuos agrícolas

Integrar prácticas de agricultura regenerativa, como el uso de cultivos de cobertura y la rotación de cultivos, contribuye a la captura de carbono en el suelo. Además, la correcta gestión de los residuos agrícolas, como compostaje o biodigestores, evita la liberación de metano (CH₄) en la descomposición de residuos orgánicos.

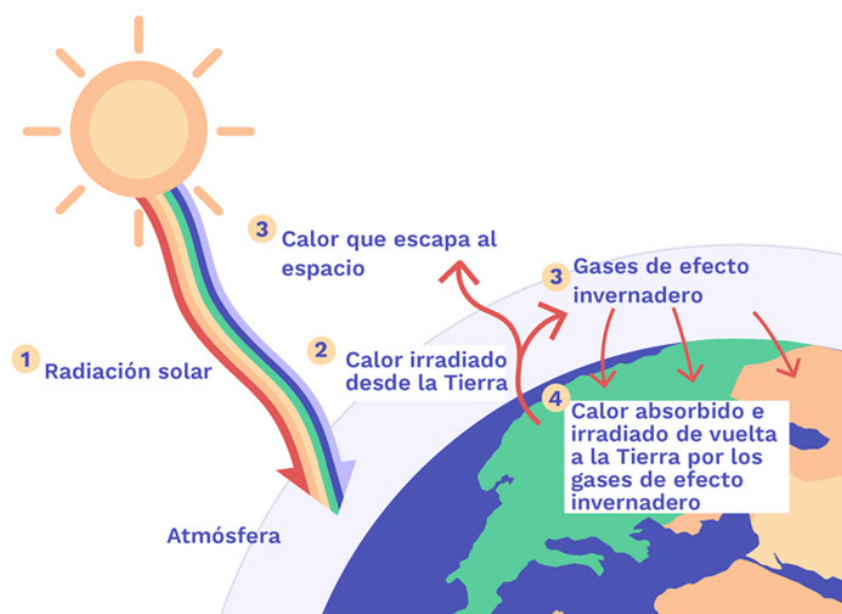
Introducción

Introducción

El aumento de la población mundial ha generado un incremento en la demanda de alimentos, que se acrecenta en la medida que aumenta el ingreso per cápita de los países, y que conlleva a una intensificación de los sistemas productivos. Cuando la intensificación productiva se realiza de manera inadecuada, puede acarrear impactos negativos sobre el medio ambiente, siendo la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) uno de los principales impactos negativos que afecta al mundo en la actualidad.

El efecto invernadero es un proceso natural en donde gases absorben parte de la radiación solar que atraviesa la atmósfera, calentando tanto la superficie del planeta como los niveles bajos de la atmósfera, lo cual permite mantener la temperatura del planeta a niveles favorables para la vida, (en torno a los 15°C), de lo contrario se estima que la temperatura del planeta bordearía los -18°C no permitiendo el desarrollo de la vida como la conocemos

Figura 1. El Efecto Invernadero.



Fuente: US EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

Aunque el efecto invernadero es un proceso natural, este ha sido alterado por la acción del ser humano desde la Revolución Industrial, cuando se comenzaron a liberar a la atmósfera grandes cantidades de gases como el anhídrido carbónico (CO_2), el óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4), lo cual está causando un aumento progresivo en la temperatura media terrestre.

La contabilidad de los GEI entrega información acerca de los gases que absorben la energía solar y mantienen el calor cerca de la superficie terrestre, en lugar de dejarlo escapar al espacio, siendo los principales gases previstos en el Protocolo de Kioto los siguientes:

- **Vapor de agua:** El vapor de agua está vinculado al ciclo del agua y, en esencia, siempre hay la misma cantidad en circulación, ya sea en estado líquido, sólido o vapor, por lo que no es un gas que se cuantifique en los reportes de GEI.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** Gas es generado principalmente en los procesos de combustión de los combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo, etc.).
- **Metano (CH₄):** Es liberado a la atmosfera desde los vertederos, las industrias y la agricultura. Una molécula de metano no permanece en la atmósfera tanto tiempo como una molécula de CO₂ (unos 12 años).
- **Óxido nitroso (N₂O):** Gas que contribuye a la destrucción del ozono estratosférico, aumentando la cantidad de radiación ultravioleta que penetra a la Tierra. Estos gases se emiten durante actividades agrícolas e industriales, en especial por el uso de fertilizantes en la agricultura, el estiércol y la quema de combustibles fósiles.
- **Hidrofluorocarbonos (HFCs):** Gases empleados en diversas aplicaciones industriales como sustancias refrigerantes, en sustitución de los Clorofluorocarbonados, los cuales fueron regulados por el protocolo de Montreal por tener elevado poder destructivo del ozono estratosférico.
- **Perfluorocarbonos (PFCs):** Compuestos sintéticos, realizados por el hombre, que contienen solamente átomos de flúor y de carbono. Son utilizados principalmente en el sector electrónico, así como en la industria cosmética y farmacéutica.
- **Hexafluoruro de azufre (SF₆):** Se utiliza como gas aislante en equipos de transmisión de la electricidad y como gas de recubrimiento en la producción de magnesio y aluminio. El valor Potencial de calentamiento global del SF₆ es de 22.800 veces más potente que el CO₂, lo que lo convierte en el gas de efecto invernadero más potente que ha evaluado el Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

Cada Gas de Efecto Invernadero posee un Potencial de Calentamiento Global (PCG) diferente, lo que representa el efecto de calentamiento relativo, en comparación con el CO₂. Para transformar las emisiones de gases a una expresión equivalente que permita sumarlos se utiliza el PCG de cada gas, lo que permite expresar todos los gases en una unidad común denominada CO₂ equivalente (CO_{2eq}).

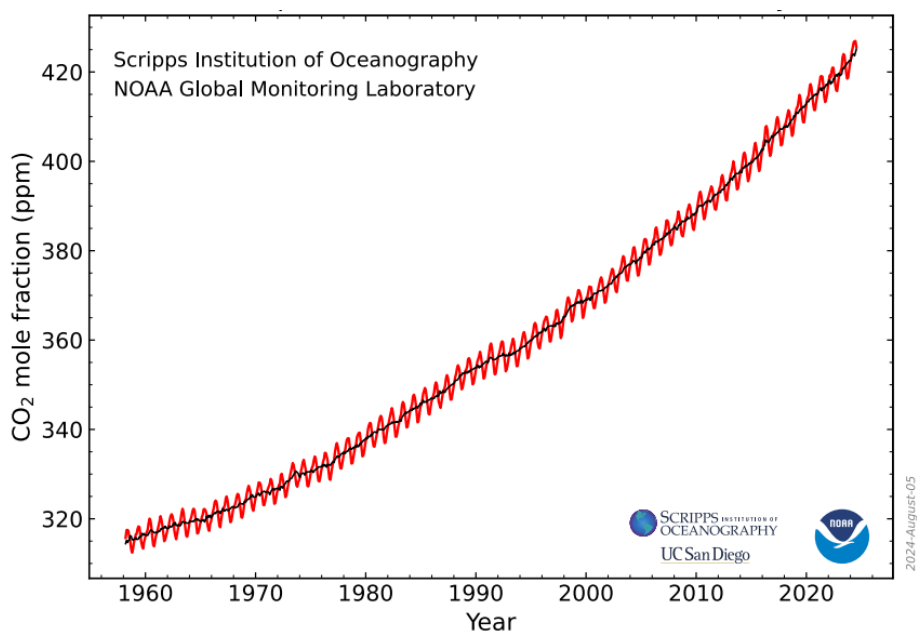
La tabla 1 nos indica los principales gases de efecto invernadero, su origen y su potencial de calentamiento global, según el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas.

Tabla 1. Principales Gases de Efecto Invernadero (GEI), potencial de calentamiento global y origen.

Gas	Fórmula	Potencial de calentamiento global (100 años)	Principales fuentes de emisión
Dióxido de carbono	CO ₂	1	Quema de combustibles fósiles.
Metano	CH ₄	28	Cultivos de arroz, practicas ganaderas y descomposición de residuos.
Óxido nitroso	N ₂ O	265	Uso de fertilizantes nitrogenados, gestión del estiércol y quema de combustibles fósiles.

Gobiernos y organizaciones de todo el mundo, como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), miden los gases de efecto invernadero, rastrean su impacto y ponen en marcha soluciones.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero se miden en partes por millón (una parte por millón equivale a una gota de agua diluida en aproximadamente 10 litros de líquido), siendo la concentración de estos gases en la atmósfera desde la 1960 a 2024 el mostrado en la Figura 2.

Figura 2. Concentración de CO₂ en la atmósfera (1960-2024).

Fuente: ESRL's Global Monitoring Laboratory (GML) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Como se aprecia en la Figura 2, la línea roja representa el promedio mensual de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, evidenciando la variabilidad en las distintas estaciones del año. La línea negra representa la misma concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, una vez corregido el ciclo estacional medido.

Emisiones de GEI a nivel mundial

Durante los últimos 20 años, las emisiones globales de dióxido de carbono (CO_2) no han dejado de crecer, alcanzando el año 2023 los 37.550 millones de toneladas de $\text{CO}_{2\text{eq}}$.

El consumo de energía es la mayor fuente de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, siendo responsable de un 76 % de las emisiones globales, seguido de la agricultura, incluyendo a la ganadería, con un 12 %, por los procesos industriales de productos químicos, del cemento y de otros con un 5,9 %, por la disposición de residuos, incluyendo vertederos y aguas residuales con un 3,3 % y el de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, así como la deforestación con un 2,8 %.

Chile y su aporte al calentamiento global

Chile no es un emisor relevante de GEI en el contexto global, con un aporte que alcanza al 0,26% de las emisiones de GEI mundiales. Sin embargo, es un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, y con una alta tasa de emisiones per cápita para la región de Latinoamérica (2,9 t CO_2 eq per cápita en 2020), valor que se ha incrementado en un 327 % desde 1990 y ha disminuido en un 7 % desde 2018.

En el año 2020, las emisiones de GEI totales del país alcanzaron a 105.551,9 kt CO_2 eq, incrementándose en un 116 % desde 1990 y disminuyendo en un 4 % desde 2018. Del total de emisiones de GEI del país, el sector Energía es el responsable del 75% de las emisiones, seguido por el sector Agrícola y Ganadero con un 11 %, el sector Residuos con un 7 % y el sector Proceso Industriales con un 7 %.

En ese mismo año, el balance de GEI de Chile (emisiones-remociones) alcanzó a 55.824,5 t $\text{CO}_{2\text{eq}}$, estando dominado por el CO_2 con un 53 % de las emisiones totales, seguido por el CH_4 y el N_2O con un 27 % y un 12 % respectivamente, y por los gases fluorados, que contabilizaron colectivamente el 8 % restante.



Cuantificación de las emisiones de GEI

1. Cuantificación de las emisiones de GEI

La cuantificación de emisiones de GEI se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, y sirve como una herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones, cómo podemos mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos.

En el presente manual nos centraremos en detallar los aspectos metodológicos para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas a nivel organizacional, también llamado inventario de GEIs corporativo, el cual se centra en la norma ISO 14064, parte 1: “Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”, desarrollada de acuerdo con el protocolo Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) del World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development, uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI derivadas de todas las actividades de una organización.

Para el desarrollo y validación de una cuantificación de emisiones de GEI a nivel organizacional es necesario realizar una serie de pasos iniciales, los cuales nos permiten definir los límites y el alcance de la medición:

- Definición de límites organizacionales.
- Definición del periodo del reporte.
- Definición de límites operacionales.
- Determinación de indicador de intensidad.
- Elaboración del reporte de emisiones de GEI.
- Verificación por tercera parte independiente.

El detalle acerca de cada uno de los pasos necesarios para el desarrollo de una cuantificación de emisiones de GEI se detalla a continuación:

1.1 Límites Organizacionales

Antes de comenzar cualquier cuantificación de emisiones de GEI a nivel organizacional, es necesario identificar los límites organizacionales en los cuales se desarrollará la medición, o sea, indicar el área geográfica para identificar la dimensión espacial o el perímetro físico del límite del inventario.

Una organización puede estar compuesta por una o más instalaciones, por lo que el inventario de GEI asociado a la organización podrá incorporar la totalidad o una fracción de éstas en el inventario de GEI, según cuál sea su participación accionaria o el control operacional que la organización ejerza sobre las operaciones realizadas en la empresa.

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.

Una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha empresa tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

Si una organización es propietaria absoluta de todas sus operaciones, su límite organizacional será el mismo, independientemente del enfoque que se utilice. En el caso de empresas que participan en otras organizaciones, se debe definir el alcance bajo uno de los siguientes enfoques.

Las empresas deben contabilizar y reportar sus datos consolidados de GEI, ya sea en términos de su participación accionaria o del control que ejercen sobre determinadas operaciones, debiendo detallar en el reporte de emisiones de GEI, los límites organizacionales considerados en el inventario de GEI.

1.2 Periodo del reporte

El periodo que debe considerar un reporte de cuantificación de emisiones de GEI es de 12 meses continuos, idealmente alineados con el año calendario, pero para el caso de empresas que operan por temporadas (Ej., temporada agrícola), el inventario puede poseer un desfase respecto al año calendario, pero de igual manera deberá considerar un periodo de 12 meses continuos.

1.3 Límites operacionales

La determinación de los límites operacionales consiste en identificar las emisiones asociadas a las operaciones de la empresa, clasificándolas como emisiones directas o indirectas de la organización.

De acuerdo con la norma ISO 14064, las emisiones de GEI se pueden clasificar según tres categorías, las cuales se detallan a continuación:

- **Alcance 1: Emisiones y remociones directas de GEI:** Las emisiones y remociones directas de GEI corresponden a las emisiones generadas en fuentes que son propiedad de la organización o controladas por ella.
- **Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada:** Emisiones producto de la generación de electricidad en el sistema eléctrico nacional o sistemas aislados (según la ubicación de la empresa), calefacción, vapor o aire comprimido que son adquiridos a un tercero y que son utilizados en las operaciones de la organización. En el caso de empresas generadoras y distribuidoras de electricidad, deben incluir la estimación de pérdidas de energía por transmisión y distribución (T&D).

- **Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI:** Emisiones que son consecuencia de las actividades de la organización, pero que no ocurren en fuentes que son controladas por la organización. Entre estas emisiones se encuentran las emisiones generadas por la producción de los insumos que la organización requiere para su operación o emisiones generadas por el transporte de carga de productos, pero que son transportados por una empresa externa, la cual fue contratada para dicho transporte.

Identificadas las tres categorías en las cuales se clasifican las emisiones de GEI en la organización, es posible proceder a la determinación de las emisiones de GEI para cada actividad, en donde la metodología de cálculo de emisiones se plantea en base al uso de factores de emisión y datos de actividad, siendo la fórmula comúnmente utilizada, la detallada a continuación.

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad} \times \text{Factor de emisión} \times \text{PCG}$$

Donde:

- **Emisiones de GEI:** Emisiones de gas de efecto invernadero generado por la actividad identificada ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}$).
- **Dato de Actividad:** Medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión.

En el caso de las emisiones asociadas al consumo de combustibles, el dato de actividad suele ser la cantidad de combustible consumido. Para las emisiones asociadas a los procesos industriales, el dato de actividad suele ser la cantidad de producción de la industria. En las emisiones asociadas a la electricidad, el dato de actividad suele ser la energía consumida en términos de kWh. Finalmente, para el caso de las emisiones del sector agroindustrial, se utilizan datos de actividad como número de cabezas de vacuno, superficie de cultivo de arroz o kilogramos de nitrógenos aplicados.

- **Factor de Emisión:** Relación entre el dato de actividad con la emisión de GEI. Comúnmente se expresa como proporción de la unidad principal, por ejemplo en $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ /unidad (dependiendo la unidad de las unidades del dato de actividad, ya sea m^3 , litros, kilogramos, toneladas, entre otras).

PCG (Potencial de calentamiento Global): Medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con un gas de referencia, $\text{CO}_{2\text{eq}}$. Los índices del potencial de calentamiento global (PCG) de los GEI incluidos en los inventarios organizacionales corresponden a los detallados en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos, sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, indicados anteriormente en la Tabla 1 del presente manual.

Detallada la metodología de cálculo de emisiones de GEI para cada actividad se profundizará acerca de cada alcance de emisiones de GEI, lo que permitirá identificar las fuentes de emisión y los factores de emisión más comunes para el sector agroindustrial.

1.3.1 EMISIONES DIRECTAS DE GEI

Las emisiones directas de gases de efecto invernadero corresponden a las emisiones que provienen de fuentes que son de propiedad o se encuentran controladas por la empresa. Las fuentes de generación de emisiones de GEI directas se clasifican en distintas categorías, las cuales corresponden a:

i. Combustión estacionaria

Corresponde a la generación de emisiones de GEI por la quema de combustibles fósiles en equipos estacionarios, tales como, equipos para generar calor, electricidad, vapor, etc., siendo los más comunes identificados en el sector agroindustrial de ciruelas deshidratadas equipos como generadores, calderas, secadores, entre otros.

Las emisiones de la combustión estacionaria incluyen varios gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como otros contaminantes atmosféricos como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2) y material particulado.

Para determinar las emisiones de GEI asociado a la quema de combustibles en equipos estacionarios, es necesario conocer el tipo de combustible utilizado, la cantidad anual usada en dicho equipo, ya sea en unidades de masa o volumen, y su factor de emisión, siendo los factores de emisión para distintos combustibles quemados en fuentes estacionarias el indicado en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de emisión para combustión estacionaria

Tipo combustible	Factor de emisión	
	kg CO_2e /t	kg CO_2e /m ³
Gasolina para motor	3106,7	2267,9
Gasolina para la aviación	3193,9	2235,7
Queroseno para motor a reacción	3176,1	2572,6
Otro queroseno	3193,8	2586,9
Gas / Diésel oil	3231,6	2714,5
Fuelóleo residual	3250,8	3072,0
Gases licuados de petróleo	2884,6	1586,5
Nafta	3372,9	2361,0
Lubricante	2964,3	-
Gas de refinería	1687,6	1,0
Otro carbón bituminoso	2878,8	-
Coque para horno de coque y coque de lignito	3224,1	-
Gas natural	2605,9	2,0
Otro biogás	1298,5	1,2

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por IPCC

ii. Combustión móvil

Corresponde a la quema de combustibles fósiles en vehículos y equipos en los cuales la quema del combustible ocurre en movimiento. Entre las fuentes de combustión móvil es posible identificar a vehículos y equipos de transporte terrestre, transporte aéreo, transporte ferroviario y transporte marítimo.

Para determinar las emisiones de GEI asociado a la quema de combustibles en equipos móviles, es necesario conocer el tipo de combustible utilizado, la cantidad anual usada en dicho equipo, ya sea en unidades de masa o volumen, y el factor de emisión asociado, siendo los factores de emisión para distintos combustibles el indicado en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores de emisión para combustión móvil

Tipo combustible	Factor de emisión	
	kg CO _{2e} /t	kg CO _{2e} /m ³
Gasolina para motor	3260,4	2380,1
Gasolina para la aviación	3198,7	2239,1
Queroseno para motor a reacción	3180,7	2576,4
Otro queroseno	3185,1	2579,9
Gas / Diésel oil	3546,2	2978,8
Fuelóleo residual	3236,7	3058,7
Gases licuados de petróleo	2958,6	1627,2
Nafta	3704,8	2593,4
Gas natural	2754,3	2,1

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por IPCC

iii. Agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo

Las actividades de la agricultura, silvicultura y cambio de uso de tierra son realizadas a diario en el sector agroindustrial, generando emisiones de gases de efecto invernadero por la oxidación y fijación de materia orgánica por medio de la fotosíntesis y por los procesos microbianos complejos asociados a la gestión y alteración humanas de los ecosistemas. Las fuentes de emisión asociadas a la agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo se detallan a continuación:

- Fermentación entérica:** Los rumiantes, como vacas y ovejas, producen metano (CH₄) durante la digestión de los alimentos. Este proceso es conocido como fermentación entérica.
- Gestión del estiércol:** El manejo y almacenamiento del estiércol generan CH₄ y N₂O. Estos gases se liberan durante la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas.

- c) **Cultivo de arroz:** Los campos de arroz inundados producen CH_4 debido a las condiciones anaeróbicas que favorecen la actividad de microorganismos metanogénicos.
- d) **Uso de fertilizantes:** La aplicación de fertilizantes nitrogenados en los cultivos libera N_2O .
- e) **Cambios en el uso del suelo:** La conversión de bosques y otros ecosistemas naturales en tierras agrícolas, libera CO_2 almacenado en la vegetación y el suelo.

Para determinar las emisiones de GEI asociado al uso de fertilizantes en actividades agrícolas y de cultivos de arroz, es necesario conocer el tipo de fertilizante utilizado, el porcentaje de nitrógeno en su composición, la cantidad anual utilizada de cada fertilizante y el tipo de clima del lugar donde es aplicado el fertilizante, siendo catalogado como clima húmedo, lugares con precipitaciones anuales mayores a 1.000 mm y, clima seco corresponde a lugares con precipitaciones anuales menores a 1.000 mm. Además, es necesario identificar el factor de emisión asociado al uso de fertilizantes nitrogenados, siendo los factores de emisión los indicados en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de emisión para fertilizantes nitrogenados

Tipo de fertilizante	Factor de emisión	Unidad
Fertilizante Sintético climas secos	3,4106	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg N}$
Fertilizante Sintético climas húmedos	8,4035	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg N}$
Fertilizante orgánico climas húmedos	4,8222	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg N}$
Fertilizante orgánico climas secos	3,6188	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg N}$

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por IPCC

Es importante indicar que, para determinar las emisiones asociadas a la fermentación entérica, la gestión del estiércol y el cambio de uso de suelo, se necesitan una serie de parámetros fisicoquímicos que varían según el tipo de animal, el tipo de gestión del estiércol, porcentaje de humedad, entre otros parámetros. Por ello, para su determinación se debe revisar en detalle cada una de las indicaciones indicadas por el IPCC en las respectivas guías para el cálculo de emisiones.

iv. Procesos industriales

Las emisiones de GEI de procesos industriales corresponde a aquellas emisiones que provienen de diversas actividades y sectores dentro de la industria. Las principales fuentes y mecanismos de generación de estas emisiones corresponden a los procesos indicados a continuación:

- a) **Producción de cemento:** La producción de cemento es una de las mayores fuentes de emisiones de CO_2 en la industria, ya que durante el proceso de calcinación, el carbonato de calcio (CaCO_3) se descompone en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO_2).

- b) **Producción de acero:** La industria siderúrgica emite grandes cantidades de CO₂ debido a la quema de coque (derivado del carbón), en los altos hornos para reducir el mineral de hierro a hierro metálico.
- c) **Producción de productos químicos:** La fabricación de productos químicos, como fertilizantes, plásticos y otros compuestos, genera emisiones de diversos GEI, incluyendo CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).
- d) **Refinación de petróleo:** Las refinerías de petróleo emiten CO₂ y otros contaminantes durante la conversión del petróleo crudo, en productos refinados como gasolina, diésel y otros combustibles.
- e) **Producción de aluminio:** La producción de aluminio requiere grandes cantidades de electricidad y emite CO₂ y otros gases fluorados durante el proceso de electrólisis.

Para determinar las emisiones de GEI asociadas a procesos industriales, es necesario conocer la cantidad producida por la planta industrial durante el periodo analizado y el factor de emisión asociado a la producción de dicha fuente. (Tabla 5).

Tabla 5. Factores de emisión para procesos industriales

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
Producción de metal	1,47	kgCO _{2eq} /t
Producción de ácido nítrico (Plantas con NSCRa)	600,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de ácido nítrico (Plantas con destrucción de N ₂ O)	745,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de ácido nítrico (Plantas a presión atmosférica)	1.490,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de cemento	520,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de ácido nítrico (Plantas a presión intermedia)	2.086,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de ácido nítrico (Plantas a alta presión)	2.682,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de cal	750,00	kgCO _{2eq} /t
Producción de vidrio	200,00	kgCO _{2eq} /t

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por IPCC

En sí, no se identifica que ocurran estos procesos en empresas del sector agroindustrial de ciruelas deshidratadas, por lo que esta categoría no aplicaría en inventarios de gases de efectos invernadero de las empresas de dicho sector, salvo por empresas que realicen en su instalación procesos de compostaje de residuos orgánicos u otro tratamiento de residuos, los cuales se deben incorporar la presente categoría en el caso que sea realizado en las instalaciones de la empresa y no sean enviados para su disposición y tratamiento por un tercero, lo cual correspondería a emisiones indirectas.

v. Emisiones fugitivas

Corresponden a emisiones de GEI que ocurren de forma no inevitable durante el uso, mantenimiento y/o recambio de equipos que contienen estos gases, siendo los principales sistemas que generan estos gases, los siguientes:

- a) **Sistemas de refrigeración y aire acondicionado:** Los equipos de refrigeración y aire acondicionado utilizan refrigerantes como los hidrofluorocarbonos (HFC), que pueden escapar a la atmósfera debido a fugas en las conexiones, válvulas y durante el mantenimiento.
- b) **Sistemas de supresión de incendios:** Algunos sistemas de extinción de incendios utilizan gases como el hexafluoruro de azufre (SF_6) y otros compuestos fluorados, que pueden liberarse accidentalmente durante su uso y/o mantenimiento.
- c) **Equipos de refrigeración industrial:** Las instalaciones industriales que utilizan grandes sistemas de refrigeración, también son una fuente significativa de emisiones fugitivas de refrigerantes como los hidrofluorocarbonos (HFC).

Para determinar las emisiones de GEI asociadas emisiones fugitivas, es necesario conocer la cantidad de gas refrigerante fugado durante el periodo analizado y el factor de emisión de dicho gas refrigerante. Por ello, normalmente se considera la cantidad de gas refrigerante repuesto durante el mantenimiento anual de los equipos de refrigeración, como las emisiones fugadas en el periodo de medición, siendo los factores de emisión para los distintos procesos el indicado en la Tabla 6.

Tabla 6. Factores de emisión para emisiones fugitivas

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
R410B	2048,15	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
R507	3985,00	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
R508A	11607,00	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
R508B	11698	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
R407B	2546,7	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-134	1120	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-134a	1300	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-143	328	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-143a	4800	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-152a	138	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$
HFC-23	12400	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por DEFRA

Para un mayor detalle acerca de factores de emisión asociados las emisiones directas de GEI se recomienda revisar las fuentes oficiales de información, las cuales poseen factores de emisión reconocidos internacionalmente, siendo ellas las siguientes:

- DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs): Disponible en <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2024>
- EPA (Environmental Protection Agency): Disponible en <https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

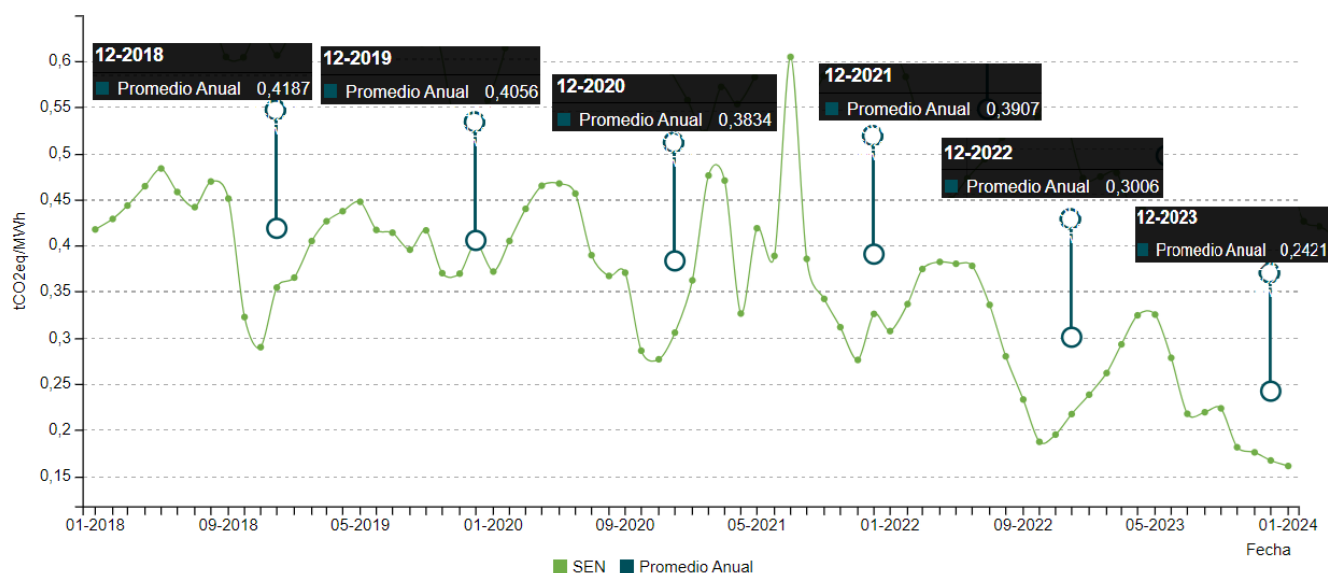
1.3.2 EMISIONES INDIRECTAS DE GEI POR ENERGÍA IMPORTADA

Las emisiones indirectas de GEI por energía importada corresponde a los gases generados por el proceso de generación de la energía adquirida por la empresa a plantas de generación de energía, tal como energía eléctrica, calor o vapor. Las principales fuentes de emisiones indirectas de energía identificadas en la empresas corresponden a:

i. Energía Eléctrica

El consumo de energía eléctrica por una organización, puede provenir de diversas fuentes, como plantas de termoeléctricas que operan con gas natural y/o diésel, centrales hidroeléctricas, plantas de energías renovables, entre otros. Estas fuentes de emisión componen el sistema eléctrico nacional, el cual depende de un mix de fuentes de generación, lo cual define el factor de emisión de la red eléctrica nacional, que se muestra en la Figura 3:

Figura 3. Factor de emisión Sistema Eléctrico Nacional. (Fuente: Ministerio de energía)



ii. Calor y vapor:

Muchas industrias utilizan calor y vapor para procesos de producción y/o calefacción. Si estos servicios son proporcionados por una planta externa, las emisiones generadas en la producción de ese calor o vapor se consideran indirectas. La determinación de estas emisiones se determina de la misma forma y con los mismos factores de emisión correspondientes a uso de combustible en equipos de combustión estacionaria, pero son clasificados como emisiones indirectas por energía importada, pues estos equipos son usados y controlados por otra organización.

Según lo identificado, para determinar las emisiones de GEI asociadas a la energía importada, es necesario conocer el tipo de energía importada por la empresa y la cantidad anual que es usada en la organización.

1.3.3 OTRAS EMISIONES INDIRECTAS DE GEI

Se catalogan como “Otras emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI)” a aquellas que resultan de las actividades diarias de una empresa organización, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad de la organización ni están bajo su control. Estas emisiones se pueden clasificar en distintas categorías:

i. Bienes y servicios adquiridos:

Las emisiones de GEI asociadas a bienes y servicios adquiridos se asocian con la fabricación de los insumos, equipos y maquinaria utilizada por la empresa, junto con las emisiones generadas por la contratación de servicios externos, como el tratamiento y suministro de agua potable, servicio de mantenimiento, servicio de construcción, entre otros servicios del sector agroindustrial.

Para determinar las emisiones de GEI asociadas a la adquisición de bienes y servicios, es necesario conocer el tipo bien o servicio adquirido por la empresa y la cantidad anual que es adquirida. Los principales factores de emisión para los distintos servicios y bienes adquiridos por el sector agroindustrial, son los indicados en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores de emisión por la adquisición de bienes y servicios

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
Agua potable: Suministro y tratamiento	0,3780	kgCO _{2eq} /m ³
Petróleo 2 (Diésel)	0,62617	kgCO _{2eq} /l
Gas licuado de petróleo	0,19147	kgCO _{2eq} /l
Gasolina	0,59792	kgCO _{2eq} /l
Gas natural	0,26409	kgCO _{2eq} /m ³
Lubricantes	0,3397	kgCO _{2eq} /l
Leña	52,14	kgCO _{2eq} /t

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
Neumáticos	3410	kgCO _{2eq} /t
Aluminio	9,16	kgCO _{2eq} /kg
Acero general	2,75	kgCO _{2eq} /kg
Acero reciclado	0,43	kgCO _{2eq} /kg
Metal: Latas de aluminio y otros metales	6519	kgCO _{2eq} /kg
Plásticos: Plástico film promedio	2590	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Polietileno de alta densidad (HDPE)	3194	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Polietileno de baja densidad (LDPE) y LLDPE	2617	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Teraftalato de Polietileno (PET)	4070	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Polipropileno (PP)	3089	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Poliestireno (PS)	3795	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Policloruro de vinilo (PVC)	3430	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Promedio	3342	kgCO _{2eq} /t
Plásticos: Rígido promedio	3199	kgCO _{2eq} /t
Fertilizante: Nitrato amonio	2,313	kgCO _{2eq} /kg
Fertilizante: Nitrogenados convencional	1,7583	kgCO _{2eq} /kg
Fertilizante: Urea	0,71	kgCO _{2eq} /kg
Fertilizante: Fosfatados	0,3394	kgCO _{2eq} /kg
Fertilizante: NPK general	0,5441	kgCO _{2eq} /kg
Papel	952,6819	kgCO _{2eq} /t
Madera y productos de madera	435	kgCO _{2eq} /t
Hormigón	134,8	kgCO _{2eq} /t
Textiles	22310	kgCO _{2eq} /t
Tintas de impresión	44423,4526	kgCO _{2eq} /t
Vidrio y productos de vidrio	894,6	kgCO _{2eq} /t
Yeso cartón	120,1	kgCO _{2eq} /t
Productos alimenticios y bebidas general	4060	kgCO _{2eq} /t

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por DEFRA

ii. Transporte de personal

Las emisiones asociadas al transporte de personal corresponden a las emisiones causadas por los traslados diarios de los trabajadores de la empresa, desde sus hogares hasta la empresa, el traslado de clientes y visitantes, y a las emisiones derivadas de los viajes de negocios realizados por los empleados, incluyendo viajes aéreos, viajes terrestres (tren, automóvil u otros).

Para determinar las emisiones de GEI asociadas al transporte de personal, se recomienda implementar encuestas al personal, en la cual indiquen el medio de transporte utilizado a diario para trasladarse desde su hogar a la empresa y la cantidad de km que recorren en dicho medio de transporte, esta información permitirá identificar el impacto anual en las emisiones de dicho medio de transporte. Además, se recomienda guardar los registros de todo viaje de negocios que realice el personal, siendo importante registrar los traslados aéreos y/o terrestres.

Los principales factores de emisión para los distintos medios de transporte de personal y/o viaje de negocios son los indicados en la Tabla 8.

Tabla 8. Factores de emisión por el transporte de personal

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
Terrestre - Taxi	0,2097	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Motocicleta	0,0922	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Vehículo particular - Diésel	0,2491	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Vehículo particular - Gasolina	0,2097	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Bus interurbano (aprox. 45 pers.)	0,0122	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Bus local (aprox. 25 pers.)	0,0274	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Bus transantiago	0,0392	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Metro	0,033	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Tren	0,049	kgCO ₂ eq/persona-km
Terrestre - Van	0,0435	kgCO ₂ eq/persona-km
Aéreo - Avión trayecto doméstico (Chile continental)	0,2787	kgCO ₂ eq/persona-km
Aéreo - Avión trayecto internacional (promedio)	0,179	kgCO ₂ eq/persona-km

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por DEFRA

iii. Transporte de carga y residuos

Las emisiones asociadas al transporte de carga y el transporte de residuos, corresponde a las emisiones generadas por el transporte de los productos generados por la empresa y de los insumos que son adquiridos para su operación diaria. Además, en esta categoría se incluye el transporte de residuos, los cuales pueden ser enviados a un relleno sanitario o a plantas para su reciclaje.

Para determinar las emisiones de GEI asociadas al transporte, es necesario conocer el origen y destino del transporte de carga (insumo, producto o residuo), lo cual permitirá determinar los kilómetros que recorre el vehículo utilizado para dicho transporte. Posteriormente, es necesario conocer la cantidad de carga transportada, lo que permite identificar las toneladas anuales transportadas en el trayecto.

Los principales factores de emisión para el transporte de productos, insumos o residuos, son los indicados en la Tabla 9.

Tabla 9. Factores de emisión por el transporte de carga y residuos

Fuente de emisión	Factor de emisión	Unidad
Aéreo - Avión trayecto doméstico (Chile continental)	4,9816	kgCO ₂ eq/t-km
Aéreo - Avión trayecto internacional (promedio)	1,4112	kgCO ₂ eq/t-km
Barco - a granel	0,0035	kgCO ₂ eq/t-km
Barco - contenedor	0,016	kgCO ₂ eq/t-km
Tren	0,0295	kgCO ₂ eq/t-km
Vehículos medianos (van) - diésel	0,5635	kgCO ₂ eq/t-km
Camión rígido promedio	0,1782	kgCO ₂ eq/t-km
Camión articulado promedio	0,0752	kgCO ₂ eq/t-km
Camión refrigerado promedio	0,1135	kgCO ₂ eq/t-km

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por DEFRA

iv. Disposición y/o tratamiento de residuos

Las emisiones de GEI asociada a la disposición y/o tratamiento de residuos, corresponden a las emisiones que se generan principalmente a través de procesos microbiológicos en la materia orgánica de los residuos sólidos, especialmente bajo condiciones anaeróbicas, como en vertederos y/o rellenos

sanitarios. Además, en esta categoría se incluyen posibles procesos de valorización de residuos entre los que se encuentra el compostaje, reciclaje, incineración y la digestión anaerobia.

Para determinar las emisiones de GEI asociadas a la disposición y/o tratamiento de residuos, es necesario conocer el tipo de residuo que la empresa desecha, la cantidad anual de dicho residuo y el destino al cual es enviado, indicando si en ese destino se realiza el reciclaje, compostaje, combustión o disposición en relleno del residuo. Los principales factores de emisión para el tratamiento y disposición de residuos, son los indicados en la Tabla 10.

Tabla 10. Factores de emisión por el tratamiento y disposición de residuos

Tipo de residuo	Combustión	Compostaje	Relleno sanitario	Digestión anaerobia	Reciclaje
	Factor de emisión kgCO ₂ eq/t				
Agregados (Escombros)	21,2808	-	1,234	-	0,9849
Plásticos: Promedio de plásticos	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: HDPE	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: LDPE y LLDPE	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: PET	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: PP	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: PS	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Plásticos: PVC	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Neumáticos	-	-	-	-	21,2808
Equipos eléctricos y electrónicos	21,2808	-	8,8841	-	21,2808
Madera	21,2808	8,9124	925,2445	-	21,2808
Baterías (post-consumo no automotriz)	-	-	8,884	-	21,2808
Construcción, Demolición y Excavación: Promedio	21,2808	-	-	-	0,9849
Vidrio	21,2808	-	8,884	-	21,2808
Metal: latas de aluminio y papel de aluminio	21,281	-	8,884	-	21,281
Metal: Chatarra Metálica	21,281	-	8,884	-	21,281
Aceite mineral	21,281	-	-	-	21,281
Papel	21,2808	8,9124	1164,3904	-	21,2808
Cartón	21,2808	8,9124	1164,3904	-	21,2808
Residuos orgánicos	21,2808	8,9124	655,987	8,9124	-

Tipo de residuo	Combustión	Compostaje	Relleno sanitario	Digestión anaerobia	Reciclaje
	Factor de emisión kgCO ₂ eq/t				
Residuos comerciales e industriales	21,2808	-	520,335	-	-
Residuos municipales	21,2808	-	497,0447	-	-
Textiles	21,2808	-	496,6833	-	21,2808

Fuente: Elaboración propia a partir de información entregada por DEFRA

En resumen, las fuentes de emisión que pueden ser identificadas y clasificadas en una organización se detallan en la Tabla 11, en donde se incluye el modo de registro que las empresas deberían emplear para cada una de las fuentes de emisión identificadas en la organización.

Tabla 11. Fuentes de emisión y clasificación de cada una de las emisiones de GEI que pueden ser identificadas a nivel organizacional.

Categoría	Descripción	Registro
Emisiones directas		
Combustión estacionaria	Emisiones resultantes de la combustión de combustibles en equipos tales como: calderas, generadores, hornos, turbinas, secadores, entre otras. Este combustible es comprado directamente por la organización.	Registrar combustible utilizado en cada equipo, catalogado como fuente fija, en el periodo de evaluación.
Combustión móvil	Emisiones resultantes de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la organización. Esta categoría incluye el combustible utilizado en vehículos arrendados controlados por la organización.	Registrar combustible utilizado en fuentes móviles (camionetas, automóviles, tractores, grúa horquilla, entre otros), en el periodo de evaluación.
Agricultura, Silvicultura y cambio de uso de suelo	Emisiones asociadas al uso de fertilizantes en la agricultura, al proceso de cultivo de arroz, a la ganadería (fermentación entérica, gestión del estiércol) y al cambio de uso de suelo.	Registrar el tipo, composición y cantidad de fertilizantes empelados en la organización. Registrar la cantidad de ganado que posee la empresa en el periodo de evaluación, identificando el sistema de gestión de estiércol que posee. Registrar la producción de arroz que la organización posee en el periodo de evaluación.

Categoría	Descripción	Registro
Procesos industriales	Emisiones resultantes de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales, tales como ácido nítrico, metales (acero, hierro, etc.) y productos minerales (cal, cemento, vidrio, etc.). Emisiones asociadas al tratamiento de residuos sólidos y líquidos en la organización.	Registrar el tipo de proceso que la empresa posee en sus instalaciones, identificando la producción anual. Registrar el tipo de tratamiento de residuos sólidos y/o líquidos que se realizan en las instalaciones de la empresa, indicando la disposición final de éstos. Para el caso del tratamiento de Aguas Residuales, se debe indicar el DQO o DB05 del caudal que ingresa y egresa de la planta de tratamiento.
Emisiones fugitivas	Emisiones asociadas a la fuga de gases refrigerantes de los equipos y sistemas de climatización y/o refrigeración.	Registrar el tipo de gas refrigerante utilizado en cada equipo de climatización y/o refrigeración, indicando la cantidad repuesta durante el mantenimiento de estos equipos.
Remociones	Remociones de GEI que provienen de actividades antropogénicas de uso de suelo, cambio directo de uso de suelo (aforestación, reforestación y desforestación) y manejo de bosques, dentro de los límites organizacionales.	Registrar el tipo de remoción y cantidad secuestrada durante periodo de evaluación.
Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada		
Electricidad importada	Emisiones asociadas a la generación de la electricidad que es consumida en las operaciones y actividades de la empresa.	Registrar la cantidad de energía eléctrica consumida por la organización en el periodo de evaluación, indicando el origen de dicha energía (renovable o sistema eléctrico nacional).
Pérdidas por transmisión y distribución de energía	Emisiones asociadas a la generación de energía, la cual se pierde durante la transmisión y distribución de ésta, no pudiendo ser utilizada por la organización. Estas pérdidas deben ser reportadas por las empresas distribuidoras y transmisoras de energía, por lo que NO APLICA para empresas del sector Agroindustrial.	Registrar la cantidad y tipo de energía adquirida a terceros durante el periodo de evaluación
Adquisición de otra energía importada	Emisiones asociadas a la generación de energía adquirida a terceros, tales como vapor, calefacción, refrigeración y aire comprimido.	Registrar la cantidad y tipo de energía adquirida a terceros durante el periodo de evaluación.

Categoría	Descripción	Registro
Otras emisiones indirectas de GEI		
Transporte	Emisiones asociadas al transporte realizado por terceros, ya sea transporte de personas, carga y residuos en medios terrestres, marítimos y aéreos. Este transporte es realizado en medios de transporte que no son propiedad ni están controlados por la organización.	Registrar la cantidad de viajes y el kilometraje recorrido por el medio de transporte utilizado para el transporte de personal, carga y residuos en el periodo en evaluación. Para el transporte de personal se debe indicar la cantidad de personas transportadas en cada uno de los viajes realizados. Para el transporte de carga y residuos se recomienda registrar la cantidad de carga transportada (toneladas).
Bienes y servicios utilizados	Emisiones asociadas a la extracción y producción de los bienes (materias primas e insumos) y servicios básicos que la empresa utiliza para su operación diaria. Por ejemplo: cartón, plástico, vidrio, agua potable, metal, entre otros.	Registro del tipo y cantidad de insumos y servicios adquiridos por la organización para el periodo de evaluación.
Uso de productos comercializados	Emisiones asociadas a la comercialización de productos que generen emisiones relevantes, ya sea a través de la quema de un combustible o de emisiones fugitivas. Estas emisiones deben ser reportadas por las empresas que comercializan combustibles y refrigerantes, por lo que NO APLICA para empresas del sector Agroindustrial.	Registrar el tipo y cantidad de combustible y/o gases refrigerantes que son comercializados por la empresa en el periodo de evaluación que se está reportando.
Tratamiento y/o disposición de residuos	Emisiones asociadas a la disposición y/o tratamiento de residuos en empresas externas a la empresa (relleno sanitario, reciclaje, vertedero, compostaje, entre otros).	Registrar el destino, la cantidad y el tipo de residuos que es generado en la organización.

A nivel nacional, una opción para el calcular las emisiones a lo largo de la cadena productiva lo constituye el programa Huella Chile (<https://huellachile.mma.gob.cl/>), del Ministerio de Medio Ambiente de Chile.

1.4 Indicador de Intensidad

El indicador de intensidad tiene como objetivo conocer la relación entre el total de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la organización y la unidad que se defina como representativa del sector (superficie, número de trabajadores, toneladas producidas, etc.).

Ejemplo: Si el indicador seleccionado es la producción anual de la organización, se debe calcular el ratio entre las emisiones de CO_{2eq} determinadas en el inventario y la cantidad producida por la organización

en el año de inventario ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ /unidad de producto producido por la organización).

Para el caso de empresas del sector agroindustrial se recomienda realizar seguimiento a 2 indicadores de intensidad, los que corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por producción anual de la organización y a las emisiones generadas por hectáreas productivas en la organización durante el periodo evaluado.

El indicador definido por la organización servirá para monitorizar la evolución de este parámetro en el tiempo, permitiendo aplicar medidas de compensación que permitan ir evidenciando mejoras anuales, en la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero de la organización.

1.5 Reporte de emisiones de GEI

La elaboración de un reporte de emisiones de GEI debe ser elaborado en conformidad con las normas NCh-ISO 14064:2019, NCh-ISO 14065:2014; NCh-ISO 14066:2012; NCh-ISO 14069:2014 y NCh 3300:2014, en donde los principios que rigen esta cuantificación son: Pertinencia, Integridad, Coherencia, Exactitud y Transparencia.

El resultado de la cuantificación debe ser reportado en la unidad dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$), en base a los índices del potencial de calentamiento global (PCG) de los GEI incluidos (AR5).

1.6 Verificación por tercera parte independiente

El proceso de verificación de emisiones de GEI desarrollado por una tercera parte independiente, es una valoración objetiva de la precisión e integridad de la información reportada en el informe de GEI, y de la conformidad de esta información con los principios de contabilidad y reporte de GEI establecidos en las Nch ISO 14064 parte 3.

En esta etapa, la organización deberá poner a disposición del verificador toda la documentación que permita respaldar el inventario de GEI desarrollado, ya que el verificador desarrollará una revisión detallada de la integridad, exactitud y fiabilidad de los datos reportados, lo cual le permitirá determinar si existen discrepancias significativas entre los datos reportados y los datos generados a partir de la aplicación adecuada de los estándares y metodologías pertinentes, asegurándose de que se han cumplido los requisitos de información, que las estimaciones son correctas y los datos extraídos son fiables, es decir, que no contiene discrepancias materiales, entregando aseguramiento a las organizaciones, instituciones y a los grupos de interés a los cuales se les reportan las emisiones de la organización.

Por lo general, un proceso de verificación es un proceso iterativo, donde una revisión inicial puede identificar áreas de incumplimiento y/o aspectos no considerados en el inventario de GEI de la organización, por lo que el verificador ofrecerá una oportunidad a la organización para realizar las actualizaciones necesarias en el inventario de GEI antes de que se elabore el informe de verificación y se determine la conformidad con la normativa asociada, lo cual le permitirá a la empresa postular a los sellos de reconocimiento que entrega el Programa Huella Chile.



Reducir las emisiones y promover las capturas de GEI

2. Reducir las emisiones y promover las capturas de GEI

2.1 Emisiones de GEI durante la fase de producción primaria

Para la producción primaria y bajo condiciones naturales, sin adición de fertilizantes, las emisiones de N_2O , principal GEI en sistemas agrícolas, son bajas ($<0,5 \text{ kg N- } N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Estas emisiones pueden incrementarse 2,5 a 5 veces por la incorporación de dosis crecientes de fertilizante nitrogenado independientemente de la cubierta del suelo. Las emisiones son fuertemente dependientes de las características físico-químicas de los suelos y las condiciones climáticas, así la tasa de pérdida del N aplicado como fertilizante es menor al 0,6% en suelos volcánicos en Chile, siendo particularmente baja en años secos (Tabla 12), lo que es menor que el 1% considerado como valor representativo a nivel global.

Tabla 12. Emisión de óxido nitroso (N_2O) (%) para diferentes usos de suelo y distintas dosis de aplicación de N, en la zona centro-sur y sur de Chile. Promedios $\pm$ error estándar.

Uso de suelo	Dosis de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	Emisiones de N_2O ($\text{kg N-}N_2O \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)
Pradera permanente	0	0,2 a 0,4
Pradera permanente, urea	41	$0,6 \pm 0,02$
Pradera permanente, urea	200	$1,0 \pm 0,07$
Rotación maíz forrajero-avena forrajera, urea	300	$0,10 \pm 0,02$
Rotación maíz forrajero-avena forrajera, urea	200+NBPT	$0,07 \pm 0,04$

Cultivo de secano, temporada con sequía; N-(n-butil) triamida tiofosfórica

Existen tecnologías y prácticas de manejo que pueden emplearse para reducir las emisiones de N_2O , tales como:

i. Aumentar la eficiencia de uso del N aplicado como fertilizante, incorporando el principio de las 4R (por su sigla en inglés).

El aumento de la eficiencia del uso del Nitrógeno como fertilizante consiste en aplicar la dosis óptima de nutriente (*Right nutrient*), usando la fuente adecuada de fertilizante (*Right source*), en el momento correcto (*Right time*) y en el lugar correcto (*Right place*). Para ello se recomienda que:

- La fertilización debe ser balanceada, incluyendo los principales nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre). La fertilización nitrogenada es un componente más del manejo de un predio por lo que no debe buscarse sostener la producción primaria sólo en base a este nutriente.
- Ajustar la dosis de N a aplicar según la demanda del cultivo o especie frutal, que varía de acuerdo con condiciones de fertilidad del suelo y clima sitio-específicas.
- Parcializar las aplicaciones de N según los requerimientos de crecimiento del cultivo o especie frutal. En general, la mayor demanda de N se produce durante el periodo de mayor crecimiento de primavera (octubre-noviembre).
- Cuando se usa urea debe recordarse que este fertilizante (amida en su condición original) debe ser transformado en el suelo a NH_4^+ y, posteriormente, a NO_3^- para ser absorbido por la planta. Bajo condiciones de suelos chilenos este proceso completo toma de 10-15 días en primavera y de 20-25 días en invierno. Si se requiere obtener una respuesta de crecimiento rápido de las plantas, pueden emplearse fuentes tipo nitrato de amonio.
- Dado que la planta debe estar activa para hacer uso del N aplicado, el fertilizante debe aplicarse cuando existen hojas fotosintéticamente funcionales.
- Para reducir las pérdidas de N por lixiviación, debe evitarse la aplicación de N en periodo invernal o de alta precipitación, tales como primaveras húmedas (agosto-octubre). Estudios locales indican que hasta el 65% del total de N perdido por lixiviación, se pierde en este periodo. Fertilizaciones muy tempranas (agosto), pueden aumentar el riesgo de pérdidas de N por lixiviación. Asimismo, un riego inadecuado (sobre riego) puede resultar en pérdidas por lixiviación de N, siendo imperativo un adecuado control de esta práctica de manejo.
- Debido a que más del 90% de las pérdidas de N por lixiviación corresponde a la pérdida de N en la forma de nitrato, debe evitarse el uso de fertilizantes de composición nítrica (total o parcialmente) en los periodos críticos ya indicados.
- Para reducir las pérdidas por volatilización de amoniaco con aplicaciones de urea, se recomienda aplicar el fertilizante con algo de humedad, esto es, después de una lluvia suave (10 mm) o riego, dado que esto permitirá que el grano se disuelva y que el N ingrese al suelo, limitando las pérdidas por esta vía.
- Los inhibidores del ciclo del N han sido diseñados para ser usados en condiciones climáticas específicas, dependiendo del proceso que afectan. Por ello, su selección debe considerar la época de uso. Los fertilizantes con inhibidores de volatilización pueden ser empleados en condiciones cálidas y secas, mientras que los fertilizantes con inhibidores de la nitrificación pueden ser empleados en condiciones predominantes lluviosas y frías.
- El manejo de fertilización debe estar integrado al manejo general del predio, de manera de obtener el mayor beneficio productivo, económico y ambiental.

- Optimizar el manejo de los residuos orgánicos, incluyendo su colecta y acumulación, y su posterior uso como fertilizantes a nivel predial.
- Optimizar el uso de los alimentos producidos. Se estima que globalmente entre un 20% y un 40% de los alimentos producidos son desperdiciados. Reducir estas pérdidas podría disminuir proporcionalmente las necesidades de alimento en el mundo, y por tanto las emisiones de N₂O asociadas con su producción.

ii. Fertilizantes nitrogenados de liberación controlada

Una alternativa al uso de fertilizantes tradicionales es el uso de formulaciones de liberación controlada (FLC) que, al hacer aportes de nutrientes para las plantas por un período de tiempo más prolongado (1-18 meses), contribuirían a una mayor eficiencia del uso de los nutrientes por el cultivo, disminuyendo las pérdidas al ambiente.

Los FLC corresponden a i) un fertilizante granular que contiene un fertilizante soluble en agua en el interior, el cual es recubierto por un material insoluble en agua, o ii) la mezcla de un material que actúa como soporte sobre cuya superficie se adsorbe un nutriente, matriz que luego es encapsulada en un polímero.

Una desventaja potencial del uso de estos productos es el mayor costo por unidad de nutriente debido al uso de materiales encapsulantes de alto costo, y la contaminación potencial que su acumulación puede generar en el suelo, una vez terminada la liberación del nutriente.

iii. Inhibidores del ciclo del nitrógeno

Existen diferentes tipos de inhibidores del ciclo del N, siendo los más utilizados los inhibidores de la ureasa (IUs) y los inhibidores de la nitrificación (INs) (Tabla 13).

Los IUs retardan la hidrólisis de urea, y reducen la acumulación y volatilización de NH₃ proveniente del fertilizante o de la orina de ganado aplicada al suelo durante el pastoreo. Entre los IUs que han sido estudiados a nivel mundial, el más eficiente es el N-(n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT). Estos inhibidores son más eficaces cuando se aplican en condiciones predisponentes a las pérdidas de NH₃, como alta temperatura, baja humedad en el suelo y viento.

Los INs inhiben la primera etapa de la nitrificación, es decir, la oxidación de NH₄⁺ a NO₂⁻, manteniendo en el suelo durante más tiempo la forma amoniacal, reduciendo las emisiones de N₂O y la lixiviación de NO₃⁻. Entre los INs, el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP®) y la diciandiamida (DCD®) han sido los más utilizados.

Tabla 13. Ejemplos de inhibidores del ciclo del N utilizados en agricultura a nivel mundial.

Nombre químico	Nombre comercial	Acción de inhibición	Reduce
2-cloro-6-(triclorometil-piridina)	Nitrapyrin	Nitrificación	Emisiones de N_2O ; Lixiviación NO_3^-
Diciandiamida	DCD	Nitrificación	Emisiones de N_2O ; Lixiviación NO_3^-
3,4-dimetilpirazol fosfato	DMPP	Nitrificación	Emisiones de N_2O ; Lixiviación NO_3^-
2-amino-4-cloro-6-metil-piramidina	AM	Nitrificación	Emisiones de N_2O ; Lixiviación NO_3^-
N-(n-Butil) tiofosfórico triamida	NBPT Agrotain	Ureasa	Volatilización de NH_3
Fenilfosforodiamidato	PPD/PPDA	Ureasa	Volatilización de NH_3

Estudios realizados en Chile muestran hasta un 71% en la efectividad del IU en las pérdidas de N por volatilización de NH_3 y de hasta un 30% en las emisiones de N_2O con el uso de IN e IU, aunque sin aumentos de eficiencia en producción de cultivos o praderas asociado al uso de estos productos, lo que constituye una barrera para la adopción de esta tecnología.

Aunque son efectivos, los inhibidores pueden considerarse como parte de una estrategia de manejo de fertilización a nivel de productor, debido a los desafíos de la aplicación en el momento exacto, el alza en los costos de producción, la escasa o ausencia de respuesta productiva en algunos casos, y temas de contaminación asociados a la presencia de residuos de estos productos en suelo, agua y productos de consumo humano.

iv. Otras alternativas

La industria de los fertilizantes ha evolucionado rápidamente en la búsqueda de alternativas y tecnologías que permitan aumentar la sostenibilidad de los sistemas productivos agroalimentarios. Existen hoy en día alternativas que incluyen el uso de bacterias endófitas fijadoras de N ambiental, que aplicadas de manera foliar, permitan la fijación simbiótica de N. Asimismo, existen otros fertilizantes de naturaleza biológica u origen marino. Estas opciones requieren aún validación y análisis de costo-beneficio bajo las condiciones edafoclimáticas locales.

La sustitución de monocultivos de gramíneas como cubierta de la entre hileras en huertos, por mezclas que incorporen leguminosas y gramíneas es una estrategia que contribuye a mitigar las emisiones de N_2O . Las leguminosas pueden aumentar el N del suelo a través de su simbiosis de fijación de nitrógeno (N_2) con *Rhizobium* (32 y 115 kg ha^{-1} año $^{-1}$). Esto puede traducirse en una disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados por parte de los cultivos adyacentes. Este manejo contribuye además a la biodiversidad de cultivos y huertos frutales, favoreciendo la presencia de agentes polinizantes, entre otros beneficios.

Si se emplean residuos orgánicos como fertilizante, existe un potencial de emisión de GEI durante el proceso de almacenamiento y distribución. La magnitud de las emisiones depende de las características del material, las condiciones imperantes del clima, entre otros. El uso de residuos orgánicos compostados ofrece una oportunidad de captura de carbono, si se cubren las pilas de compost, durante su generación o almacenamiento, con una capa de paja o cubierta plástica para reducir la emisión de CH_4 y N_2O . Asimismo, el aireado frecuente de las pilas de compost reduce las emisiones de ambos gases. La adición de aditivos a los residuos orgánicos líquidos representa una oportunidad para la mitigación de GEI. Estos productos incluyen el uso de acidificantes, cuya inclusión para llevar el pH del purín a 6,0, reduce las emisiones de CH_4 en hasta 87% cuando es aplicado al inicio del almacenamiento.

El uso de biochar como enmienda también ha sido recomendado internacionalmente, aunque el costo ambiental y económico de su obtención, representa una fuerte limitante para su adopción.

2.2 Secuestro de carbono

No existe una opción única para favorecer el secuestro de carbono en suelos usados con fines agropecuarios, y cada sistema deberá adoptar las estrategias que mejor se adapten a sus características productivas (Tabla 14).

Las prácticas de manejo que reducen las pérdidas de C y aumentan su secuestro en el suelo incluyen:

- Evitar la labranza del suelo y la conversión de pastizales a usos arables.
- En zonas de entre hilera cubiertas por pradera de menor producción, reducir la frecuencia de corte y favorecer la fertilización balanceada, e intensificar moderadamente las zonas con cubierta vegetal permanente pobre en nutrientes, alargar el ciclo de rotación y propender a cubiertas permanentes, limitando el uso de fertilizante nitrogenado,
- Evitar cubiertas de entre hileras de baja diversidad, incorporando mezclas multi-especies,
- Incorporar materia orgánica periódicamente, por ejemplo, de residuos de poda o cosecha, estiércol o materia orgánica estabilizada,
- Combinar árboles y arbustos con la producción principal conlleva beneficios como diversificación de la matriz económica predial,
- Mantener huertos frutícolas que contemplen cuarteles de árboles jóvenes y árboles maduros, con la finalidad de mantener zonas de activo crecimiento, que secuestren carbono activamente.

Tabla 14. Factores que favorecen (+) o disminuyen (-) el secuestro de carbono en sistemas agrícolas, a escala predial.

Ámbito	Práctica	Efecto
Suelo	Contenido de arcilla	+
	Fertilización balanceada	+
	Fertilización con fuentes orgánicas	+
	Uso intensivo de nitrógeno	-
	Disminución de la compactación	+
	Control de la erosión	+
Cubierta vegetal	Cubierta de suelo en entre hilera	+
	Incorporación de leguminosas en entre hilera	+
	Corte frecuente en entre hilera	-
	Corte intenso en entre hilera	-
	Riego	+/-
	Drenaje	-
	Intensidad de poda	-
	Incorporación de residuos de poda	+
	Uso de mulch o cubiertas de suelo	+/-
Sistema	Uso de cortinas cortavientos	+
	Sistemas integrados	+
	Uso de cubiertas de cultivo	+/-

Resultados de estudios en suelos volcánicos del sur de Chile indican que estos son capaces de capturar C en la forma de CH_4 . Esta capacidad depende fuertemente de la temperatura y contenido de humedad del suelo, siendo independiente del tipo de cubierta vegetal y la fertilización nitrogenada aplicada. Su estudio y manejo, en asociación con la evaluación de la contribución de los árboles presentes en el predio, puede contribuir al desarrollo de sistemas agrícolas (suelo-planta) de emisión de carbono reducida y a la valoración de servicios ecosistémicos, aunque se requiere más investigación y desarrollo en esta área.

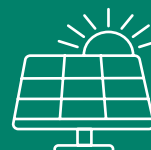
Conclusiones

A modo de conclusión, es posible indicar que la guía presentada ofrece una metodología clara y completa para que las empresas del sector agroindustrial de ciruelas deshidratadas, calculen y gestionen sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a través de la identificación de fuentes de emisión (directas e indirectas) y la aplicación de factores de emisión específicos, para obtener un inventario detallado de su huella de carbono, permitiéndoles así, comprender su impacto ambiental y tomar decisiones informadas para reducirlo.

Además, proporciona estrategias y prácticas para reducir y promover la captura de carbono. En el contexto de la producción primaria, se destacan prácticas como el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados, la optimización del manejo de residuos orgánicos y la adopción de cultivos de cobertura y rotación de cultivos.

Para generar confianza entre los consumidores, los inversionistas y otros grupos de interés, y para fomentar la adopción de prácticas sostenibles en toda la cadena de valor, la guía enfatiza la importancia de la verificación por parte de terceros independientes, lo que garantiza la transparencia y la credibilidad de los informes de emisiones de GEI.

Producto de lo anterior, la guía representa una herramienta valiosa para que las empresas del sector agroindustrial de las ciruelas deshidratadas se comprometan con la sostenibilidad y contribuyan a la lucha contra el cambio climático. Al adoptar prácticas de gestión de emisiones de GEI, las empresas no sólo reducen su impacto ambiental, sino que también mejoran su eficiencia, su reputación y su acceso a mercados cada vez más exigentes en términos de sostenibilidad.



Bibliografía

Alfaro, M. y Mejías, J. 2022. *El secuestro de carbono en los sistemas ganaderos, sus oportunidades y desafíos.* En: *Sostenibilidad en la producción ganadera*, Lainez, M., Calvet, S., Estellés, F. (eds), Editorial Cajamar Caja Rural, España, ISBN-13: 978-84-95531-63-6, pp:97-116. https://publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-monografias/monimograp-43-sostenibilidad_ganadera_w.pdf

Alfaro, M., Salazar, F., Mejías, J. 2021. *Pérdidas de nutrientes y efectos ambientales por uso de fertilizantes y enmiendas orgánicas.* En: Hirzel, J. (ed). *Fertilización de cultivos en Chile, segunda edición aumentada y corregida.* Colección de libros INIA n°44, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. pp: 521-549.

Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED). 2023. *Evaluación de los efectos adversos del cambio climático y riesgos actuales y proyectados para el sector silvoagropecuario en el marco del plan de adaptación nacional al cambio climático del sector silvoagropecuario (PANCC SAP) 2023-2027.* Santiago, Chile. 139p.

González, S. 2010. *Estudio “HUELLA DE CARBONO EN PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN AGROPECUARIOS DE CHILE.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

González, S. 2011. *Huella de Carbono de productos agropecuarios exportables.* Tierra Adentro 93, pp :66-71.

Hube, S., Alfaro, M., Scheer, C., Brunk, C., Ramírez, L., Rowlings, D., y Grace, P. 2017. *Effect of nitrification and urease inhibitors on nitrous oxide and methane emissions from an oat crop in a volcanic ash soil.* Agric. Ecosys. Environ. 238:46-54.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,* Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.). IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

Mejías, J.H., Salazar, F., Pérez, L., Hube, S., Rodríguez, M., and Alfaro, M. 2021. *Nanofertilizers: a cutting-edge approach to increase nitrogen use efficiency in grasslands.* Frontiers in Environmental Sciences 9:635114.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2023. *Informe del Inventario Nacional de Chile 2022: Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero y otros contaminantes*

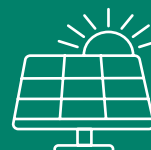
climáticos 1990-2020. Ministerio de Medio Ambiente (MMA), División de Cambio climático. Santiago, Chile. 594 p.

Gases de efecto invernadero, huella de carbono de productos, requisitos y directrices para la cuantificación - Norma Chilena ISO 14067

Gases de efecto invernadero – Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero - ISO 14064 Parte 1, 2 y 3:2019

Estándar corporativo de contabilidad y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero - GHG Protocol.

Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - IPCC.





www.ciruelacertificada.cl