
PLAN DE ACCIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA GANADERÍA BOVINA, HACIA LA CARBONO NEUTRALIDAD



Francisco Salazar Sperberg, Ing. Agr, Ph.D.
Ignacio Beltrán González, Med. Vet., Dr.

INIA- Remehue
Abril 2024

INDICE DE CONTENIDO

1. Introducción.	4
2. Plan de acción.....	5
2.1. Priorización de medidas de mitigación.	5
2.2. Brechas para la implementación de medidas de mitigación.....	6
2.3. Gobernabilidad del plan de acción.....	7
2.4. Emisiones y Remociones.	8
2.5. Ejemplos de herramientas de cálculo de GEI.	8
2.5.1. GLEAM.	8
2.5.2. HOLOS.....	9
2.5.3. Cool farm tool.....	9
2.5.4. Herramienta local – GEI_INIA.....	10
2.6. Establecimiento Línea de Base.	10
2.7. Curvas de costo marginal de abatimiento.	10
2.8. Indicadores claves de rendimiento.....	11
2.9. Programa de plantación y/o manejo de osques en predios de productores, y captura de C por praderas.	13
2.10. Incentivos para la implementación de medidas de mitigación.....	15
2.11. Sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV).	15
2.12. Extensión y capacitación.	17
2.13. Difusión y comunicación.	17
2.15. Investigación, desarrollo e Innovación.	18
3. Medidas del plan de acción propuesto para avanzar hacia la carbono neutralidad en el sector ganadero bovino nacional.....	19
4. Referencias.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de Gobernanza para el Plan de Acción hacia la carbono neutralidad para el sector ganadero nacional.....	8
Figura 2. Curva de costo marginal de abatimiento para sistemas de producción bovina de Irlanda (Lanigan et al., 2023).....	11
Figura 3. Ejemplo de utilización de la línea de base de emisiones de GEI como KPI predial.	12
Figura 4. Uso del suelo (ha) en unidades productivas agropecuarias. Elaboración propia en base a información INE (2021).	14
Figura 5. Elaboración, implementación y seguimiento de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para la ganadería bovina nacional.....	17

1. Introducción.

El aumento de la población mundial ha generado un incremento en la demanda de alimentos y en especial de proteínas de origen animal. Según Naciones Unidas (UN, 2017), la población mundial humana creció en 1 billón de habitantes entre 2005-2017, a una tasa anual de 1,10%. Esta demanda es mayor en la medida que aumenta el ingreso per cápita de los países en desarrollo, generando una intensificación de sistemas productivos ganaderos tradicionales.

El sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra es responsable por un 24% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de origen antropogénico a nivel mundial (Smith et al., 2014), mientras que la ganadería es responsable de un 14,5% de las emisiones globales de GEI (Gerber et al., 2013). Casi el 40% del total de las emisiones del ganado provienen de la fermentación entérica. A nivel Nacional, el sector Agricultura representa el 11% del total emitido por el país, estando en segundo lugar luego del sector Energía, el cual representa el 76% de las emisiones (MMA, 2023).

Estos valores nacionales e internacionales posicionan a la ganadería como una importante fuente de emisión de GEI, por ende, el identificar sus principales fuentes de emisión es fundamental al momento de implementar políticas públicas enfocadas en la mitigación para el sector. Para ello, los Inventarios de GEI (INGEI) han sido fundamentales para identificar la importancia de cada sector, considerando sus principales categorías emisoras. En el caso del Sector Agricultura (MMA, 2023), el último INGEI de Chile indica que sus principales categorías de emisión corresponden a Suelos Agrícolas, Fermentación Entérica y Manejo del estiércol, aportando el 39,8%, 39,4% y 14,5%, respectivamente. Muy por debajo se encuentran la aplicación de urea (3,6%), cultivo de arroz (1,7%), Encalado (0,6%) y quema de residuos agrícolas en el campo (0,4%).

A pesar de este impacto ambiental del sector, la ganadería provee una variedad de bienes y servicios a la sociedad y enfrenta desafíos significativos tales como consumidores cada vez más exigentes y consientes del impacto ambiental de la actividad sobre los ecosistemas y los recursos naturales y el bienestar animal (FAO,2009), y la presión por dietas flexitarianas, vegetarianas o veganas. Al mismo tiempo, se reconoce que el sector puede desempeñar una función fundamental en la mitigación del cambio climático a través de la adopción de tecnologías mejoradas, siendo también clave para alcanzar la seguridad alimentaria global.

El sector ganadero del país se ve enfrentado así a una disyuntiva, ya que debe incrementar su producción y, por otro lado, reducir su impacto sobre el medio ambiente, a fin de alcanzar la carbono neutralidad al año 2050, meta que se propuso alcanzar Chile y que forma parte de la Nueva Ley Marco de Cambio Climático, la cual entró en vigencia durante el año 2022.

El presente trabajo se enmarca en el estudio “Desarrollo de un plan de acción para la sustentabilidad de la ganadería bovina, hacia la carbono neutralidad” impulsado y apoyado por la Fundación para la

Innovación Agraria (FIA) entre 2022 y 2024, el cual ha contado con la activa participación del Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina, coordinado por ODEPA.

2. Plan de acción.

VISION.

- Propender a un sector ganadero bovino más productivo y rentable, con menores emisiones de gases efecto invernadero y mayor secuestro de carbono, adaptado al cambio climático junto con las exigencias del entorno económico y social, contribuyendo a los compromisos del país para lograr la carbono neutralidad.

OBJETIVO.

- Contribuir a la meta de carbono neutralidad del país desde los sistemas ganaderos bovinos, bajo un marco económico, social y ambiental.

2.1. Priorización de medidas de mitigación.

A continuación, se mencionan aspectos claves en la priorización de medidas de mitigación, identificados en el trabajo con el Comité de Sustentabilidad Bovina:

- Basado en información científica.
- Considerar análisis económico.
- Aspecto social (calidad de vida y beneficio social de la implementación de la medida, incluyendo externalidades).
- Impactos en salud y bienestar animal.
- Análisis marginal, costo-beneficio.
- Accesibilidad de medida.
- Co-beneficios (biodiversidad, resiliencia).

De acuerdo a lo analizado y discutido en la Comisión de Sustentabilidad de Ganadería Bovina, la priorización de medidas debe incorporar los tres pilares de la sostenibilidad: económico, ambiental y social.

Las medidas o estrategias a implementar para mitigar las emisiones de GEI deben estar basadas en información científica, idealmente generada en la misma zona edafoclimática donde se piensa implementar. Si no se cuenta con información local, se podrá utilizar información científica generada en áreas con similitudes climáticas, de suelos y de sistemas de producción. En este sentido hay países que han avanzado hacia la carbono neutralidad, realizando evaluaciones de sus sistemas

productivos, investigación y transferencia tecnológica. Un ejemplo de ello es lo realizado por Irlanda que gracias a sus avances en investigación ha podido determinar curvas de costo marginal de abatimiento que permiten priorizar las medidas de mitigación (Lanigan *et al.* 2019), analizando aspectos técnicos y económicos.

A nivel nacional, no existe información publicada que tome en cuenta en forma integrada todas estas distintas dimensiones, por lo tanto, se requiere de estudios que puedan conciliar estos aspectos para implementar medidas de mitigación, teniendo que considerar la sostenibilidad del sistema de producción.

Sin lugar a duda, el aspecto económico es esencial, por ende, debe ser considerado una evaluación económica de todas las estrategias de mitigación seleccionadas, previo a su implementación a nivel predial. Junto con ello, el aspecto social, en donde se toma en consideración la calidad de vida y externalidades es de gran importancia, como también los co-beneficios (biodiversidad, resiliencia) que la medida pueda implicar. Otro aspecto relevante es el efecto que las medidas tengan en el bienestar y salud animal, los cuales deben ser abordados por el productor. Es importante mencionar que el bienestar animal es un tema de relevancia para los consumidores de leche y carne bovina y adicionalmente, se ha visto un impacto positivo entre parámetros productivos y de bienestar animal. Por ende, no solo se lograría satisfacer las exigencias del mercado y de los consumidores, sino también optimizar la productividad del sistema.

2.2. Brechas para la implementación de medidas de mitigación.

A continuación, se mencionan las brechas identificadas con la Comisión de Sustentabilidad de Ganadería Bovina, que fueron priorizadas en un taller de trabajo con este comité.

- Costo de la tecnología.
- Acceso a la tecnología.
- Riesgo de implementación y desconocimiento.
- Extensión de la información a asesores técnicos.
- Motivación de productores para cambiar formas de producción (Ej. Beneficios, incentivos, subsidios, entre otros).
- Conciencia ambiental, económica y productiva.
- Beneficio económico de los cambios si es que se decide la implementación.
- Brecha cultural.
- Falta mirada sistémica de otras alternativas productivas (Ej. Agricultura regenerativa).
- Construir futuro en base a procesos sostenibles.

Una brecha importante es el costo de la tecnología, ya que implicará un aumento en los costos de producción y por ende una reducción de la rentabilidad de sistema. Por lo tanto, la implementación de medidas de mitigación que solo tengan un impacto ambiental y no consideren un impacto económico positivo para el sistema, tienen una baja viabilidad de adopción a nivel predial. Bajo estas condiciones, donde generalmente las medidas de mitigación carecen de un impacto económico, el principal desafío entonces será conciliar el costo de la tecnología y quién financia o bonifica la mitigación ambiental. Junto con ello, el acceso a la tecnología es de relevancia ya que implica que este idealmente probada y validada bajo condiciones locales en cuanto a la mitigación.

La adopción de la tecnología para mitigar dependerá además del nivel tecnológico de los productores y su interés por adoptar prácticas y manejos en cuanto a la mitigación de gases efecto invernadero.

La implementación de medidas de mitigación conlleva un riesgo, por el desconocimiento de parte del productor de las implicancias de la medida en su sistema de producción. Esto requiere además que los extensionistas y asesores técnicos estén capacitados para poder transferir buenas prácticas para mitigar la emisión de gases efecto invernadero.

Será importante que los productores tengan una conciencia ambiental, sin olvidar su gestión económica y productiva, esto implica que los productores adoptarán estrategias de mitigación si se concilian estas tres visiones.

2.3. Gobernabilidad del plan de acción.

Para la implementación del Plan de Acción se requiere definir su gobernabilidad, pudiendo esta estructura coordinar las distintas acciones a realizar. En base a la definición hecha durante este estudio, la coordinación de este trabajo puede estar a cargo de ODEPA y como colaboradores el Comité de Sustentabilidad de la Ganadería Bovina. Este reúne a distintos actores claves de la producción de leche y carne de Chile, estando formada tanto por representantes del sector privado como público a través de asociaciones de productores, empresas e industrias, ONG's, Consorcio Lechero, Corporación de la carne, la academia, CORFO y profesionales del Ministerio de Agricultura. De este modo, se propone que los actores que forman parte del Comité sean los encargados de dirigir los distintos equipos técnicos que se formarán a fin de asegurar la implementación y seguimiento del plan de acción. En la Figura 1 se presenta una propuesta de estructura de gobernanza para la ejecución del plan de acción.

Esta estructura permitirá priorizar las acciones a realizar, pudiendo hacer un seguimiento de ellas. El trabajo coordinado potenciará la implementación de las distintas acciones, pudiendo si se requiere en el proceso hacer ajustes y mejoras continuas de ellas con la finalidad de contribuir a lograr la carbono neutralidad al 2050.

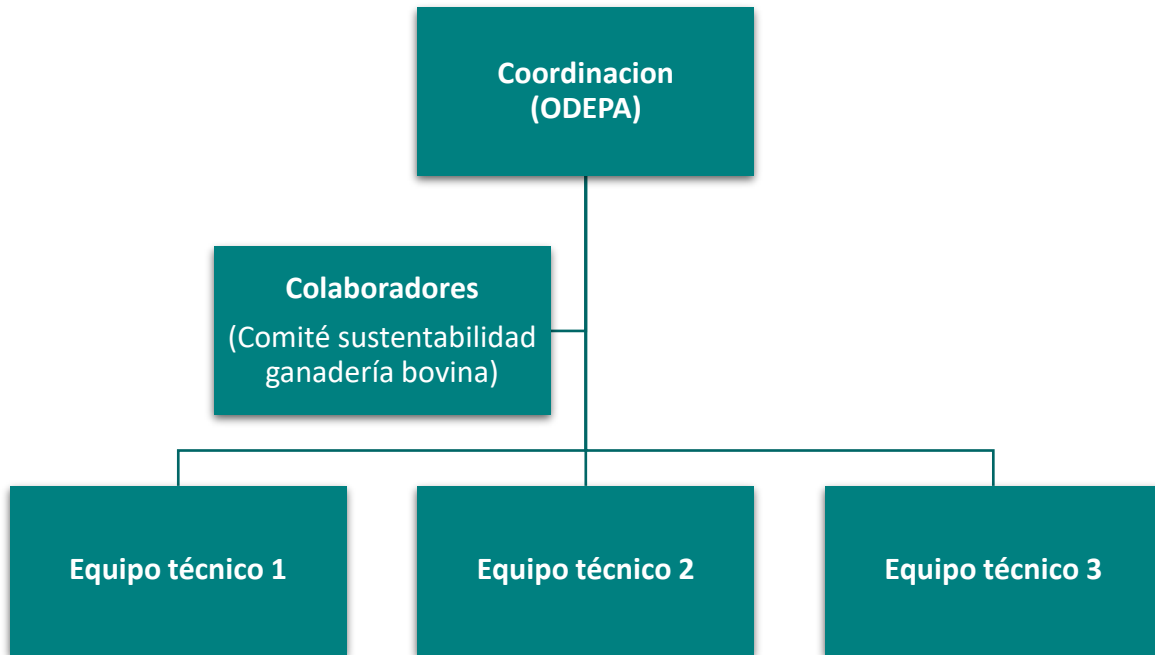


Figura 1. Estructura de Gobernanza para el Plan de Acción hacia la carbono neutralidad para el sector ganadero nacional.

2.4. Emisiones y Remociones.

Se propone implementar herramientas de cálculo para cuantificar las emisiones de GEI a nivel predial. Estas evaluaciones permitirán contar con una línea base, identificando las principales fuentes de emisión en cada predio y con ello poder definir medidas de mitigación predio específico. Junto con ello, la línea base será fundamental en la definición de reducciones de las emisiones, con compromisos y metas claramente establecidas.

A continuación, se presentan distintas herramientas, las cuales están en su mayoría disponibles en la Web. Para las estimaciones a nivel nacional se propone utilizar la herramienta de cálculo desarrollada por INIA. Esta ha sido pensada y creada en base a los distintos sistemas de producción bovina del país.

2.5. Ejemplos de herramientas de cálculo de GEI.

2.5.1. GLEAM.

La herramienta “GLEAM”¹ (*Global Livestock Environmental Assessment Model*), es un modelo desarrollado por la FAO para analizar múltiples aspectos ambientales, tales como el uso de alimentos, emisiones de GEI, cambio uso de suelo, degradación del suelo, uso del agua y nutrientes

¹ <https://www.fao.org/gleam/en/>

y sus interacciones con la biodiversidad. De este modo, permite simular los procesos y actividades que ocurren en la cadena de producción ganadera usando como metodología los enfoques de ciclo de vida (LCA). En términos de emisiones de GEI, este modelo identifica 3 principales grupos emisores de gases dentro de la cadena de producción:

1. **Emisiones “upstream”**: corresponden a emisiones que ocurren previo a las actividades al interior del predio, incluyendo la producción, procesamiento y transporte de alimentos.
2. **Emisiones “intraprediales”**: acá se consideran todas las emisiones provenientes de las actividades prediales, incluyendo fermentación entérica, manejo del estiércol y uso de la energía.
3. **Emisiones “Downstream”**: corresponde a las emisiones causadas por el procesamiento y transporte posterior al predio de los productos generados (carne y/o leche).

Las emisiones “upstreams” y “downstreams” pueden ser clasificadas como emisiones Extraprediales. Sin bien no son producidas directamente por las labores que ocurren al interior del predio, estas son requeridas para el correcto funcionamiento del sistema productivo.

2.5.2. HOLOS.

Holos² es un programa desarrollado por el Gobierno de Canadá para la estimación de emisiones de GEI y cambios en el carbono del suelo para sistemas ganaderos de Canadá. Su objetivo es mejorar la sostenibilidad ambiental de la agricultura canadiense, probando, validando y proporcionando atributos de sostenibilidad para los sistemas de producción agrícola canadienses. Mediante el uso de datos particulares de cada predio, Holos busca reducir las emisiones de GEI y aumentar las reservas de C del suelo mediante la evaluación de diferentes prácticas de manejo predial. Al ser un programa de carácter estatal, es continuamente actualizado con nuevos datos y funciones mejoradas, siendo de libre acceso para la comunidad.

Si bien es una herramienta completa en términos de emisiones y secuestro de carbono para la agricultura, al ser una herramienta de carácter nacional (Canadá), dificulta su aplicación en otros países que no comparten igual/similares condiciones productivas en términos de raza animal, nivel productivo, fertilización, bosque, etc. Por ejemplo, el modelo incluye 36 cultivos anuales y perennes, 8 tipos de plantaciones de árboles, sistemas de producción bovina (carne y leche), ovinos, porcinos, entre otros.

2.5.3. Cool farm tool.

Cool Farm tool³ (CFT) es una herramienta sin fines de lucro, desarrollada por Cool Farm Alliance. Permite cuantificar las emisiones intraprediales de GEI y secuestro de carbono. Su modelo es basado en investigaciones, bases de datos publicados y en las directrices del IPCC. Es una herramienta desarrollada para su uso comercial, por ende, está diseñada para que productores o empresas

² <https://agriculture.canada.ca/en/agricultural-production/holos>

³ <https://coolfarm.org/>

agrícolas la puedan implementar en sus sistemas productivos. Actualmente, la empresa Nestlé en Chile se encuentra usando CFT para calcular sus emisiones y capturas de carbono a nivel predial.

2.5.4. Herramienta local – GEI_INIA.

A pesar de existir diferentes modelos en la literatura, los cuales permiten estimar las emisiones de GEI intra y/o extraprediales, estos no permiten la inclusión de estrategias de mitigación país-específico o de resultados de investigación, dificultando la evaluación de escenarios de mitigación en el país.

La herramienta desarrollada por INIA (GEI_INIA) permite estimar las emisiones de carbono intraprediales para sistemas de producción bovina de leche y carne. Como se construyó usando condiciones locales y adicionalmente, pensando en evaluación de escenarios de mitigación, la herramienta puede ser adaptada para la inclusión de estrategias que apunten a reducir las emisiones intraprediales de GEI.

2.6. Establecimiento Línea de Base.

Las estrategias de mitigación a nivel nacional deberían ser focalizadas en las principales fuentes de emisión, identificadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), siendo en el caso de Chile principalmente la fermentación entérica y las emisiones desde suelos agrícolas, a través de la orina y heces depositadas en la pradera, junto con el uso de fertilizantes nitrogenados. En el caso de gestión del estiércol, si bien corresponde a la tercera fuente de emisión del Sector Agricultura, esta se vincula principalmente a la producción de cerdos, siendo de menor relevancia para el sector bovino, dado los sistemas de producción eminentemente pastoriles.

El INGEI hace una segregación por categoría animal y región, reporta los resultados agrupados por categoría de emisión. Por ende, es necesario contar con herramientas que permitan escalar desde la metodología del INGEI a nivel predial, con el objetivo de cuantificar la realidad del sector ganadero del país, sin considerar categorías de emisión no vinculadas al rubro (por ejemplo, producción de arroz). Esto permitirá establecer la línea base del sector bovino (leche y carne) del país, con el objetivo de modelar en el futuro distintos escenarios que apunten hacia la carbono neutralidad del sector, en sintonía con lo estipulado por el país en la Ley Marco de Cambio Climático, de alcanzar la carbono neutralidad al año 2050.

2.7. Curvas de costo marginal de abatimiento.

Las curvas de costo de abatimiento de gases de efecto invernadero proporcionan una base cuantitativa para determinar qué acciones serían las más efectivas en reducir las emisiones y lo que podrían costar.

Se propone realizar estas curvas utilizando investigación desarrollada en el país, de países similares en cuanto a las condiciones edafoclimáticas y juicio experto. Este trabajo permitirá evaluar las mejores medidas disponibles de mitigación de gases de efecto invernadero identificando su costo-efectividad.

Este tipo de análisis ha sido utilizado en varios países para cuantificar las emisiones del sector agricultura y también en Chile en otros rubros o sectores económicos, siendo una herramienta clave en la identificación de medidas de mitigación.

Como se mencionó previamente, a nivel mundial uno de los países con buen desarrollo en este tipo de análisis en el sector agropecuario es Irlanda. En la Figura 2 se presenta la curva marginal de abatimiento para bovinos en Irlanda.

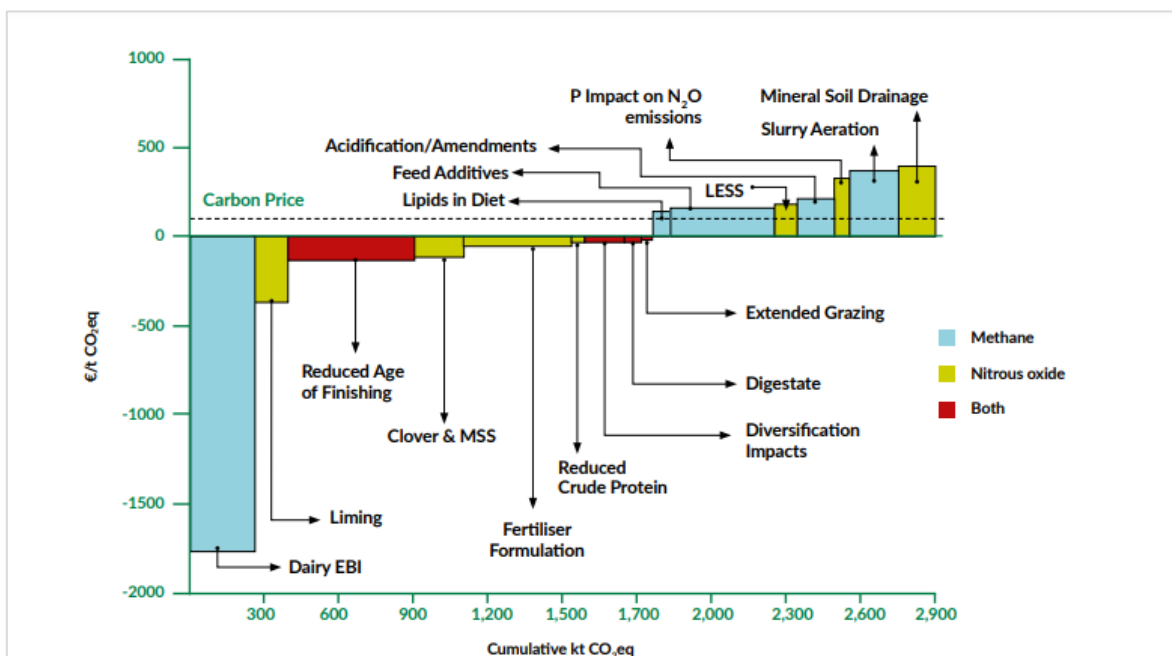


Figura 2. Curva de costo marginal de abatimiento para sistemas de producción bovina de Irlanda (Lanigan et al., 2023).

2.8. Indicadores claves de rendimiento.

Los indicadores clave de rendimiento o KPI en Inglés (*key performance indicators*) corresponden a indicadores de distintos ámbitos (reproductivo, productivo, ambiental, entre otros) que ayudan a comprender el desempeño de un sistema productivo. Estos indicadores permiten hacer comparaciones entre predios o con valores estándares del rubro productivo, por ende, suelen ser utilizados para el desarrollo de planes de mejoramiento productivo, potenciando aquellas áreas que están funcionando bien y, adicionalmente, priorizando planes de mitigación enfocadas en aquellos que se encuentren por debajo de los indicadores.

Existen indicadores específicos para evaluar la relación existente entre el nivel productivo y las emisiones de GEI asociadas. Estos indicadores expresan las toneladas de CO₂eq por unidad de producto o superficie. Entre los más utilizados a nivel internacional se encuentran:

1. kg CO₂eq/ predio / año
2. kg CO₂eq/ kg leche corregida por grasa y proteína
3. kg CO₂eq/ kg carne

4. kg CO_{2eq}/ kg proteína
5. kg CO_{2eq}/ hectárea

Sin embargo, los que se relacionan con productividad del sistema, suelen enmascarar las emisiones netas del predio (t CO_{2eq} /predio/año). Para demostrarlo, tomaremos como ejemplo los siguientes sistemas productivos, con igual número de animales, pero distinto KPI:

	N° animales	Emisiones, t CO _{2eq} /predio/año	KPI, t CO _{2eq} /t leche
Sistema 1	100	1.000	1,35
Sistema 2	100	1.200	1,20

Al analizar ambos sistemas, podemos ver que el sistema 2 tiene una intensidad de emisión (t CO_{2eq} /t leche) menor en comparación al sistema 1, sin embargo, sus emisiones totales, con igual número de animales, indica que el sistema 1 emite una menor cantidad de gases al ambiente. Por ende, es necesario realizar una correcta interpretación de los KPI ambientales utilizados en el predio para establecer si un predio tiene un baja o alta emisión.

Considerando esto, se sugiere utilizar como indicador la línea base del predio, es decir, las emisiones totales para un año inicial de contabilización. A modo de ejemplo, se puede observar en la Figura 3 un plan de reducción en las emisiones de GEI de un sistema productivo usando como indicador su línea base de emisiones. En este ejemplo, la línea base para el año 2023 corresponde a 2.131 t CO_{2eq}/año, con un plan de reducción del 60% al año 2045.

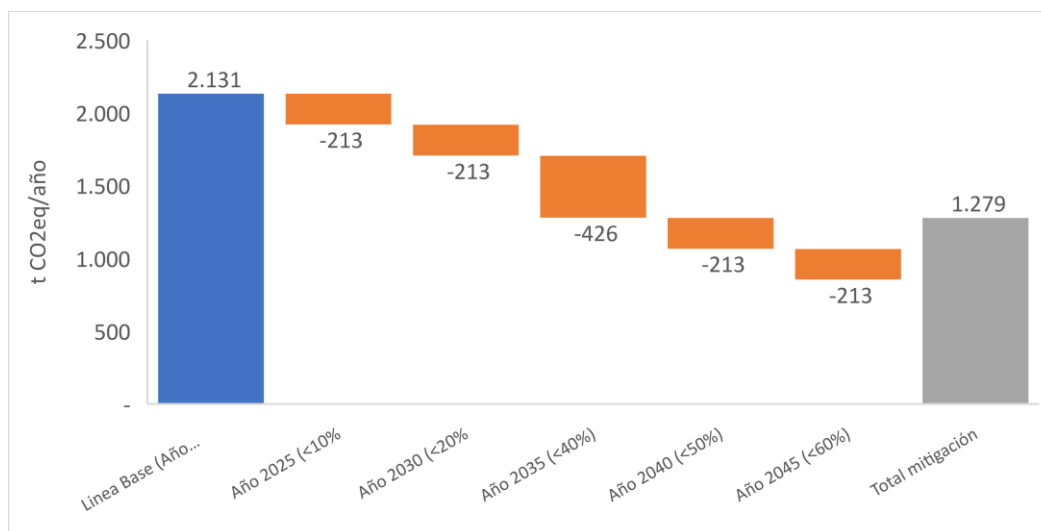


Figura 3. Ejemplo de utilización de la línea de base de emisiones de GEI como KPI predial.

En conclusión, la manera más certera de evaluar indicadores ambientales apuntados a la carbono neutralidad es utilizar las emisiones actuales de GEI del predio como línea base, sobre el cual implementar estrategias de mitigación que permitan visualizar en el corto, mediano y largo plazo, el impacto de las estrategias de mitigación implementadas en el sistema.

2.9. Programa de plantación y/o manejo de osques en predios de productores, y captura de C por praderas.

Los sistemas de producción bovina en Chile, en especial los con base a pradera, tienen un porcentaje importante de su superficie con bosque nativo y plantaciones forestales. Según datos del último Censo Agropecuario (Figura 4) esta superficie en promedio es de 26% (INE, 2021). Esto implica un alto potencial de captura de carbono.

Los árboles son una fuente importante de captura de carbono, permitiendo a los sistemas ganaderos compensar sus emisiones. Estimaciones realizadas a nivel nacional utilizando el modelo MoDiv (Bahamondez, 2020) muestran capturas importantes de carbono, dependiendo de la especie en crecimiento, siendo en general mayores las especies alóctonas de rápido crecimiento.

Se propone realizar un plan de plantaciones de árboles y/o manejo de bosques existentes en predios de productores. Para ello y poder contabilizar sus capturas, de acuerdo a la definición de bosques del país, éstos deben tener una superficie mínima de 0,5 ha y estar con algún tipo de manejo que permita un crecimiento activo del bosque, con renovales y extracción controlada de las especies arbóreas existentes. Para esta iniciativa se podrán utilizar sistemas de incentivos existentes en el país, que permitan aumentar la superficie de bosques a nivel predial.

Cabe destacar que en general los productores, en especial de los sistemas pastoriles, son proactivos en esta temática, teniendo en sus predios áreas forestadas, en especial con especies nativas, las cuales desean conservar. Esto se diferencia de otros sistemas de producción a nivel mundial, en especial sistemas de confinamiento permanente con una alta densidad de animales, con escasa o nula superficie de bosques.

Un punto importante a considerar es que según las directrices del Panel Intergubernamental de cambio climático, la captura de carbono por bosques es considerado como “sumidero natural”, por ende, no puede ser utilizado como estrategia de mitigación si no se desarrolla un plan a largo plazo de mantención y protección de zonas con bosques.

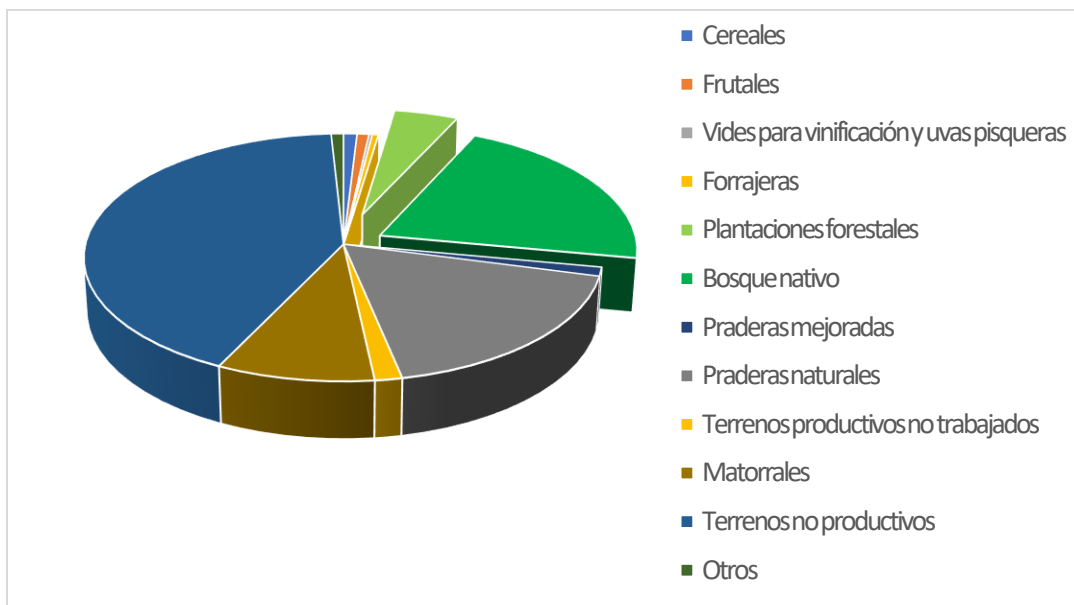


Figura 4. Uso del suelo (ha) en unidades productivas agropecuarias. Elaboración propia en base a información INE (2021).

En el ámbito de las praderas y forrajes, las emisiones de CO₂ provienen del suelo (respiración microbiana), del ecosistema (vegetales) y del intercambio neto entre la fotosíntesis y respiración (Oertel y col., 2016).

En Chile, la investigación que se ha realizado para determinar los cambios en el nivel de carbono, su captura y/o emisiones es escasa, puntual y desarrollada principalmente en suelos de la macrozona centro-sur. A nivel general, se puede indicar que, en los suelos derivados de cenizas volcánicas de esta zona, el contenido de carbono orgánico total del suelo sigue un orden decreciente desde bosques - praderas - cultivos, demostrando el efecto negativo de la acción antropogénica (Heredia y col., 2007).

La superficie destinada a forrajes, praderas naturalizadas y mejoradas en la macrozona centro-sur y sur de Chile abarcan alrededor de 1.750.000 ha, que representan el 19,9 % de la superficie de praderas a nivel nacional (Censo Agropecuario, 2021), soportando el 89,6 % de la leche entregada a planta (ODEPA, 2023a) y el 88,3 % de las existencias de ganado bovino (ODEPA, 2023b), por lo que manejos tendientes a incrementar la captura de carbono en el ámbito de las praderas son fundamentales para mejorar el balance de carbono predial y con ello, obtener una agricultura más sustentable.

Existen distintas estrategias para aumentar el contenido de C en suelos, sin embargo, a nivel nacional hay muy poca o nula investigación que permita determinar la captura de C en praderas. Considerando la superficie existente en el país con praderas este tema es clave. Actualmente en el INGEI se establece, por sugerencia metodológica del IPCC (2006) que al no tener valores nacionales se debe asumir que la emisión está en equilibrio con la captura por ende teniendo un valor 0 de captura de C.

Para el país se requerirá realizar evaluaciones que permitan determinar la captura de C por los distintos tipos de pradera, aportando con ello a la información para el INGEI y para la determinación de balance de C en predios de producción bovina.

2.10. Incentivos para la implementación de medidas de mitigación.

La mayoría de las estrategias enfocadas en reducir las emisiones de GEI a nivel predial no generan un impacto productivo, es decir, no implican una retribución económica para el productor. Por ende, la mitigación de las emisiones de GEI para alcanzar la carbono neutralidad comprometida por el país, requiere un compromiso con el sector privado y público.

- **Sector privado:** Se requiere que la industria láctea (receptora de la leche) pueda considerar incorporar en el corto plazo, incentivos en la pauta de pago de la leche asociado a mitigación de GEI según línea base u otros KPI. Este mismo incentivo podría establecerse en el sector productor de carne, otorgándole un sobreprecio a la carne producida bajo sistemas que mitigan los GEI. Cabe destacar que actualmente hay iniciativas en curso en esta temática, otorgándole un bono en el precio de la leche pagada a productor por prácticas medioambientales prediales.
- **Sector público:** Se requiere que, a nivel estatal, existan incentivos para la mitigación de GEI desde el sector agricultura, como parte del sistema voluntario de emisiones de GEI (parte de la Ley Marco de Cambio Climático). Es decir, aquellos productores que se sometan voluntariamente a cuantificar sus emisiones con su respectivo plan de mitigación, puedan recibir un incentivo por cada tonelada de mitigación. Sin embargo, es necesario crear estrategias que premien a aquellos que mantienen en el tiempo una mitigación de sus emisiones, no beneficiando a aquellos que las aumentan.

Es importante definir localmente la compra/venta de bonos de carbono, los cuales pueden incentivar a los productores a adoptar medidas de mitigación. Sin embargo, será importante considerar que si los bonos de carbono de un predio son vendidos estos ya no entran en la contabilidad de balance del mismo predio sino por la empresa/entidad compradora de estos bonos. Para ello, es fundamental que nuestro país y el sector ganadero se interiorice con la venta voluntaria de bonos de carbono y sus transacciones, generando una trazabilidad del flujo del Carbono en Chile y hacia el exterior.

2.11. Sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV).

Los sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) fueron propuestos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), como un mecanismo que permita dar seguimiento y cumplimiento a medidas de mitigación de GEI. Si bien es un sistema que permita aumentar la transparencia y confianza entre los países que forman parte de la convención, este sistema puede ser replicado a un nivel más específico, ya sea predial, regional o de proyecto. Un sistema MRV enfocado en la mitigación debe evaluar y dar seguimiento a los planes de mitigación al cambio climático, definiendo roles y responsabilidades de todos los actores involucrados en el plan

de acción. Es recomendable que cada sistema MRV esté documentado por medio de reglamentos y/o procedimientos validados por los miembros del sistema.

Los tres componentes de un sistema MRV son:

- **Monitoreo.** Corresponde al monitoreo o medición de datos/información asociada a emisiones y acciones de mitigación. En el caso particular del sector ganadero, el monitoreo estará asociado a la recopilación de datos para estimar las emisiones de GEI (cálculos). Con los resultados obtenidos en términos de emisiones de GEI, se puede evaluar si los indicadores definidos para el predio en términos de emisiones y mitigación de GEI son o no cumplidos. Ejemplo de indicadores son: 1) Dar seguimiento a la implementación de un plan de mitigación y 2) Determinar si se están o no cumpliendo las metas de mitigación.
- **Reporte.** Este paso del sistema MRV busca reportar la información monitoreada en un informe que permita dar seguimiento a los indicadores. Este informe debe presentar la metodología usada en el monitoreo, supuestos, resultados y conclusiones.
- **Verificación:** Consiste en evaluar de forma constante la información reportada en los informes, mediante una revisión o análisis realizado por un agente/entidad independiente del equipo de trabajo del sistema MRV. Esto permite garantizar la precisión y cumplimiento de los procedimientos establecidos, dando retroalimentación para su mejora en el futuro. Sin dudas, la verificación es una etapa del proceso que permite mejorar la confianza e integridad de lo reportado.

En la Figura 5 se presenta un plan de trabajo orientado a la obtención e implementación de un sistema MRV para el sector bovino. El primer paso consiste en la elaboración del sistema MRV para la ganadería nacional y/o predial, usando estándares internacionales, pero con planes de mitigación acordes a la realidad local. Una vez elaborado el sistema MRV, este debe ser validado por la empresa, asociación, región, país, etc. Este proceso es fundamental, ya que va a definir cuáles son los compromisos del productor y/o asociación gremial de productores en términos de mitigación de las emisiones de GEI. Una vez validado, se obtendrá el MRV oficial para la ganadería (predial, regional o como se decida establecer), el cual tendrá un plazo para su implementación (corto, mediano y largo plazo). Es necesario realizar un seguimiento del sistema MRV, a fin de evidenciar si los indicadores establecidos están siendo cumplidos. En el caso de no ser cumplidos, se deben identificar las razones del incumplimiento y adicionalmente, establecer un plan correctivo para cumplir con los indicadores.

Finalmente, es necesario contar con un plan de actualización del sistema MRV, basando en cambios en los indicadores, metas y/o prioridades del sistema al cual se le está aplicando un plan de mitigación. Como el proceso de actualización puede generar cambios sustanciales en la estructura del sistema, es necesario reelaborar y validar el nuevo sistema MRV.

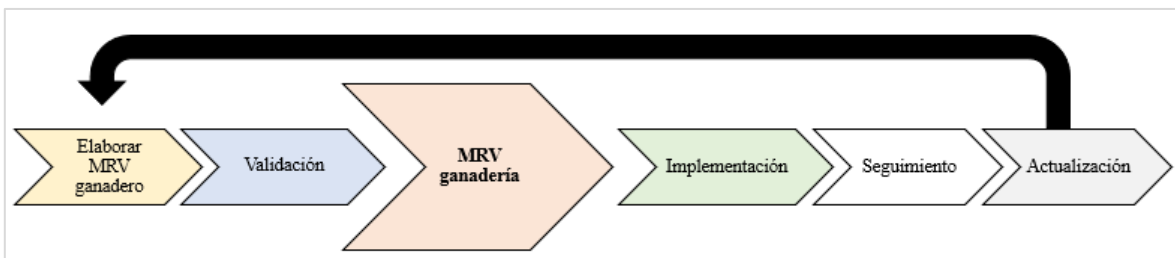


Figura 5. Elaboración, implementación y seguimiento de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para la ganadería bovina nacional.

2.12. Extensión y capacitación.

La reducción de emisiones puede implementarse en los predios de productores si está respaldada por una estrategia integral de transferencia tecnológica. En este contexto, se deberá generar un programa de capacitación en estas materias dirigido a los asesores y agricultores. En el marco de este trabajo, se entregarán los últimos avances de investigación, en cuanto a emisiones de gases efecto invernadero como de captura de carbono. El programa deberá ser diferenciado según público objetivo: agricultores y asesores. Con el objetivo de potenciar el impacto la capacitación puede ser realizada a través de los Grupos de Transferencia Tecnológica o Grupos de Transferencia de Asesores. Junto con ello el trabajo con INDAP con foco en agricultores pequeños a medianos será muy importante, pudiendo con todas estas capacitaciones llegar a todos los estratos de productores.

Se propone el poder implementar medidas de mitigación y/o captura de carbono en predios de agricultores que sean innovadores y que prioricen aspectos ambientales en su sistema de producción ('predios faro' o 'vitrinas tecnológicas'). En estos predios será importante además contar con una línea base y hacer un seguimiento de las prácticas implementadas.

De esta forma podrá extenderse la información a otros agricultores que puedan ver en terreno los avances de la implementación de distintas estrategias de mitigación de GEI a escala predial, pudiendo también ellos incorporar las estrategias evaluadas. En transferencia tecnológica la comunicación entre pares es muy importante, donde una forma de traspasar el conocimiento es que los productores toman tecnologías de otros predios donde estas hayan sido probadas.

Finalmente, se generará información técnica-divulgativa a través de boletines o guías con información de medidas de mitigación de gases efecto invernadero y captura de carbono. Esta deberá contener los últimos avances en cuanto a estas temáticas. Se considera además la realización de charlas técnicas dirigidas a productores y asesores.

2.13. Difusión y comunicación.

Esta temática es de gran importancia en el desarrollo del plan, permitiendo comunicar los objetivos y avances. La estrategia de comunicación y mensajes claves quedarán supeditados al trabajo realizado en esta temática por la Comisión de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.

2.15. Investigación, desarrollo e Innovación.

Se deberá generar información local, la cual debe estar priorizada de acuerdo a las categorías principales de emisión de gases de efecto invernadero reportadas en el país por el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. En caso de no contar con investigación local se deberá usar la generada en sistemas productivos, clima y suelo similares a nuestras principales áreas de producción ganadera.

Un factor clave en la investigación en esta temática es poder contar con financiamiento a mediano y largo plazo focalizada en las fuentes principales de emisión y/o captura. Las emisiones de gases efecto invernadero son dependientes de condiciones de clima y otros, por ello la investigación debe ser realizada abarcando distintos años de evaluación. Se deberá interactuar con las distintas fuentes de financiamiento de investigación del país para que puedan incorporar la priorización de líneas de investigación en esta temática con financiamiento a mediano y largo plazo.

Considerando los recursos destinados por el país para I+D+i esta acción permitiría focalizar los esfuerzos por las distintas fuentes de financiamiento aportando con información clave de factores de emisión locales y el impacto de medidas de mitigación.

Se deberá considerar la investigación y evaluación del impacto de medidas de mitigación en el sistema productivo, incorporando buenas prácticas para reducir la emisión de gases efecto invernadero y/o aumentar el secuestro de carbono. Esto debiera metodológicamente poder comparar distintos sistemas de producción desde extensivo a intensivos, considerando además sistemas de producción ganadería regenerativa.

Finalmente, todas las acciones propuestas deben estar sujetas a un plan de mejoramiento continuo, siendo flexibles para poder incorporar actualizaciones si son requeridas y/o cambian las condiciones del entorno adaptándose a las nuevas exigencias.

3. Medidas del plan de acción propuesto para avanzar hacia la carbono neutralidad en el sector ganadero bovino nacional.

Acción	Propuesta	Meta	Plazo	Responsable sugerido	Colaboradores sugeridos
GOBERNABILIDAD.					
1	Establecer e implementar la gobernabilidad del plan de acción.	Establecer una estructura de gobernanza conformada por representantes del sector público-privado del rubro ganadero bovino del país.	Corto Plazo	ODEPA	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina
EMISIONES Y REMOCIONES.					
2	Implementar herramienta de cálculo de emisiones y captura de carbono de uso común entre predios.	Implementar herramienta para calcular emisiones y capturas de C a nivel predial.	Mediano Plazo	INIA	Asociaciones gremiales. Consortio lechero ODEPA MMA Universidades (UACH, ULA, UFRO).
3	Establecer línea base de emisiones y captura de carbono en predios ganaderos.	Cuantificar emisiones de carbono a nivel predial para definir línea base.	Mediano Plazo	INIA Universidades INFOR	Consortio lechero CORFO SAVAL
4	Implementar programa de plantación y/o manejo de bosques en predios de productores y generación de información en captura de carbono por praderas.	Protección de actuales y nuevas tierras forestales como sumidero de carbono. Generación de información local de captura de C por praderas.	Largo Plazo	INFOR CONAF Universidades (UACH)	Consortio lechero. MINAGRI. FIA.
5	Generar curvas de costos marginal de abatimiento.	Identificar estrategias de mitigación de bajo impacto económico para el sistema productivo.	Corto Plazo	ODEPA	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.
6	Implementar KPI para sistemas productivos locales.	Definir e implementar Kpi sobre emisiones/captura de carbono a nivel predial.	Mediano Plazo	Instituciones académicas	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.
7	Evaluar la implementación de incentivos por mitigación y/o captura de carbono por el sector privado.	Desarrollo de un plan de incentivo para la mitigación y/o captura de C a nivel predial.	Mediano Plazo	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.	
8	Evaluar la implementación de incentivos desde el sector público.	Desarrollo de un plan de incentivo para la mitigación y/o captura de C a nivel predial.	Mediano Plazo	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.	
9	Generar e implementar sistema de Monitoreo, reporte y verificación (MRV).	Contar con sistema MRV para la ganadería bovina.	Mediano Plazo	INIA	ODEPA MMA

EXTENSIÓN Y CAPACITACIÓN.					
10	Desarrollo de un plan de extensión y capacitación sobre las emisiones y mitigación de GEI en la ganadería bovina.	Productores, asesores y profesionales sector público capacitados en temáticas vinculadas a la emisión y mitigación de emisiones de GEI.	Corto plazo	INIA	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.
11	Implementar y evaluar medidas de mitigación y/o secuestro de carbono en 'agricultores faro' (vitrina tecnológica).	Plan piloto de mitigación en predios "faro" (vitrina tecnológica) implementado.	Mediano plazo	Universidades INIA	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.
DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN.					
12	Generar un plan de difusión y comunicación.	Difusión de medidas de mitigación validadas para la realidad predial de Chile.	Mediano plazo	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.	FUCOA
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN.					
13	Priorizar líneas de investigación en emisiones de gases efecto invernadero, medidas de mitigación y secuestro de carbono.	Definir líneas de investigación para estimar y mitigar las emisiones y aumentar la captura de carbono en sistemas ganaderos.	Corto plazo	Centros de Investigación Universidades	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina. FIA ANID
14	Evaluar el impacto de medidas de mitigación en el sistema productivo, incorporando buenas prácticas para reducir la emisión de gases efecto invernadero y/o aumentar el secuestro de carbono.	Evaluar sistemas productivos en cuanto a emisiones, mitigación y captura de C.	Largo plazo	Universidades INIA	Comité de Sustentabilidad de Ganadería Bovina.

4. Referencias.

- Bahamondez, C. 2020. Modelo dinámico de vegetación (MoDive). Informe final, convenio Miagro. 21 p. Link de descarga del modelo: <https://ifn.infor.cl/index.php/descargas-recursos/descargas/category/13-modive>
- FAO,2009. El estado mundial de la agricultura y alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), Roma. 186p.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Herderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. and Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock a global assessment of emission and mitigation opportunities, (Food and Agriculture Organization (FAO), Roma).
- Heredia, W., Peirano, P., Borie, G., Zunino, H. y M. Aguilera. 2007. Organic carbon balance in Chilean volcanic soils after human intrusion and under different management practices, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 57: 329-334, DOI: 10.1080/09064710601029125
- INE, Instituto Nacional de Estadísticas. 2021. VIII Censo Agropecuario y Forestal, año agrícola 2020 - 2021, INE-Chile. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4, Agriculture, Forestry and Land Use. Prepared by the National Greenhouse Inventoried Programme. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (eds). IGES, Japan.
- Lanigan, G., Donnellan, T., Hanrahan, K., Paul, C., Shalloo, L., Krol, D., Forrester, P., Farrelly, N., O'Brien, D., Ryan, M., Murphy, P., Caslin, B., Spink, J., Finnan, J., Boland, AS., Upton, J., and Richards, K. 2019. An Analysis of Abatement Potential of Greenhouse Gas Emissions in Irish Agriculture 2021-2030. Gary J. Lanigan & Trevor Donnellan (eds.). 87p
- Lanigan G., Black, K., Donnellan T., Crosson P., Beausang C., Hanrahan K., Buckley C., Lahart B., Herron J., Redmond J., Shalloo L., Krol D., Forrester P., Farrelly N., O'Brien D., Lenehan J.J., Hennessy M., O'Donovan M., Wall D., O'Sullivan L., O'Dwyer T., Dineen M., Waters S., NiFlahartha N., Houlihan T., Murphy P., Spink J., Dillon P., Upton J., Richards K. 2023. MACC 2023: An Updated Analysis of the Greenhouse Gas Abatement Potential of the Irish Agriculture and Land-Use Sectors between 2021 and 2030. Teagasc, Oak Park, Carlow. 353pp.
- MMA (2023). Informe del Inventario Nacional de Chile 2022: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2020. Ministerio del Medio Ambiente (Chile). 594p.
- ODEPA, 2023a. Boletín de la leche: avance de recepción y producción de la industria láctea Información a diciembre 2022. Disponible en: https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/72071/Leche_diciembre2022.pdf
- ODEPA, 2023b. Ficha nacional. Disponible en: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/69897/FichaNacional2023.pdf>

- Oertel, C, Matschullat, J., Zurba, K. y F. Zimmermann. 2016. Greenhouse gas emissions from soils - A review. *Chem Erde* 76:3 27–352. DOI: 10.1016/j.chemer.2016.04.002
- Smith P., Bustamante M., Ahammad H., Clark H., Dong H., Elsiddig E.A., Haberl H., Harper R., House J., Jafari M., Masera O., Mbow C., Ravindranath N.H., Rice C.W., Robledo Abad C., Romanovskaya A., Sperling F., Tubiello F. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) In: Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., Farahani E., Kadner S., Seyboth K., Adler A., Baum I., Brunner S., Eickemeier P., Kriemann B., Savolainen J., Schlömer S., von Stechow C., Zwickel T., Minx J., editors. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press; Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 2014. pp. 811–922 UNFCCC. 2015. Adoption of the Paris agreement. In: United Nations/framework convention on climate change, 21st conference of the Parties FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1; 2015.
- UN. 2017. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2017. *World population prospects: the 2017 revision, key findings and advance tables*. Working Paper No. ESA/P/WP/248. Available from https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf