



PLAN SECTORIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO SECTOR AGRICULTURA

AGOSTO 2024

Contenido

I.	Contexto y antecedentes del plan	3
1.1	Contexto global y nacional del cambio climático	3
	Ley N° 21.455, Ley Marco de Cambio Climático	4
	Estrategia Climática de Largo Plazo y Presupuestos sectoriales de emisiones.....	5
	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990-2020	6
	Tendencia de las emisiones de GEI por autoridad sectorial.....	7
1.2	Antecedentes climáticos sectoriales y objetivos de mitigación	8
	Objetivos de mitigación sectorial	9
II.	Capítulo 2.- Diagnóstico sectorial	10
2.1	Presentación del sector	10
2.2	Descripción de las emisiones de GEI sectoriales	13
2.3	Actividades clave que determinan la tendencia de emisiones.....	17
2.4	Ámbito de acción habilitante	20
2.5	Análisis de tendencias del sector.....	21
2.5.1	Tendencia histórica y esperada de las emisiones.....	22
2.6	Medidas previas con impacto en las emisiones futuras	23
2.7	Estado del presupuesto sectorial	24
III.	Capítulo 3.- Medidas de mitigación	25
3.1	Levantamiento de medidas de mitigación	26
3.2	Estimación de Costos y Curvas de Costo Marginal de Abatimiento (MAC) de las medidas propuestas	29
3.3	Análisis de brechas institucionales, técnicas, legales y económicas	33
3.4	Evaluación de riesgos	35
3.5	Consolidación de resultados y análisis descriptivo de las medidas de mitigación.....	40
	Contribución del sector forestal a las acciones de mitigación	60
IV.	Capítulo 4. Indicadores de Monitoreo, Reporte y Verificación	62
4.1	Objetivo del sistema de MRV de Medidas de Mitigación del PSM de Agricultura	63
4.2	Consideraciones para la selección de indicadores	64
4.3	Indicadores sector Agricultura	66
V.	Recomendaciones de revisión o actualización de los PARCC	79

I. Contexto y antecedentes del plan

1.1 Contexto global y nacional del cambio climático

El cambio climático producido por el aumento de temperatura media de la atmósfera es una de las principales preocupaciones a escala global. Los efectos del incremento acelerado de la temperatura ya se han manifestado en distintos lugares del planeta. Sequías, eventos meteorológicos extremos, exacerbación de los incendios son algunos de los efectos que ya ocurren con regularidad en la última década.

El aumento de temperatura es provocado mayormente por la actividad del ser humano mediante la liberación de forzantes climáticos a la atmósfera, mayormente de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), entre otros. Para disminuir los efectos del cambio climático y lograr revertirlos en el largo plazo, es necesario reducir la cantidad de emisiones que liberamos en a la atmosfera y/o aumentar los sumideros de estos gases y/u otros forzantes climáticos.

Los avances del país en mitigación han estado impulsados por el cumplimiento de sus compromisos internacionales, por la voluntad política y el reconocimiento generalizado de que el cambio climático constituye uno de los principales desafíos del presente siglo para el planeta.

En concreto, el país presentó en 2020 la actualización de su Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) y profundizó sus compromisos y visión en dos grandes instrumentos: la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) y la ley N° 21.455 Ley Marco de cambio climático (LMCC). Estos instrumentos, entregan una visión de largo plazo sectorial, y les dan un carácter obligatorio a los compromisos de las NDC, reconociendo además roles a nivel sectorial y territorial.

En esta misma línea, dada la necesidad de aumentar la ambición de los compromisos de la NDC, el llamado de la ciencia y los avances en el país en materia de cambio climático y de transición socio ecológica justa, es que se materializa el fortalecimiento de la NDC como un nuevo aumento de ambición de la NDC 2020 de Chile con avances concretos que siembra el camino para la actualización de la NDC en 2025.

Respecto de la LMCC, esta define las estructuras e instrumentos para alcanzar las distintas metas planteadas a nivel nacional e internacional, siendo un punto de no retorno respecto de las ambiciones, impulsando el avance de la acción climática. La LMCC compromete la neutralidad de emisiones a más tardar a 2050, y hace vinculantes los compromisos de la NDC. Además, entrega nuevos roles, atribuciones y responsabilidades a los Ministerios de Energía, Minería, Agricultura, Salud, Obras Públicas, Transporte y Telecomunicaciones, Vivienda y Urbanismo, como Autoridades sectoriales.

La misma LMCC establece que, a través de la ECLP, se asignan presupuestos de emisiones sectoriales¹ y se definen objetivos y metas sectoriales a mediano y largo plazo. Para cumplir con esto las autoridades sectoriales deberán elaborar Planes Sectoriales de Mitigación (PSM) que además deben tener una relación

¹ Presupuesto sectorial corresponde al límite de emisiones de CO₂ eq que un sector determinado puede emitir durante un periodo determinado y cuya responsabilidad de cumplimiento recae sobre un ministerio (ver sección 3.1 de la ECLP)

con el territorio, como se señala en el artículo 8 de la LMCC. El mismo artículo señala que los PSM deberán establecer el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber gases de efecto invernadero (GEI) de manera de no sobrepasar el presupuesto sectorial de emisiones asignado a cada autoridad sectorial en la ECLP.

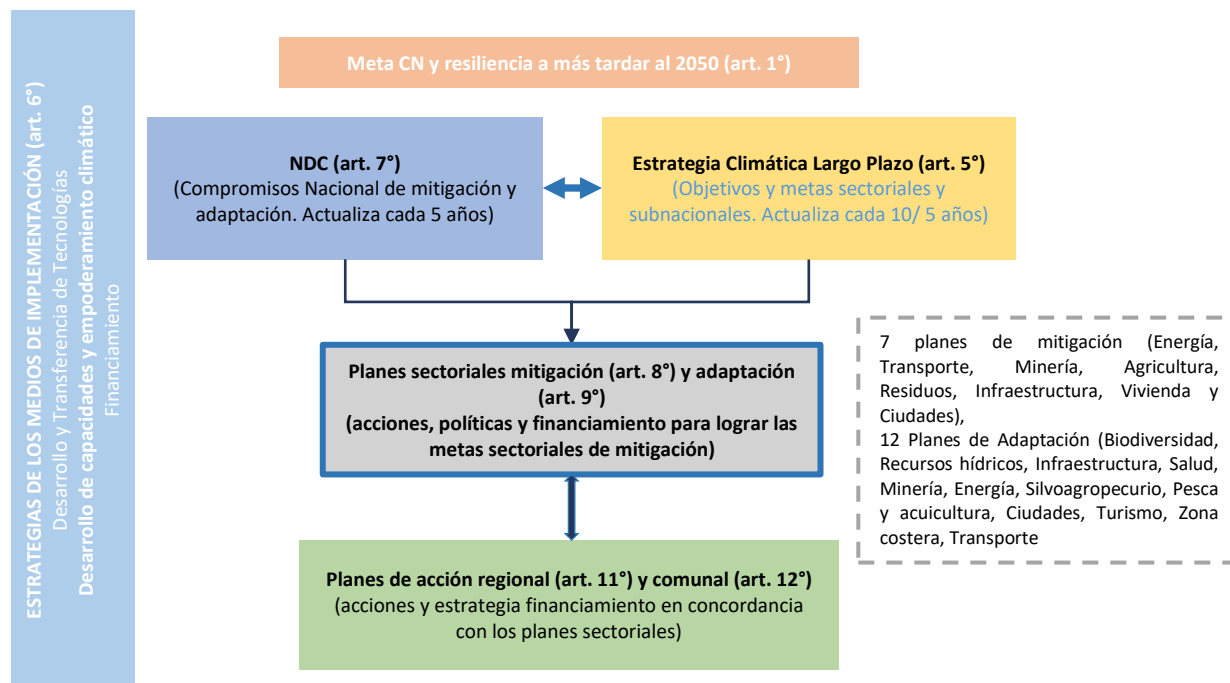
Ley N° 21.455, Ley Marco de Cambio Climático

La LMCC crea y fortalece el marco jurídico para que el país enfrente el cambio climático en materia de mitigación y adaptación con una mirada a largo plazo y así cumplir sus compromisos internacionales asumidos en el Acuerdo de París, que busca limitar el aumento de la temperatura global.

Para mitigación, se establece una meta nacional que propone alcanzar la neutralidad de emisiones a más tardar el 2050 (artículo 4, LMCC). Para ello formaliza la institucionalidad existente y consagra responsabilidades y obligaciones a las Autoridades Sectoriales, y a todas las regiones y comunas.

Para cumplir con los objetivos planteados en la Ley, se crea y reconoce de manera vinculante una serie de instrumentos de distinto alcance y temporalidad. Estos instrumentos son de planificación e implementación, y contemplan la participación y coordinación sectorial. Un esquema de la relación entre instrumentos se observa en la siguiente figura.

Figura 1. Relación entre instrumentos de gestión del cambio climático



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente

A continuación, se describen los instrumentos más relevantes para mitigación:

- **La Estrategia Climática de Largo Plazo** (artículo 5, LMCC) es un instrumento en el que se definen los lineamientos generales de largo plazo que seguirá el país de manera transversal e integrada, considerando un horizonte a 30 años. Contiene las metas intermedias y finales que permitirán alcanzar el objetivo principal de carbono neutralidad a 2050. Esto incluye, por ejemplo, los presupuestos sectoriales de emisiones de GEI y lineamientos sobre el MRV de los instrumentos de gestión climática. También define los medios de implementación (artículo 6, LMCC) categorizados como Desarrollo y Transferencia de Tecnología; Creación y fortalecimiento de capacidades; y Lineamientos financieros (artículo 6, LMCC). La ECLP se debe actualizar completamente cada 10 años, y de forma abreviada cada 5 años para incorporar las nuevas NDC.
- **La Contribución Determinada a Nivel Nacional** (artículo 7, LMCC) es el instrumento que contiene los compromisos de Chile ante la comunidad internacional para implementar, al menos, medidas de mitigación y adaptación, de conformidad con lo dispuesto por el Acuerdo de París.
- **Los Planes Sectoriales de Mitigación** (artículo 8, LMCC) que establecen las acciones y medidas de mitigación con que se comprometen las autoridades sectoriales, en línea con los presupuestos de emisiones asignados a cada ministerio en la ECLP. Estos planes son elaborados por los Ministerios de Energía; de Transporte y Telecomunicaciones; de Minería; de Salud; de Agricultura; de Obras Públicas; y de Vivienda y Urbanismo. Los planes serán revisados y actualizados, cuando corresponda, y al menos cada cinco años en línea con la actualización de la NDC y ECLP.
- **Los Planes de Acción Regional** (artículo 11, LMCC) son elaborados por los Comités Regionales para el Cambio Climático (CORECC) con la finalidad de definir los objetivos e instrumentos de la gestión del cambio climático a nivel regional y comunal, en coherencia con las directrices de la ECLP, los Planes Sectoriales de Mitigación y Adaptación, los Planes Comunales de Mitigación y Adaptación, así como los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos de Cuencas, cuando existan.
- **Los Planes de Acción Comunal** (artículo 12, LMCC) son elaborados por las municipalidades y deben ser consistentes con las directrices generales establecidas en la ECLP y en los planes de acción regional de cambio climático.

Además, la LMCC otorga responsabilidades a los ministerios sectoriales en relación con hacer seguimiento de las medidas establecidas en los Planes Sectoriales de Mitigación y a informar anualmente sobre la implementación de éstos considerando los criterios de Monitoreo Reporte y Verificación (MRV) del cumplimiento de metas establecidos en la ECLP. Por otro lado, es responsabilidad del MMA, solicitar información respecto a los indicadores de MRV de cumplimiento de las medidas de planes y solicitar, registrar y administrar la información sobre la reducción, absorción y almacenamiento de emisiones de GEI generadas por las acciones de mitigación.

Estrategia Climática de Largo Plazo y Presupuestos sectoriales de emisiones

Con el fin de responder a lo indicado en el artículo 4 del Acuerdo de París, el país presentó en el 2021 su Estrategia Climática de Largo Plazo con una visión de estado para enfrentar el cambio climático al 2050.

En particular el país se compromete a alcanzar la Carbono Neutralidad a más tardar al 2050. Además de esta meta país, la ECLP incluye una serie de metas y objetivos sectoriales resultado de un extenso proceso participativo que a su vez responden a los fundamentos de construcción de: costo-efectividad, soluciones basadas en la naturaleza, pilar social, gobernanza multinivel y multiactor y base en la ciencia. Estas metas y objetivos tienen horizontes de corto, mediano y largo plazo incluyendo metas al 2030, al 2050 e intermedias y, deberán delinear las medidas y políticas de los planes sectoriales, regionales y locales de cambio climático.

De modo de cumplir con la meta de neutralidad y el presupuesto nacional comprometido en la NDC, en la ECLP se asignan presupuestos de emisión sectoriales y esfuerzos de mitigación (reducción de emisiones) para el período 2020-2030, a las siete autoridades sectoriales, en base a criterios de costo-efectividad y equidad (tabla 1).

Tabla 1. Asignación de emisiones sectoriales, esfuerzos de mitigación y presupuesto sectorial por autoridad sectorial para el periodo 2020-2030.

Autoridad sectorial	Emisiones sectoriales acumuladas (Mt CO ₂ eq) de acuerdo con el escenario referencia NDC, 2020-2030	Esfuerzo de mitigación (Mt CO ₂ eq), 2020-2030	Presupuesto de emisiones 2020-2030, (Mt CO ₂ eq) (*)
Ministerio de Energía	306,4	38,9	267,5
Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	305,9	2,8	303,1
Ministerio de Minería	180,9	6,8	174,1
Ministerio de Agricultura	123,4	1,0	122,4
Ministerio de Vivienda y Urbanismo	100,1	4,8	95,3
Ministerio de Salud	53,6	2,4	51,1
Ministerio de Obras Públicas	48,3	0,7	47,6

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base en la Estrategia Climática de Largo Plazo, 2021.

(*) Los valores de presupuesto de emisión 2020-2030 fueron corregidos respecto de la ECLP. Los valores del escenario de referencia y esfuerzos de mitigación no presentan variaciones.

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990-2020

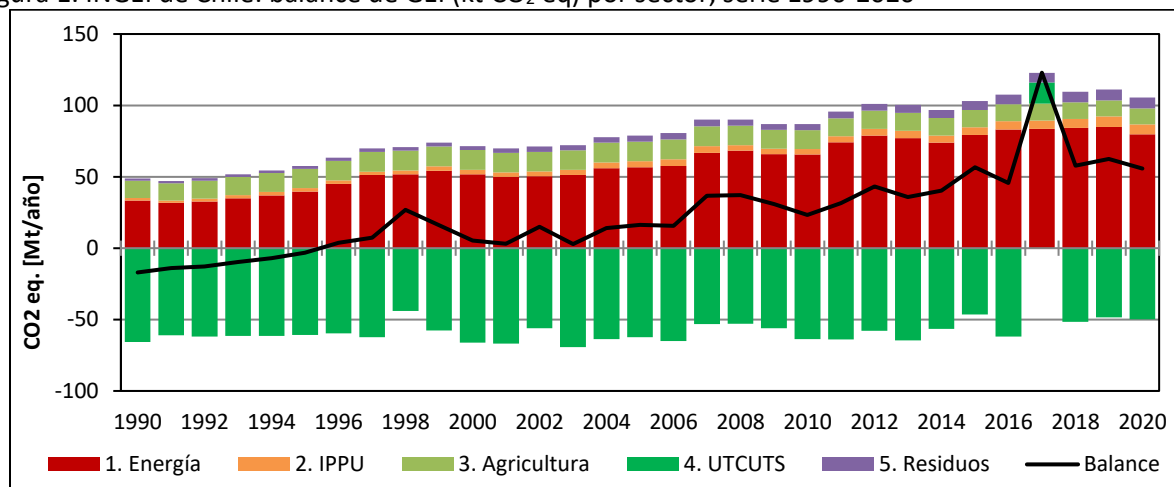
Esta información corresponde al séptimo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile (INGEI de Chile) presentado por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). El INGEI de Chile abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropógeno no controlados por el Protocolo de Montreal. De acuerdo con el artículo 28 de la LMCC, El Sistema Nacional de Inventarios (SNI) es administrado por el Ministerio del Medio Ambiente.

En 2020, el balance de GEI a nivel nacional y por tipo de GEI fue el siguiente: las emisiones de CO₂ contabilizaron 29,5 Mt; las emisiones de CH₄ contabilizaron 0,6 Mt y las emisiones de N₂O contabilizaron menos de 0,1 Mt. En el caso de los gases fluorados, las emisiones alcanzaron las 4,6 Mt de CO₂ eq.

En 2020, el balance de GEI de Chile contabilizó 55.8 Mt CO₂ eq, incrementándose en un 429 % desde 1990 y disminuyendo en un 4 % desde 2018 (Figura 2). Los principales causantes de la tendencia del balance de GEI son las emisiones de CO₂ generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector

Energía) y las absorciones de CO₂ de las tierras forestales (contabilizadas en el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, UTCUTS). La disminución del balance de 2020 respecto a los últimos años se debe a efectos de la pandemia, como evidencia la baja en las emisiones del sector Energía que disminuye un 5% desde 2018, en particular las emisiones asociadas al transporte.

Figura 1. INGEI de Chile: balance de GEI (kt CO₂ eq) por sector, serie 1990-2020



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA.

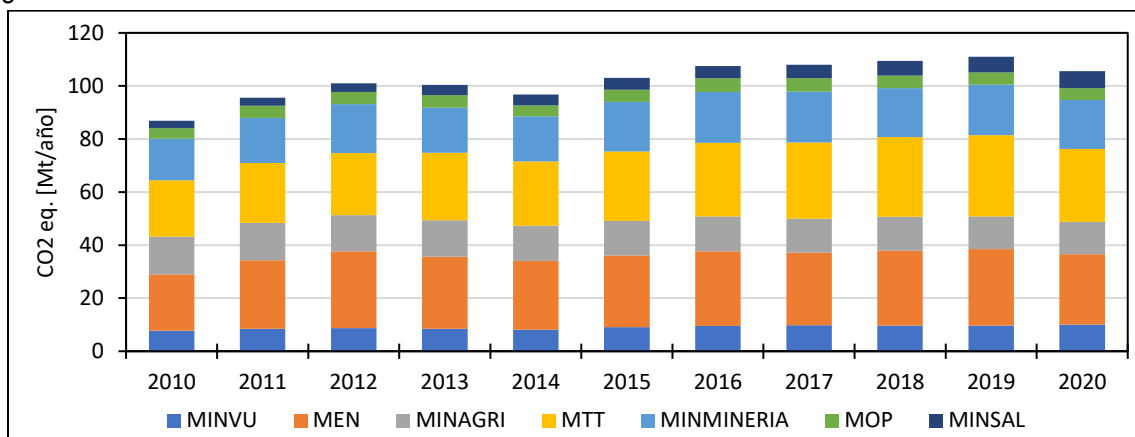
Los valores observados que escapan de la tendencia del balance de GEI (en 1998, 2002, 2007, 2012, 2015 y especialmente 2017) son consecuencias, principalmente, de las emisiones de GEI generadas por incendios forestales (contabilizadas en el sector UTCUTS) y cambios en la participación de los principales energéticos consumidos en el país (diésel, gasolina, gas natural y carbón).

Respecto a la participación de cada sector en el balance de GEI 2020 en términos absolutos, el sector Energía representó un 51%, seguido del sector UTCUTS (-32%), el sector Agricultura (7%), el sector Residuos (5%), y por último el sector IPPU (Procesos Industriales y Uso de Productos) (7%).

Tendencia de las emisiones de GEI por autoridad sectorial

En la ECLP se asignaron las fuentes de emisión del inventario a las distintas Autoridades Sectoriales, que tendrán la obligación de cumplir con presupuestos sectoriales por medio de la implementación de Planes Sectoriales de Mitigación. Con el fin de comprender la tendencia y causa de las emisiones sectoriales, y proponer información base para la elaboración de políticas de mitigación, se presenta la tendencia de las emisiones de GEI por autoridad sectorial para los últimos once años (Figura 3). Es importante señalar que el proceso de asignación antes mencionado no incluye el balance de GEI del sector UTCUTS. En esta misma figura se observa que para el Ministerio de Agricultura, se presenta una tendencia a la baja en las emisiones, principalmente por la baja en actividades ganaderas en el país.

Figura 2. INGEI de Chile: tendencia de las emisiones de GEI (Mt CO₂ eq) por autoridad sectorial, serie 2010-2020



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA.

1.2 Antecedentes climáticos sectoriales y objetivos de mitigación

La agricultura enfrenta un escenario complejo en el contexto del cambio climático. En primer lugar, el sector agrícola es uno de los sectores económicos más vulnerables a los efectos de la variabilidad climática. La agricultura ya está experimentando condiciones desafiantes e impactos negativos debido a la mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos, los que afectan no solo la cantidad y calidad de los alimentos que produce el sector, sino también las condiciones de vida de los agricultores, especialmente los más pequeños.

Esto supone un gran desafío para la seguridad alimentaria mundial. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) estima con un nivel de confianza alto, que la seguridad alimentaria se verá cada vez más afectada por el cambio climático en el futuro proyectado. El mismo organismo proyecta un aumento del precio de los cereales de hasta 30% en 2050 debido a efectos directos del cambio climático, lo que impactaría negativamente a los consumidores a nivel mundial a través de precios más altos de los alimentos, con variaciones considerables dependiendo de la región. Los consumidores de bajos ingresos están particularmente en riesgo, con modelos que estiman aumentos de 1 a 183 millones de personas adicionales en riesgo de hambre en los escenarios proyectados en comparación con un escenario sin cambio climático².

Por otro lado, las mismas estimaciones internacionales nos muestran que a nivel global los sistemas agroalimentarios son responsables del 21%-37% de las emisiones totales de GEI, lo que incluye el sistema en su conjunto, es decir, la producción, almacenamiento, actividades de procesamiento, la cadena de suministro y el cambio de uso de la tierra. Esta estimación incluye las emisiones de las actividades agrícolas y ganaderas como tal, que representan entre 9%-14%, y las provenientes del uso de la tierra y cambio de

²⁵ IPCC Reporte Especial: Cambio Climático y Suelo, capítulo 5.

uso de la tierra, incluyendo deforestación y degradación de turberas, que corresponden a 5%-14% de las emisiones. Entre el 5%-10% provienen de actividades de la cadena de suministro³.

En este contexto el sector enfrenta dos grandes desafíos. Por un lado, se hace urgente acelerar la implementación de acciones de adaptación para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos agrícolas frente a las amenazas presentes y futuras del cambio climático. Y por otro, es igualmente importante abordar las emisiones de GEI sectoriales, mediante acciones y políticas públicas que faciliten su implementación, y así contribuir al cumplimiento de las metas climáticas que nos pide la ciencia para estabilizar el aumento de la temperatura y evitar las peores consecuencias del calentamiento global, lo que a su vez implicaría mayores esfuerzos de adaptación en un sistema ya altamente estresado.

Objetivos de mitigación sectorial

La LMCC asignó responsabilidad de reducción de emisiones a distintos ministerios, establecidos en la ECLP, con el objetivo de cumplir con el presupuesto de emisiones total del país al 2030 comunicado en la NDC.

El Ministerio de Agricultura tiene un objetivo de emisiones en los siguientes sectores del inventario:

1. Sector agricultura (incluyendo todas las actividades y subcategorías)
2. Sector energía en las siguientes categorías:
 - a. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco
 - b. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías
 - c. Porcentaje de emisiones asociado a consumo de electricidad

A través del presente plan, se establecen el conjunto de medidas y acciones necesarias a nivel sectorial para cumplir con los objetivos de mitigación propuestos. Del objetivo de reducción de emisiones se desprende que las medidas propuestas son aquellas cuyo impacto se puede contabilizar en el presupuesto de emisiones asignado, lo que a su vez está determinado por la metodología de asignación sectorial de presupuestos de carbono realizada por el Ministerio de Medio Ambiente.

Esta asignación del presupuesto sectorial no consideró las capturas del sector forestal. Sin embargo, este sector tiene objetivos y compromisos de mitigación fundamentales para el cumplimiento de las metas climáticas nacionales y representa el único sector que consistentemente absorbe CO₂ en el país, lo que lo convierte en el más relevante por su potencial de mitigación. En este sentido, el presente plan considera una sección dedicada a las medidas y acciones en materia de mitigación del sector forestal, como parte de una perspectiva integral en la agenda climática del ministerio de agricultura.

Por otro lado, se incluyen medidas complementarias o adicionales; que abordan objetivos de reducción de emisiones indirectas y/o que, debido a la poca disponibilidad de información en la actualidad para realizar estimaciones robustas, no pueden ser caracterizadas cuantitativamente y, por lo tanto, no forman parte de los compromisos de mitigación sectoriales en el contexto del cumplimiento del presupuesto de emisiones al 2030.

³ IPCC Reporte Especial: Cambio Climático y Suelo, capítulo 5

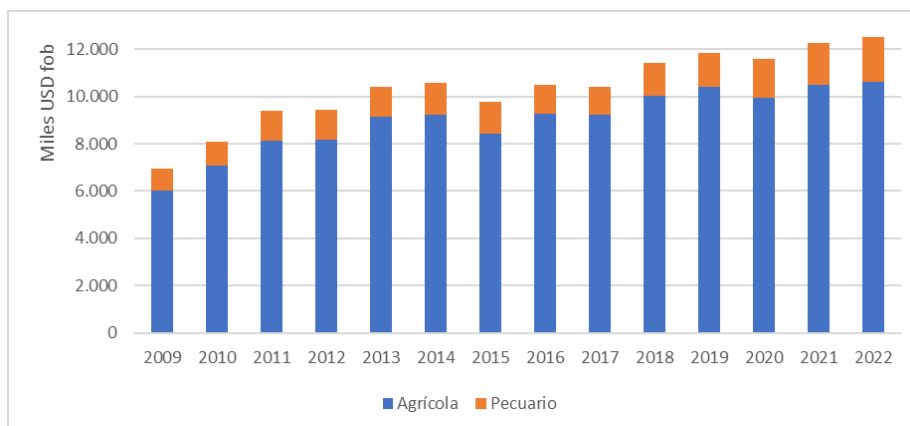
II. Capítulo 2.- Diagnóstico sectorial

2.1 Presentación del sector

El sector agropecuario ha sido un motor para el desarrollo del país a través del fortalecimiento de su cadena de valor en la producción de alimentos para el abastecimiento del mercado nacional e internacional. Genera alrededor de un 7% del empleo nacional (ODEPA, 2023) y el 2022 aportó un 2,8% al PIB nacional. De las exportaciones nacionales, un 13,6% son atribuidas al sector agropecuario. El 2021 el subsector agrícola aportó un 85% de los envíos del sector con exportaciones por US\$11.310 millones⁴. El subsector pecuario aportó el 15% restante, con exportaciones por US\$2.002 millones⁵ (Banco Central, 2023). En 2022 se exportó un 50% de la producción nacional de aves de corral, un 56% de cerdo y un 15% de carne de vacuno.

El modelo agroexportador de Chile ha sido exitoso gracias a que se ha sustentado en sus grandes ventajas comparativas como la producción contra temporada, y las ventajas competitivas como el patrimonio fito y zoonosanitario, la estabilidad política y social y los beneficios entregados por los múltiples acuerdos de libre comercio. El valor exportado se ha duplicado en los últimos 13 años, tanto en el sector agrícola como pecuario, y actualmente lidera el mercado internacional de algunos productos frutícolas como las cerezas y las ciruelas secas. Los principales socios comerciales son China, Estados Unidos y Japón. Los rubros con mayor desarrollo exportador en la última década son la fruta fresca, el vino, las frutas procesadas y las carnes (porcina, de aves y de vacuno).

Figura 3. Evolución de las Exportaciones Agropecuarias.



Fuente: Elaboración propia con información de ODEPA

Lo anterior ha ayudado a que el PIB Silvoagropecuario (SAP) haya mantenido su participación en el PIB Nacional entre 3,1 y 3,6% entre los años 2018 a 2021. El año 2022 ha marcado la participación más baja con un 2,8% (Tabla 1). Las regiones que tienen una mayor participación en el PIB SAP corresponden a O'Higgins, Maule, Metropolitana y Valparaíso.

⁴ 67% asociado a la exportación de fruta

⁵ 82,6% carnes y 9,5% lácteos

Es importante destacar que el sector silvoagropecuario tiene un encadenamiento hacia adelante a través de la elaboración de productos alimenticios y madereros. Foster y Valdés (2013) estimaron el aporte de la industria del procesamiento de alimentos (incluyendo pesca) en 3,94 puntos del PIB, considerando como base el año 2008. Este valor sube a 5,27 con valores actualizados al 2015 (Odepa, 2018). Esto implica que el PIB Silvoagropecuario Ampliado, considerando la producción primaria y el procesamiento industrial, alcanzaría aproximadamente al 8,3% del PIB nacional.

Tabla 2. PIB Silvoagropecuario

Año	PIB del Sector Silvoagropecuario	Participación en el PIB Nacional
	MM\$	%
2018	6.050	3,2
2019	5.989	3,2
2020	6.033	3,6
2021	6.284	3,1
2022	6.290	2,8

Nota: Cifras preliminares para 2021 y provisionales para 2022. * Participación por clase de actividad económica, series empalmadas, referencia 2018. Participación se calcula sobre precios corrientes.

Fuente: ODEPA

De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE) realizado durante el año 2021, se registraron 45.742.565 hectáreas en el territorio nacional, que corresponden a 138.628 unidades productivas agropecuarias (UPA) equivalentes. Además, se identificaron 36.928 unidades de autoconsumo que totalizan 31.854 hectáreas, estas unidades corresponden a terrenos con superficie menor a 2 ha y que no realizaron ventas en el año agrícola 2020-2021.

Según los usos de suelo para el año 2020-2021, un 4,0% de la superficie total, equivalente a 1.807.819 hectáreas, fue destinado a cultivos de cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales, hortalizas, hongos, plantas aromáticas-especias-medicinales, frutales, vides, flores, semilleros, viveros, césped, forrajeras y praderas mejoradas.

De acuerdo con las cifras censales, la superficie cultivada se distribuye en 528.291 hectáreas de praderas mejoradas, 431.774 hectáreas de cereales, 374.809 hectáreas de frutales, 213.717 hectáreas de forrajeras, 100.811 hectáreas de vides para vinificación y uvas pisqueras, 64.091 hectáreas de hortalizas, hongos, aromáticas, medicinales y condimentarias, 52.999 hectáreas de cultivos industriales, 50.105 hectáreas de leguminosas y tubérculos, 19.260 hectáreas de semilleros, 3.298 hectáreas de viveros y césped y 956 hectáreas de flores de corte.

La producción ganadera está concentrada en aves, cerdos y bovinos. Las cifras del Censo registran 59 millones de cabezas de gallinas y pollos; 2,6 millones de cabezas de porcinos, 2,5 millones de ovinos; 2,4 millones de bovinos; 2,2 millones de pavos, 333 mil caprinos, 284 mil otras aves (patos, gansos, emúes, codornices); 168 mil equinos, 29 mil conejos, 36 mil llamas y alpacas. Otras especies con 5.000 unidades o menos son asnales, ciervos, jabalís.

En 2022, la producción nacional de todas las carnes fue de 1.554.460 toneladas en vara por un valor de 2.700 millones de dólares, siendo la producción de aves es el sector con mayor volumen. El consumo nacional, por su parte, alcanza un total de 1.477.552 toneladas, de las cuales el 47% corresponde a carne de ave (pollo y pavo), el 30% corresponde a carne bovina, un 21% a carne de cerdo y el restante a carne ovina.

En cuanto a la caracterización de la superficie destinada a producción, estas se encuentran agrupadas en cinco categorías. Un 7% de los predios catastrados corresponden a superficies menores a 1 hectárea. 66,3 % corresponde a predios de 1 a 20 hectáreas, 19,3% son predios de 20 a menos de 100 hectáreas. Un 5,4% de 100 a menos de 500 hectáreas y un 2,0% de 500 hectáreas o más.

Los principales cultivos anuales en el país son trigo, avena, maíz, papa. Para el caso del trigo sus usos apuntan a la elaboración de harina, harina integral, sémola y pastas (trigo candeal). Chile, con su oferta interna, no abastece la demanda nacional siendo necesaria la importación. La avena se utiliza, tanto para la alimentación de ganado (forraje y/o grano), como también como materia prima industrial para la elaboración de láminas de avena, aplastadas o enteras y en otras presentaciones de mezclas de cereales, preparados energéticos (barras), granolas, galletones y hojuelas. El maíz se puede clasificar como maíz grano, que es utilizado para la alimentación de ganado, maíz consumo para la alimentación humana sea fresco o procesado (congelado o conservado) y maíz semilla, que es la única línea de producción que es exportada.

Entre las especies frutales, destaca la producción de cerezos, nogal, uva de mesa, palto y arándanos. La producción frutícola se divide en producción para fresco, producción para procesamiento (congelados, conservas, deshidratados, jugos, aceites) y producción de frutos secos (nueces, almendras, avellanas, y otros frutos de nuez). Según su importancia en las exportaciones, se estima que del total producido, se destina para mercado fresco cerca de 70% de la producción nacional, alrededor de 20% se destina para procesamiento y los frutos secos concentran alrededor de 10% de la producción nacional (Odepa, 2020).

La producción pecuaria se concentra principalmente en aves (pollos y pavos), cerdos y bovinos. El destino de la producción es tanto para consumo interno como para exportación. En el caso de la carne de aves y cerdo el país tiene la capacidad de autoabastecerse, sin embargo, las condiciones competitivas que han entregado los acuerdos comerciales incentivan a que algunos cortes sean más valorados en los mercados internacionales, y el abastecimiento nacional de esos cortes se haga con productos importado. Pollo y pavo se exporta el 30% y 41% respectivamente. En tanto la carne de cerdo se destina mayoritariamente para la exportación un 69%.

Chile es deficitario en el caso de la carne bovina, importándose aproximadamente el 65% del consumo nacional durante 2024 según información de ODEPA. Sin embargo, también hay oportunidades de exportación interesantes, especialmente en los mercados asiáticos, envíos que representan alrededor del 15% de la producción.

Parte de las existencias de ganado bovino, se destina a la industria láctea. Chile tiene una moderna lechería, que cuenta con más de 2.300 productores proveedores de la industria láctea, especialmente concentrados en las regiones de Los Ríos y Los Lagos. El país dispone de 1 millón de hectáreas de praderas y más de 370 mil vacas lecheras, junto con 31 grandes plantas lecheras y casi una centena de queseras de tamaño medio y pequeño. La recepción de leche el año 2024 alcanzó los 2.232 millones de litros y genera 370 mil toneladas de quesos y leches en polvo y otros derivados.

Respecto a la demanda energética del sector, lo que constituye un elemento relevante a considerar en el contexto de los esfuerzos para transitar a sistemas agroalimentarios más sustentables y bajos en emisiones; de acuerdo con el estudio del Escenario Energético del Sector Agroalimentario, desarrollo en el marco del proyecto *Smart Energy Concepts* de CAMCHAL y AChEE⁶ se estimó que la principal fuente de energía es a base de combustibles, representando el 68% del consumo, mientras que la fuente eléctrica alcanza el 32%. El sector agroalimentario⁷ desarrolla una diversidad de procesos productivos que requieren de energía para la obtención del producto final, los que se pueden agrupar en tres: Procesos mecánicos, procesos de frío y procesos de calor.

Los combustibles más utilizados son GLP (36%), diesel (35%), petróleo (12%), luego siguen gas natural, carbón, pellets y otros. El estudio plantea que se pueden aplicar una serie de medidas para alcanzar ganancias en eficiencia energética, principalmente asociadas al uso de combustible (64% del potencial de ahorro energético) enfocado en los procesos de generación y distribución de calor.

En relación al uso del agua, el sector agrícola concentra el mayor consumo de agua en el país, concentrando aproximadamente un 73% del recurso que permiten regar 902.158 hectáreas (Odepa, 2023⁸). Al mismo tiempo, el estudio de Escenarios Hídricos 2030 (2018) señala que el sector agrícola de riego concentra el 35,5% de los derechos de agua consuntivos permanentes registrados en el Catastro Público de Aguas.

2.2 Descripción de las emisiones de GEI sectoriales⁹

El sector Agricultura incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades agropecuarias de las tierras gestionadas en las que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Respecto al registro de las emisiones, el sector Agricultura se compone de las siguientes categorías:

- Las emisiones de metano (CH₄) producidas por la fermentación entérica en el ganado
- Las emisiones de CH₄ y Óxido Nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol
- Las emisiones de CO₂ relacionados con la utilización de fertilizantes inorgánicos
- Las emisiones de CO₂ producido por el drenaje de suelos orgánicos gestionados
- Las emisiones directas e indirectas de N₂O de los suelos gestionados
- Las emisiones de CO₂ relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas
- Las emisiones de CH₄ del cultivo del arroz
- Las emisiones de CO₂ por quemaduras de residuos agrícolas

⁶ CAMCHAL: Cámara Chileno-Alemana. AChEE: Agencia Chilena de Eficiencia Energética

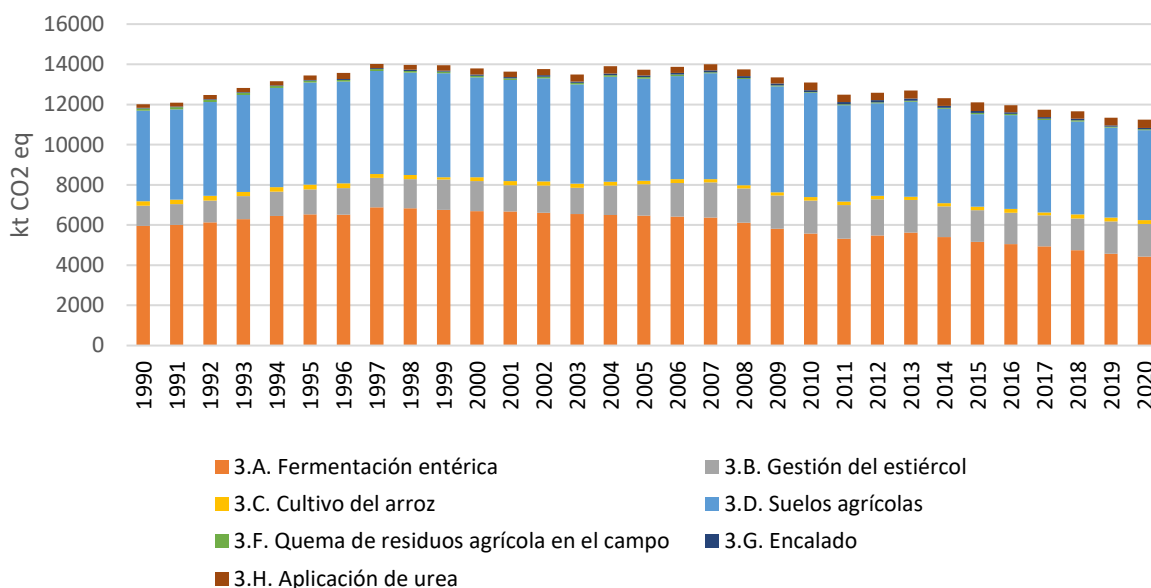
⁷ Fueron analizados los sectores: agricultura (frutícola), ganadería (ganadería intensiva), acuicultura, elaboración de fruta, elaboración de carnes, elaboración de conservas y congelados de pescado y moluscos, elaboración de lácteos y vitivinícola.

⁸ Citando el VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, año agrícola 2020 – 2021.

⁹ Para la descripción de emisiones se utiliza la información del Inventario Nacional de GEI serie 1990-2020 que fueron los datos disponibles al momento de la elaboración del presente plan.

En 2020, las emisiones del sector representaron un 7 % del balance de GEI en 2020. En el mismo año, sus emisiones alcanzaron las 11.238 kt CO₂ eq, disminuyendo en un 6,4% desde 1990 y en un 3,6% desde 2018. La tendencia a la disminución se debe principalmente a la reducción de la población animal respecto de 1990, especialmente bovinos y ovinos. En términos absolutos, el sector agricultura es el segundo sector emisor representando el 10.6% de las emisiones brutas a nivel nacional para el año 2020. Por tipo de GEI, el sector es responsable del 0.5% de las emisiones totales de CO₂, 40% de las emisiones de CH₄ y 77% de las emisiones de N₂O.

Figura 3. Sector Agricultura. Emisiones de GEI por categoría, serie 1990-2020



Fuente: elaborado por ODEPA con información del INGEI de Chile 1990-2020

Como se observa en la figura, las fuentes principales del sector son la fermentación entérica del ganado y la categoría suelos agrícolas, representando un 39% y 40% del total del sector, respectivamente. Esta última categoría incluye emisiones directas e indirectas de N₂O generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizante sintético y orgánico; orina y de estiércol depositado por animales en pastoreo; residuos de cultivos; mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos.

El principal gas de efecto invernadero emitido por el sector fue el metano, representando un 53% del sector. Lo sigue el óxido nítrico con un 42% y el dióxido de carbono con un 4%. Como se observa, a diferencia de lo que ocurre en otros sectores productivos y a nivel nacional, el CO₂ no es el principal GEI del sector. Esta importancia relativa de los distintos gases da cuenta de las principales fuentes de

generación, en donde el sector pecuario y el uso de fertilizantes se han mantenido como las principales categorías en el período evaluado.

A continuación, se detallan los principales elementos y evolución de las categorías principales del sector de acuerdo a la codificación del INGEI:

3.A. Fermentación entérica: Esta categoría incluye las emisiones de CH₄ generadas por la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los animales. La categoría está conformada por las subcategorías siguientes:

- 3.A.1. Ganado bovino
- 3.A.2. Ovinos
- 3.A.3. Porcinos
- 3.A.4. Otras especies

La categoría 3.A es la segunda categoría en importancia del sector Agricultura, representando un 39,4% de las emisiones totales, aportando con un total de 4.426,1 KtCO₂eq para el año 2020. La principal subcategoría que aporta más emisiones corresponde a las emisiones provenientes del 3.A.1 Ganado Bovino, aportando el 87% de las emisiones de la categoría (3.830,3 KtCO₂eq), seguido por la subcategoría 3.A.2 Ovinos, contabilizando 294,5 ktCO₂eq en 2020. Las fuentes de emisión de esta categoría provienen del ganado, principalmente de animales rumiantes que generan metano como subproducto de sus procesos digestivos.

3.B Gestión del estiércol: Esta categoría incluye las emisiones de CH₄ y N₂O (directas e indirectas) generadas por los sistemas de producción animal, en particular, la de los sistemas para el almacenamiento del estiércol. La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.B.1. Ganado bovino
- 3.B.2. Ovinos
- 3.B.3. Porcinos
- 3.B.4. Otras especies

Esta categoría es la tercera en importancia aportando el 14.5% de las emisiones totales del sector, contabilizando 1.627,5 ktCO₂eq. La subcategoría en que se contabilizan mayores emisiones corresponde a las emisiones provenientes de 3.B.3 Porcinos, aportando el 68% de las emisiones de la categoría, con un total de 1.085.9 ktCO₂eq, seguida por 3.B.1 Ganado bovino, con un 17% de las emisiones. Las fuentes de emisión de esta categoría provienen de los animales en que sus excretas se tratan bajo sistemas con almacenamiento de estiércol.

3.C Cultivo de Arroz: Esta categoría incluye emisiones de CH₄ generadas por la descomposición anaeróbica de material orgánico en arrozales inundados, que se libera a la atmósfera fundamentalmente a través de burbujas en el agua y mediante el transporte a través de las plantas del arroz. Esta categoría es la quinta en importancia de emisiones, aportando un 1.6% de las emisiones totales del sector, equivalente a 192,4 ktCO₂eq en 2020.

3.D Suelos Agrícolas: Esta categoría incluye emisiones directas e indirectas de N₂O. Las emisiones (3.D.1) corresponden a aquellas generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno por diversas fuentes. Las emisiones indirectas (3.D.2) corresponden

a aquellas generadas por la volatilización de nitrógeno posterior a la aplicación de nitrógeno, y lixiviación y agotamiento de nitrógeno, mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos (histosoles). Las componentes de ambas subcategorías corresponden a:

- 3.D.(1. a., 2.a.i, 2.b.i) Fertilizantes inorgánicos
- 3.D. (1. b, 2.a.ii, 2.b.ii) Fertilizantes orgánicos
- 3.D. (1.c, 2.a.iii, 2.b.iii). Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo
- 3.D. (1. d, 2.b.iv) Residuos de cosechas
- 3.D.1.f. Cultivos de suelos orgánicos (histosoles)
- 3.D.2.b.v. Mineralización asociada a la pérdida/ganancia de MO del suelo

La categoría 3.D Suelos Agrícolas es la categoría que más aporta emisiones del sector, con un total de 4.475,2 ktCO₂eq en 2020, representando el 39.8% de las emisiones totales. Dentro de las subcategorías, la subcategoría que más aporta emisiones corresponde a las provenientes de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo con 1.983.2 KtCO₂eq, que representan un 44% de las emisiones de la subcategoría (incluyendo emisiones de N₂O directas e indirectas), seguido por las emisiones por aplicación de Fertilizantes inorgánicos que aportan 1.410.4 KtCO₂eq, representando un 32% de la subcategoría.

3.F Quema de residuos agrícolas en el campo: Esta categoría incluye las emisiones de N₂O y CH₄ generadas por la quema de residuos agrícolas en el campo. La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.F.1 Cereales y otros cultivos
- 3.F2 Frutícolas

Esta categoría es la séptima en nivel de importancia, representando el 0.4% de las emisiones totales para el sector, contabilizando 45.7 ktCO₂eq

3.G Encalado: Corresponde a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de calcita y dolomita en los suelos agrícolas, así como en suelos de bosques gestionados o lagos, ya que la cal al disolverse libera bicarbonato (2HCO₃⁻), que se convierte en CO₂ y agua (H₂O). La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.G.1: Caliza
- 3.G2: Dolomita

Esta categoría es la sexta en nivel de importancia, representando el 0.6% de las emisiones totales para el sector, contabilizando 67.6 ktCO₂eq.

3.H Aplicación de Urea: Corresponden a las emisiones de CO₂ que se generan producto de la aplicación de urea a los suelos cultivados. Esta categoría corresponde a la cuarta categoría en importancia de emisiones, representando un 3.6% de las emisiones totales, aportando 403.3 kt CO₂eq.

Además de las categorías propias del sector agricultura, al Ministerio se les han asignado en su presupuesto sectorial de emisiones las subcategorías 1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco y 1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías.

1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco: Incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria de producción de azúcar. Para el último año del INGEI se reportaron 198.8 ktCO₂eq, representando 1.3% de las emisiones de la subcategoría 1.A.2 Industrias Manufactureras y de la construcción. Al considerar esta categoría en las emisiones asignadas al Ministerio de Agricultura, representan el 1.6% del total de emisiones asignadas para el año 2020.

1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías: Aquellas emisiones asociadas a las quemas de combustible para uso energético incluyendo en bombas, secado de granos, maquinaria y pesca estacionaria y móvil. Las emisiones de esta categoría reportaron 800.8 ktCO₂eq en 2020, representando 10.8% de las emisiones de la subcategoría 1.A.4 Otros sectores. Considerando las categorías asignadas al Ministerio de Agricultura, esta categoría representa 6.5% del total de emisiones.

2.3 Actividades clave que determinan la tendencia de emisiones

En el sector agricultura, existen tres actividades claves, a los cuales se les atribuye aproximadamente un 80% de las emisiones para el año 2020. Al desagregar las categorías por fuente de emisión, se constata que el ganado bovino, uso de fertilizantes inorgánicos y ganado porcino, representan aproximadamente un 50%, 16% y 13% de las emisiones totales del sector respectivamente. En la siguiente sección se detallan aquellos factores y variables que permiten comprender la tendencia de los GEI, como el crecimiento de ciertas actividades productivas y los impulsores que subyacen dichas actividades.

Ganado Bovino

Al desagregar las emisiones del sector por tipo de fuente, el ganado bovino, emite aproximadamente un 50% de las emisiones del sector al considerar las emisiones de 3.A.1 Fermentación Entérica, 3.B.1 Sistemas de Gestión del Estiércol y las emisiones de N₂O de 3.D Suelos Agrícolas, por orina y estiércol depositado por animales de pastoreo.

Si bien se observa que la tendencia de la masa ganadera ha ido a la baja, el consumo de carne ha ido en aumento, con una tasa de crecimiento anual de 1.2% alcanzando el 2017 un consumo aparente¹⁰ de 26.7kg carne bovina/per cápita (Cofré, 2019), y se espera que este siga en aumento debido a un crecimiento esperando en los ingresos y de la población. El crecimiento económico es un impulsor relevante del consumo de carne, donde existe una correlación entre el aumento del PIB per cápita y un aumento del consumo de proteína animal (OECD & FAO, 2021), donde por cada 650 USD per cápita de aumento, se observa un incremento de 1.5% del consumo de carne (basado en estimaciones del periodo 2000-2019) (Whitton et al., 2021).

Respecto a la producción y consumo de carne de vacuno, aproximadamente un 50% del consumo es de producción nacional, y un 8% de la producción nacional se exporta (promedio de los últimos 5 años 2017-2022), es decir, de producción nacional se destina casi en su totalidad al consumo interno (92%). Según informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de

¹⁰ Consumo aparente = (Producción - exportación + importación) / población

vacuno de un 0.55% anual (OECD & FAO, 2021). Sin embargo, el aumento de la demanda en los últimos años no refleja un aumento de la producción nacional.

Dentro de los principales desafíos que presenta la industria de la carne bovina a nivel de cadena de producción, se destaca la necesidad de mejorar la comunicación y coordinación entre los eslabones de la cadena y la necesidad de implementar en forma masiva la utilización de tecnologías de gestión y de eficiencia productiva, especialmente en el eslabón de productores de animales (Larraín et al., 2018).

En el caso de la industria láctea a nivel mundial, solo un 7% de la producción de leche se comercializa a nivel internacional, por lo que los productores y consumidores se ven afectados principalmente por la evolución del mercado nacional. Se espera que los precios locales de productos lácteos sigan la tendencia general de la dinámica de costos marginales reales de producción, esto implica un grado significativo de variabilidad causada por efectos meteorológicos estacionales y condiciones de mercado local (OECD & FAO, 2021). La producción nacional se concentra en leche fluida, abasteciendo casi en un 100% al consumo nacional, y solo un 2% del consumo nacional es importado. En Chile, las exportaciones de productos lácteos alcanzan valores menores que las importaciones, tendencia que se ha mantenido durante los últimos 5 años (Cruz, 2021). Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de leche 0.75% anual al 2031, pero proyecta una disminución de las cabezas de ganado lechero, lo que supone un desafío de aumento en los rendimientos del sector (OECD & FAO, 2021).

Ganado Porcino

El ganado porcino se le atribuyen aproximadamente un 12.3% de las emisiones sectoriales, al sumar las emisiones provenientes de la categoría 3.A Fermentación Entérica, 3.B, Gestión del Estiércol, y 3.D Suelos Agrícolas en la subcategoría Fertilizantes orgánicos (se asume que parte del estiércol excretado en los sistemas de confinamiento se aplican posteriormente como sustrato en suelos).

A nivel global, la producción de carne de cerdo se ha duplicado en las últimas tres décadas y se proyecta que su demanda aumente 32% al 2030. En Chile, esta realidad no ha sido ajena, y las existencias de cerdos se triplicó desde 1990 a 2007 (Ministerio del Medio Ambiente, 2023), pasando de aproximadamente 1 millones de cabezas a 3 en menos de 17 años. Sin embargo, esta tendencia se ha mantenido relativamente estable durante los últimos 10 años (Acuña & Pizarro, 2019). Chile ha aumentado sus exportaciones en volumen en 4217% entre el año 2000 y 2018, llegando a posicionarse dentro de los cinco mayores exportadores de carne de cerdo a nivel mundial (Acuña & Pizarro, 2019).

La industria porcina en Chile se caracteriza por ser fuertemente intensiva, con altos niveles de tecnología integrada en pocos eslabones de la cadena y concentrada en pocos actores, y enfocada principalmente en la exportación. Entre los desafíos que presenta la industria, destacan los temas ambientales y la relación con las comunidades aledañas a los sistemas de producción. La norma de olores a puesto una fuerte presión sobre la industria para mejorar sus procesos de tratamiento de residuos. En 2021, 80% de la industria contó con tratamientos secundarios avanzados, y el 20% restante cuenta con tratamientos primarios de sus residuos (ChileCarne, 2023). Estos avances tecnológicos le han permitido a la industria avanzar en un desarrollo con menores emisiones. Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de cerdo 0.21% anual al 2031 (OECD & FAO, 2021).

Fertilizantes inorgánicos (aplicación de nitrógeno).

La evidencia de la literatura indica que la emisión de óxido nitroso desde suelos agrícolas está exponencialmente relacionada con la dosis de fertilización nitrogenada utilizada, cuando ésta excede la requerida para el óptimo económico. Por lo tanto, cualquier estrategia dirigida a mitigar la generación de este GEI desde suelos agrícolas debe focalizarse en mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno. De lo anterior se deriva que la utilización de dosis de nitrógeno racionales es la más relevante, simple, económica y sostenible recomendación para contribuir a reducir la emisión de N₂O desde suelos agrícolas (Villena et al., 2022).

Chile se encuentra dentro de primer quintil de países con mayor exceso de uso de fertilizante por hectárea de cultivo (West et al., 2014), esto quiere decir que existe una diferencia entre los aportes de nutrientes y la cantidad cosechada en material de cultivo. Tendencialmente, el input que se utiliza en la agricultura en Chile ha incrementado considerablemente, pero la eficiencia en su uso ha disminuido de manera importante. En consecuencia, la pérdida de nitrógeno al ambiente ha sido cada vez más alta (Zhang et al., 2015).

De acuerdo con el modelo de los límites planetarios, que establece los límites de ciertos procesos para mantener la estabilidad de la tierra, Chile debiera reducir en un 75% la cantidad de nitrógeno que se aplica a través de fertilizantes. Si bien la superficie de tierras agrícolas se ha mantenido relativamente estable durante las últimas décadas, la tendencia de consumo de fertilizante en Chile ha ido en aumento.

A pesar de la pequeña superficie de suelos agrícolas respecto a la superficie total del país, se aplican altas cantidades de fertilizantes inorgánicos y debido a esto, los suelos agrícolas se consideran como un área de flujos elevados de emisiones al ambiente. Como se mencionó anteriormente los suelos agrícolas son el segundo rubro en emisiones de GEI en la agricultura del país y así mismo se relacionan con el exceso de nutrientes en el agua superficial. Los suelos agrícolas en Chile representan casi el 10% de la superficie del suelo, concentrándose en la zona Centro de Chile (INE, 2007).

El uso de fertilizantes incluyendo N, P y K, en cultivos temporales y permanentes de Chile aumentó de 246 a 343 kg ha⁻¹ año⁻¹ entre 2002 y 2007, presentándose el mayor nivel de aplicación de fertilizantes en las últimas décadas en el año 2008, con cerca de 850.000 toneladas aplicadas. Posteriormente, el total aplicado ha disminuido y se ha situado en torno a las 350.000 toneladas por año.

En cuanto a los sistemas agrícolas que muestran mayores pérdidas de nutrientes se encuentran los pastizales mejorados, los cereales y los frutales. Aproximadamente el 52% de la superficie de suelo productivo en Chile corresponde a pastizales naturales y mejorados y cereales. En éstos últimos, las altas tasas de precipitación de la zona sur (1500-5000 mm/año) producen notables pérdidas de nutrientes en el suelo por lixiviación.

Por otro lado, los sistemas de agricultura intensiva para la producción de cereales en el sur de Chile también se han identificado como problemáticos pues aplican altas tasas de fertilización, lo que conduce a altos costos de producción e implica un riesgo de efectos adversos en los ecosistemas (Huygens et al 2011). No es de extrañar entonces que la contaminación de los sistemas hidrológicos mediante nutrientes, principalmente nitrogenados, sea una problemática vigente en el sur del país relacionadas con la generación de “floraciones algales” o eutrofización y la disminución de la biodiversidad acuática.

2.4 Ámbito de acción habilitante

La LMCC en su artículo 2 define el presupuesto sectorial de emisiones de gases efecto invernadero como la cantidad máxima de emisiones de gases de efecto invernadero acumulada a nivel sectorial en un periodo determinado y que representa la suma de las emisiones totales de dichos gases en cada año comprendido en el periodo respectivo, según lo determine la ECLP.

En la ECLP se detalla la asignación de presupuestos sectoriales, y la designación de la autoridad involucrada en los esfuerzos de mitigación, además contempla la capacidad de mitigación en el escenario de carbono neutralidad a través de las medidas de mitigación potenciales a ser implementadas. Si bien estas medidas son indicativas, definen la capacidad de mitigación de los sectores.

Respecto a las asignaciones de los esfuerzos de mitigación, el grado de responsabilidad, se cuantifica entre 1 a 4, siendo 4 un valor para institución líder y de 1 a 3 para instituciones involucradas, donde 1 es el menor grado de involucramiento. El Ministerio de Agricultura se le asignan las siguientes medidas:

- Líder (4):
 1. Asistencia Técnica al uso eficiente de fertilizantes
 2. Biodigestores de Purines Porcinos
- Involucrado (2):
 1. Usos lodos plantas tratamientos aguas servidas, bioestabilizador forestal

La medida 1. *Asistencia Técnica al uso eficiente de fertilizantes* impactaría de manera directa a la subcategoría 3.D.1 Emisiones directas de N₂O en su componente 3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos, subcategoría 3.D.2 Emisiones indirectas de N₂O, en sus componentes a.i, y b.i., afectando a los datos de actividad de esta categoría, que específicamente corresponde al consumo aparente de urea a nivel nacional.

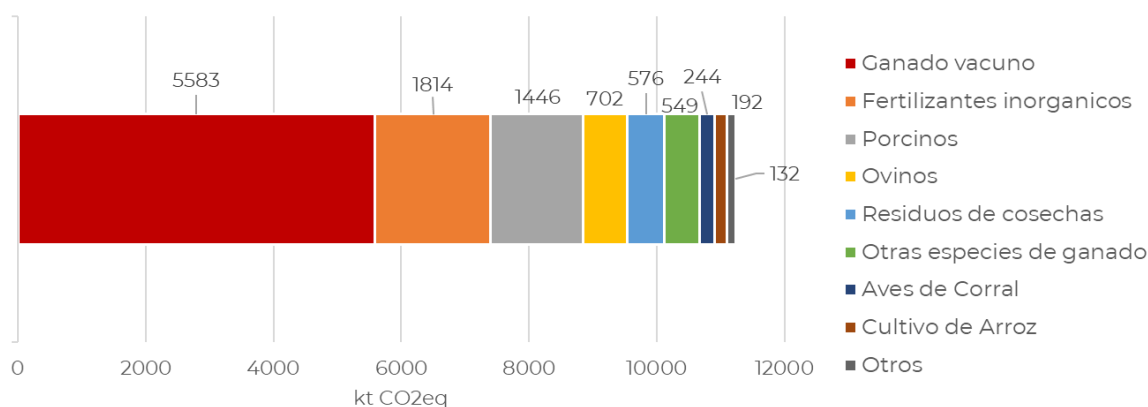
La medida 2. *Biodigestores de Purines Porcinos* reduciría las emisiones de la categoría 3.B. Gestión del Estiércol, subcategoría 3. Porcinos, por reducción de emisiones de metano liberadas a la atmósfera dado la implementación de este tipo de sistema de tratamientos que captura el metano liberado a la atmósfera a través de cubiertas que permiten su captación.

La medida 3. *Usos lodos plantas tratamientos aguas servidas, bioestabilizador forestal*; permite reducir emisiones de la categoría del sector residuos, 5.A Disposición de residuos sólidos. Si bien esta medida de mitigación agregaría emisiones al Sector Agricultura, el balance neto de emisiones a nivel nacional disminuye. Las emisiones asociadas a la disposición de lodos en los Sistemas de Disposición de Residuos Sólidos agregan materia orgánica aumentando la generación de metano. A partir del año 2010, el decreto supremo N°4, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas, para aplicación a suelos agrícolas y forestales. Al aplicar los lodos como bioestabilizador forestal, dentro de la categoría 3.D Suelos Agrícolas, subcategoría Fertilizantes orgánicos, se empieza a contabilizar la aplicación de lodos como fertilizante, emitiendo emisiones directas e indirectas de N₂O.

2.5 Análisis de tendencias del sector

Anteriormente, se describió el perfil de emisiones de acuerdo a las distintas categorías sectoriales, lo que permite entender en términos generales el comportamiento de estas en cuanto a su contribución de GEI en el contexto del inventario. Por otro lado, una forma útil de visualizar la dinámica del sector es desagregar las emisiones por tipo de fuente tal como se muestran en la figura 4. Al desagregar las emisiones por tipo de fuente, en orden de importancia, se contabiliza mayor emisión en ganado bovino (50%), seguido por fertilizantes inorgánicos (16%) y, en tercer lugar, el ganado porcino (13%). Estas tres fuentes aportan casi el 80% de las emisiones del sector.

Figura 4. Emisiones por tipo de fuente del sector agricultura para el año 2020



Fuente: Estudio “Diagnóstico sectorial, acciones de reducción y remoción de emisiones de gases de efecto invernadero y medios de implementación del plan sectorial de mitigación sector agricultura” Centro de Cambio Global UC, 2023

El ganado bovino emitió 5.583 kt CO₂eq para el año 2020. De estas emisiones un 70% corresponde a emisiones de metano de la Categoría 3.A Fermentación Entérica, un 26% a emisiones de N₂O de la Categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 5% de 3.B Gestión del estiércol.

Las emisiones provenientes de la fuente fertilizantes inorgánicos fue la segunda categoría de mayor importancia para el sector, emitiendo 1.814 kt CO₂eq para el año 2020. De estas, un 80% corresponden a emisiones de N₂O de la categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 20% de la categoría 3.H Aplicación de urea.

La tercera fuente de emisión de mayor relevancia para el sector agricultura corresponde a la fuente Ganado Porcino, emitiendo 1446 kt CO₂eq el año 2020. De estas emisiones, un 79% corresponden a emisiones de la categoría 3.B Manejo de Estiércol, un 13% de la categoría 3.D Suelos Agrícolas y un 8% a 3.A Fermentación entérica.

Para el sector agricultura, los factores que influyen las fuentes de emisión principales están asociados a múltiples variables y no responden de forma única a un solo factor, ya que las emisiones se asocian de manera significativa al stock de ganado que, a continuación, se discute su tendencia y perspectivas futuras.

Las variables que determinan los stocks de ganado bovino responden a diversos factores, sin embargo, uno de los factores claves se asocia a mejoras en la competitividad de la industria la carne en Chile (Larraín et al., 2018) y se relaciona de manera indirecta con el consumo de carne bovina. El consumo de carne ha aumentado a una tasa de 1.2% anual entre el 2002 y 2017, y el stock de ganado bovino entre esos mismos años ha disminuido a una tasa anual de 2.4%.

Chile no se caracteriza por ser un país ganadero, es decir, cuenta con existencias y producción limitada, y su desarrollo futuro en el contexto de una economía globalizada dependerá de su capacidad para exportar y de la evolución en las importaciones provenientes de países de la región. Si bien en los últimos 10 años no ha habido un incremento de la producción nacional de carne de vacuno, la tendencia de exportación ha ido en aumento. Según el informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de vacuno de un 0.55% anual (OECD & FAO, 2021).

Para el caso de la industria de carne porcina, si bien la producción se ha mantenido relativamente estable durante los últimos años, Chile se ha posicionado como uno de los mayores exportadores a nivel mundial, aumentando sus exportaciones totales. Este aumento de las exportaciones ha dado espacio a un crecimiento de las importaciones para cubrir la demanda interna. Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2022-2031, en Chile se prevé un crecimiento de la producción de carne de cerdo 0.21% anual al 2031, llegando a una producción de 622 toneladas al 2031.

2.5.1 Tendencia histórica y esperada de las emisiones

Las emisiones del sector agricultura han disminuido en un 6,4% desde 1990 y un 3,6% desde el 2018 en comparación con las emisiones de 2020. Esto se debe principalmente a una reducción del ganado bovino en las categorías “Otros Bovinos”, con una reducción de emisiones de 34% desde 1990, y el ganado ovino, con una reducción de 51%.

Las categorías que han presentado un mayor aumento respecto al periodo 1990 - 2020, corresponde a las emisiones de Ganado Porcino, con un aumento del 144%, pasando de 470 a 1144 kt CO₂eq, esto debido a un fuerte aumento del ganado porcino producto del desarrollo de la industria. Sin embargo, en los últimos 5 años, las emisiones han aumentado tan solo un 1.2%.

A este aumento le sigue la fuente fertilizantes inorgánicos, con un aumento del 73% para el mismo periodo, y un 13.3% en los últimos 5 años. Este aumento se debe principalmente a un aumento de la intensidad de uso de fertilizantes.

Al analizar las tendencias de los últimos 5 años, las emisiones totales del sector han disminuido un 7.2%, debido principalmente por una disminución del ganado no lechero. Esta categoría tuvo una tasa de decrecimiento anual de 5.2%. Las fuentes de emisión que aumentaron en los últimos 5 años son las emisiones provenientes del ganado lechero, con una tasa de crecimiento anual promedio de 4.3%, y las emisiones de fertilizantes orgánicos, con una tasa de crecimiento anual de un 2.53%. Otra categoría menos relevante que han aumentado sus emisiones, son las emisiones provenientes del cultivo de arroz, aumentando un 11% en los últimos 5 años, con una tasa de crecimiento anual de 2.2%.

Para la proyección futura, se consideraron las tendencias de las principales fuentes de emisión del último periodo. En esta tendencia, disminuyen levemente en un 3% las cabezas de ganado bovino al 2030 en

comparación a valores del año 2020, lo cual está en línea con la tendencia de los últimos años, basado en las proyecciones del Sistema Nacional de Prospectiva (SNP) del Ministerio del Medio Ambiente.

Se prevé un aumento de alrededor de 9% de las cabezas de ganado porcino hacia el 2030. A nivel nacional, las cabezas de este tipo de ganado se triplicaron entre 1990 y 2007, sin embargo, durante los últimos 10 años se han mantenido estables. En Chile, esta industria está focalizada en la exportación y se espera que la demanda a nivel mundial aumente un 32% al 2031. El informe Perspectivas Agrícolas 2022-2031 (OECD & FAO, 2022) anticipa un aumento de la producción nacional en los próximos años.

Para la demanda de fertilizantes inorgánicos se consideró un modelo de dosis de nitrógeno asociado al uso de suelo por tipo de cultivo. Se proyectó la superficie de cultivos en base a la proyección histórica 1990-2020, según la base de datos de INGEI 2020 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) hasta el 2030, y luego constante hasta el 2050. La utilización de fertilizantes inorgánicos se prevé un aumento hacia el 2030 de 9% en comparación con los niveles de utilización del año 2020.

2.6 Medidas previas con impacto en las emisiones futuras

En las emisiones que son asignadas y de responsabilidad del Ministerio de Agricultura en lo que respecta al presupuesto de carbono, no existen medidas previas que se hayan implementado previo al desarrollo del Plan Sectorial de Mitigación, por lo que la estimación de emisiones futuras no se vería afectada.

Sin embargo, existen algunos compromisos previos que se deben considerar para los ejercicios prospectivos futuros para alcanzar el presupuesto de emisiones asignados a la autoridad sectorial. Los compromisos previos han sido declarados en la ECLP.

La ECLP define los lineamientos generales de largo plazo que seguirá el país de manera transversal e integrada, estableciendo cómo Chile logrará el cumplimiento del objeto de la Ley Marco de Cambio Climático, siendo la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) la meta intermedia en este camino.

En su sección “Contribuciones Sectoriales y Componentes de Integración” (Capítulo 5), la ECLP presenta la visión de largo plazo concebida para las transformaciones necesarias para avanzar hacia la carbono neutralidad y de resiliencia al cambio climático, especificando los objetivos y metas de mediano y largo plazo que comprometen para el proceso de transición nacional y describiendo los principales instrumentos e instituciones involucradas (Sectores).

En ese contexto, el Sector Silvoagropecuario ha definido 9 objetivos para avanzar en dicha transición. En lo que respecta a medidas de mitigación específicas, se destacan las siguientes:

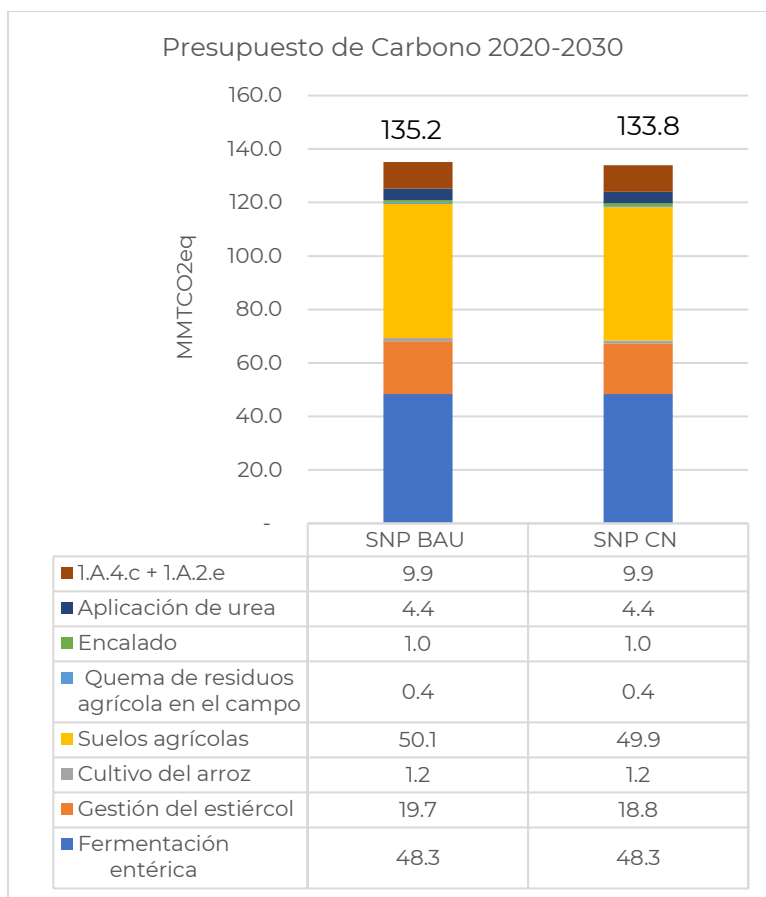
- Al 2025:
 - Contar con un plan nacional de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
 - Contar con un 75% de los purines de cerdos con tratamientos de abatimiento para emisiones de GEI (Planta de lodos activados, biodigestores y/o biofiltros).
 - Contar con estándares de sustentabilidad para los sectores avícola, porcino y lechero, que incorporen requerimientos relacionados a la acción climática. Además contar con una propuesta de 3 nuevos subsectores para elaborar sus estándares.
 - Incorporar prácticas que aporten a mitigar los impactos del cambio climático en programas para el mejoramiento agroambiental de los suelos.

- Contar con un plan de prevención y reducción de las Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA), que considere medidas para la reducción de emisiones.
 - Evaluar distintas estrategias productivas enfocadas en la mitigación del cambio climático, como la agricultura regenerativa, orgánica, biodinámica, agroforestería, agroecología, entre otras.
 - Elaborar una hoja de ruta para la carbono neutralidad en la ganadería bovina.
- Al 2030:
 - Evaluar los resultados de la implementación del Plan de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
 - Aumentar en al menos un 30% la cantidad de biodigestores instalados en el sector porcino respecto del 2021.
 - Evaluar los resultados de la implementación los estándares de sustentabilidad en los primeros 3 subsectores, y desarrollar estándares en 3 subsectores adicionales.
 - Incorporar a través de las políticas y programas del MINAGRI, los manejos productivos que mejor se adapten y mitiguen el cambio climático

2.7 Estado del presupuesto sectorial

De acuerdo a la proyección de emisiones para un escenario tendencial, el presupuesto de carbono no se alcanzaría, sumando un total de 135.2 Mt CO₂eq, requiriendo un esfuerzo de mitigación de aproximadamente 1.4 Mt CO₂eq para el periodo, para alcanzar su presupuesto de emisiones.

Figura 5. Presupuesto para el periodo 2020-2030, considerando escenario tendencial y con medidas modeladas en escenario de carbono neutralidad



*SNP: Sistema Nacional de Prospectiva; BAU: Business As Usual

El sector Agricultura no tiene medidas previas implementadas o en implementación. Las metas establecidas en la ECLP comienzan a implementarse desde el año 2025, por lo que la implementación del “Plan de Mitigación Sectorial” es clave para avanzar en la reducción de emisiones y lograr la meta de presupuesto de carbono asignado al Ministerio de Agricultura.

III. Capítulo 3.- Medidas de mitigación

De acuerdo con el artículo 8 de la Ley Marco de Cambio Climático, los Planes Sectoriales de Mitigación deberán establecer el conjunto de acciones y medidas para reducir o absorber GEI de manera de no sobrepasar el presupuesto sectorial de emisiones asignado a cada autoridad sectorial en la Estrategia Climática de Largo Plazo.

El proceso de caracterización y evaluación de las medidas de mitigación consta de una serie de actividades sucesivas que culminan con la consolidación de los resultados de las distintas fases del proceso, la selección de medidas sectoriales, y a su presentación y análisis descriptivo. A continuación, se describen de forma simplificada las actividades clave del proceso de caracterización e identificación de las medidas de mitigación propuestas.

3.1 Levantamiento de medidas de mitigación

Durante el proceso de elaboración de la ECLP y NDC de Chile del 2020, se evaluaron medidas sectoriales sobre (1) Asistencia técnica al uso eficiente de fertilizantes y (2) Biodigestores de purines porcinos. Estas medidas fueron caracterizadas en mayor profundidad en el ejercicio actual de elaboración del PSM. Además, se han considerado aquellas medidas que han sido preevaluadas en ejercicios del Sistema Nacional de Prospectiva (SNP) del Ministerio del Medio Ambiente, y en el proceso de fortalecimiento de la NDC de Chile realizado en 2022 enfocado en medidas relativas a reducir emisiones de metano en los sectores de Energía, Agricultura y Residuos.

Por otro lado, se han levantado antecedentes de estudios previos nacionales e internacionales en el cual se han caracterizado medidas de mitigación y que han considerado procesos participativos y validaciones para el levantamiento de medidas y la construcción de escenarios de mitigación para el sector agricultura.

Considerando los antecedentes mencionados anteriormente, se realizaron dos estudios dirigidos específicamente a caracterizar y evaluar en mayor profundidad medidas de mitigación y medidas de medios de implementación en el contexto actual: (1) Evaluación de escenarios de mitigación de GEI sector agricultura y bosques de Chile; costos, beneficios y co-beneficios (SSG-BID, 2023); y (2) Diagnóstico sectorial, determinación de medidas adicionales, medios de implementación y participación ciudadana (CCG-UC, 2023).

Las categorías identificadas como principales emisoras GEI son fermentación entérica y suelos agrícolas con un 80% de participación, seguida por gestión de estiércol con un 14,5%. Dada esta contribución relativa a las emisiones y en base a los antecedentes previos, el análisis se centró en alternativas que abordan las principales fuentes de gases sectoriales y que, al mismo tiempo, fueran coherentes con medidas definidas en instrumentos anteriores como la ECLP y el Sistema Nacional de Prospectiva del Ministerio del Medio Ambiente, y cuyo impacto pueda ser contabilizado en el presupuesto de emisiones asignado al sector agropecuario nacional.

En ese contexto, se realizaron en total seis talleres de trabajo con actores relevantes del sector público, privado, academia, consultoras, organismos internacionales y ONG's, para levantar información relevante respecto a las medidas de mitigación y medidas de medios de implementación. Para el caso del primer estudio se utilizó la metodología de Toma de Decisiones Robustas (RDM por sus siglas en inglés), en el cual los participantes apoyan la estructuración del marco de RDM mediante la definición de una matriz DAMI (Desempeños, Acciones, Modelos y Datos, e Incertidumbre).

El objetivo de la RDM es analizar las vulnerabilidades de políticas o estrategias existentes, para evaluar y generar recomendaciones de cómo robustecer las estrategias para cumplir objetivos de política pública. Este marco metodológico considera la definición de métricas de desempeño (D) bajo las cuales se evaluarán las estrategias, como reducción de emisiones de GEI o costos y beneficios asociados. Estas son evaluadas considerando modelos y datos (M) bajo las fuentes de incertidumbre (I), que son factores exógenos que impactan las métricas de desempeño, y simula el efecto de las acciones (A) que constituyen las estrategias de mitigación para el sector.

Producto del análisis de medidas previamente evaluadas, compromisos sectoriales en otros instrumentos de gestión al cambio climático, caracterización y tendencia de las principales fuentes de emisiones sectoriales, talleres de trabajo con actores clave y desarrollo de análisis técnicos cuantitativos y

cualitativos; se plantean las siguientes medidas de mitigación cuyo impacto puede ser contabilizado en el presupuesto de emisiones asignado al sector:

Tabla 2. Medidas de mitigación caracterizadas

Medida de mitigación	Descripción de la medida
Biodigestores de Purines Porcinos	Implementación de biodigestores para tratamiento de purines de plántales porcinos.
Uso eficiente del Fertilizante	Reducción en la intensidad del uso de fertilizantes para cereales, cultivos industriales y forrajeras
Biodigestores de Purines en Bovinos	Implementación de biodigestores para tratamiento de purines para ganado bovino en confinamiento.
Mejoramiento en dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano por fermentación entérica	Modificar alimentación del ganado bovino para reducir la metanogénesis, como lípidos, taninos, forrajes mejorados y aditivos comerciales
Reducción de quemaduras agrícolas	Reducción de la superficie bajo quemaduras agrícolas mediante manejos y usos alternativo de rastrojo en cereales.
Arroz bajo en metano	Potenciar y escalar sistemas de producción de arroz bajos en emisiones y uso de nuevas variedades, lo que implica una reducción del tiempo de inundación del cultivo asociado a una menor tasa de emisión de metano

Se estimó el potencial de emisiones evitadas a partir del potencial de mitigación de las medidas caracterizadas en base al contrafactual de un escenario sin medidas de mitigación. Para dicha evaluación se consideraron tasas de implementación plausibles desde el punto de vista técnico y discutidas en los talleres de trabajo.

Se describen los supuestos de implementación para cada una de las medidas en la siguiente tabla.

Tabla 3. Medidas y supuestos de implementación al 2030

Medida de mitigación	Tasa de implementación al 2030
Biodigestores de Purines Porcinos	El 42% de los purines del ganado porcino es tratado mediante Biodigestor.
Uso eficiente del Fertilizante	Reducción en un 10% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos cereales.

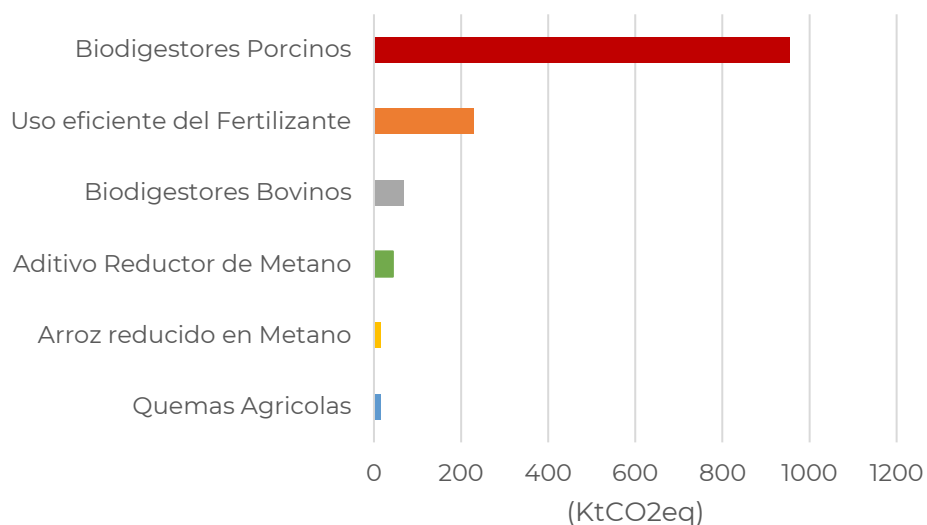
	Reducción en un 8% en la intensidad de uso de fertilizante nitrogenado para cultivos anuales y forrajeras.
Biodigestores de Purines en Bovinos	El 10% de los purines de ganado Bovino es tratado mediante biodigestores.
Mejoramiento dieta bovina reductor metano	El 10% de los bovinos en sistemas de confinamiento reciben mejoramiento de dieta para reducir metano.
Reducción de quemas Agrícolas	Reducción del 30% en la superficie destinada a quemas agrícolas mediante la implementación de manejos y usos alternativos del rastrojo en cultivos de cereales.
Arroz bajo en metano	El 10% de la superficie destinada al cultivo de arroz emplea sistemas de producción bajo en emisiones y/o variedades que requieren menor consumo hídrico.

Para cada una de las tasas de implementación de las medidas anteriores se consideró una tasa de incremento anual lineal, partiendo desde el año 2025, con una implementación del 1% para dicho año. Excepcionalmente se consideró que la implementación de biodigestores porcinos comienza a implementarse desde el año 2024, sobre el porcentaje de adopción tecnológica actual, que corresponde a un 23%.

Considerando las tasas de implementación de las medidas previamente descritas, se estima un potencial de mitigación de 1346 ktCO₂eq para el periodo 2020-2030, de las cuales un 82% corresponden a reducción de emisiones de metano, un 13% a reducción de emisiones de óxido nitroso y un 4% a emisiones de dióxido de carbono.

Las medidas con el mayor potencial de reducción son la implementación de biodigestores porcinos y el uso eficiente de fertilizantes, los cuales representan el 89% de las reducciones totales estimadas.

Figura 6. Potencial de mitigación de medidas de mitigación caracterizadas



La medida de biodigestores porcinos evita la emisión de 953.6 ktCO₂e. La medida que le sigue es el uso eficiente de fertilizantes, con una reducción potencial de 229.3 ktCO₂e. En tercer lugar, encontramos los biodigestores bovinos, que contribuyen con una disminución de 68.2 ktCO₂e. Posteriormente, el mejoramiento de dietas en ganado bovino para reducir metano evita la emisión de 43.4 ktCO₂e. El arroz reducido en metano aporta una reducción de 15.5 ktCO₂e. Finalmente, las quemas agrícolas presentan un potencial de reducción de 14.8 ktCO₂e. Se puede observar un resumen de los potenciales de mitigación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Potenciales de mitigación de las medidas caracterizadas

Medida	Potencial de Reducción (ktCO ₂ eq)
Biodigestores Porcinos	953.6
Uso eficiente del Fertilizante	229.3
Biodigestores Bovinos	68.2
Mejoramiento dietas bovinos	43.4
Arroz reducido en Metano	15.5
Quemas agrícolas	14.8

3.2 Estimación de Costos y Curvas de Costo Marginal de Abatimiento (MAC) de las medidas propuestas

Se evaluaron los costos asociados a las acciones de mitigación caracterizadas, estimando el valor presente neto del costo de inversión (CAPEX) y de operación (OPEX) de cada una, desde el comienzo de su

implementación, para el periodo 2020-2030. La tasa de descuento social fue del 6%. La tabla siguiente muestra los costos unitarios de cada acción.

Tabla 5. Costos unitarios para medidas evaluadas del sector agricultura

Acción	Costo unitario	Actividades consideradas
Biodigestores de tratamiento para purines porcinos	CAPEX:24,3 USD/cerdo OPEX: 2,3 USD/cerdo/año	Instalación de biodigestor de tratamiento de purines en plantales porcinos. Costo de operación, incluyendo ingresos por producción de biogás. (The Synergy Group SpA, 2019)
Biodigestores de purines en ganado bovino bajo confinamiento.	CAPEX:357,4 USD/vaca/año OPEX: -19 USD/vaca/año	Instalación de biodigestor de tratamiento de purines bovinos. Costo de operación, incluyendo ingresos por producción de biogás (Indap & GORE Los Ríos, 2016).
Aditivo reductor de metano en bovinos	CAPEX: N/A OPEX: 102 USD/vaca/año	Costo del aditivo por unidad de ganado. Considera 0.06gr de aditivo/kgMS/día, y el precio aditivo 24 USD el kg ¹¹
Uso eficiente del fertilizante (reducción en la intensidad de uso de fertilizantes inorgánicos, kgN/ha, en cultivos)	CAPEX: N/A OPEX: -749 USD/ton urea	Considera el ahorro en fertilizantes producto de no sobrefertilizar, considerando el precio promedio úrea 2023 ¹² .
Arroz bajo en metano (cambio de variedad de arroz de menor consumo hídrico y baja producción de metano)	CAPEX: N/A OPEX: 658 USD/ha	Considera una pérdida del 8% de rendimiento por ha al cambiar a la variedad AWD. (FONTAGRO, 2022)
Reducción de quemadas agrícolas (gestión y utilización alternativa de rastrojos en cereales)	CAPEX: N/A OPEX: -56,9 USD/ha	Considera el ahorro de distintos fertilizantes que no se pierden producto de no quemar. (Ruiz,C., 2017)

Fuente: Menares et al., 2023 en base a The Synergy Group SpA (2019), Indap & GORE Los Ríos (2016), FONTAGRO (2022) y Ruiz,C. (2017).

Los beneficios en salud son derivados de la disminución de emisiones de contaminantes locales (material particulado fino y precursores y metano como precursor de ozono) y de la disminución de GEI.

Tabla 6. Monetización beneficios considerados en el sector agricultura

¹¹ En base a los datos entregados por el productor.

¹² Reporte de precios de fertilizante de ODEPA: https://apps.odepa.gob.cl/powerBI/reporte_fertilizantes.html

Tipo beneficio	Beneficios considerados y monetización
Reducción de emisiones de NH ₃	0,11 USD/ton NH ₃
Reducción de emisiones de NO _x	0,025 USD/ton NO _x
Reducción de MP _{2,5}	0,9 USD/ton MP
Reducción de emisiones de CH ₄ (como precursor de ozono)	2.657 USD/ton CH ₄
Costo social de emisión de Carbono	32,5 USD/ton CO ₂ e

Fuentes: Artículo 8°, Ley 20780, 2020; Ministerio de Desarrollo Social, 2017; Ministerio del Medio Ambiente, 2019; UNEP & and Climate and Clean Air Coalition, 2021)

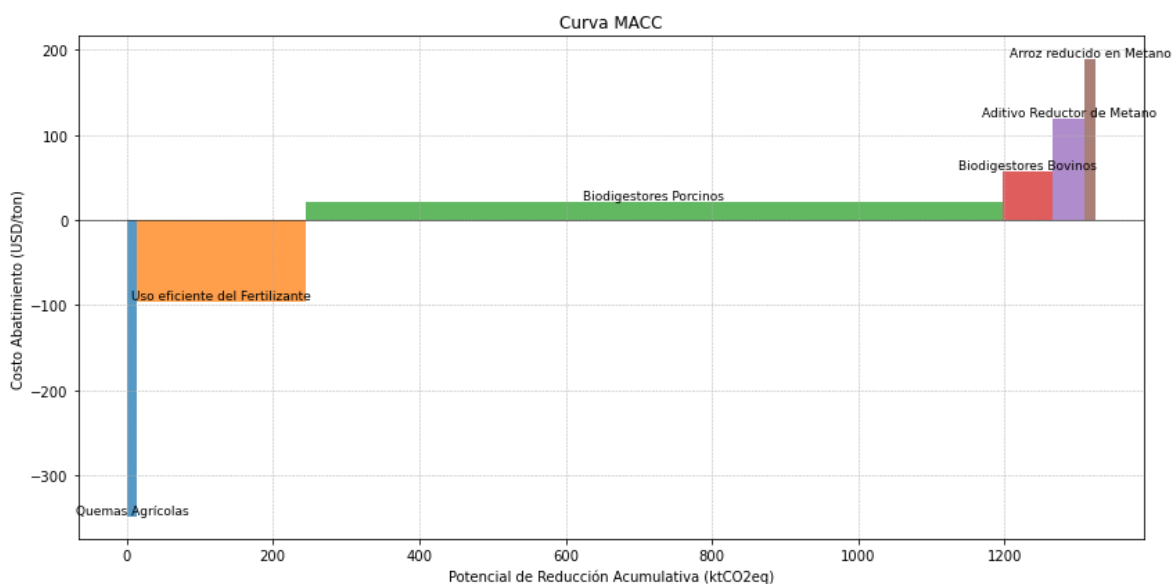
Considerando los costos unitarios por acción y los niveles de implementación indicados anteriormente, se obtuvieron los costos totales de implementación y los beneficios en salud y reducción de emisiones monetizadas para la estrategia de mitigación en la proyección de referencia.

Los costos de inversión por la implementación de las acciones en el período 2020-2030 alcanza US\$14,3 millones y los costos operativos totalizan US\$6,2 millones. El impacto monetizado por la reducción de contaminantes locales (NH₃, NO_x y MP_{2,5}) alcanza los US\$19,4 millones. Los beneficios derivados de la disminución de metano se estiman en US\$116,8 millones y los correspondientes al dióxido de carbono suman US\$41,7 millones en el periodo 2020-2030. El beneficio neto de la estrategia de mitigación es positivo, sumando US\$169,7 millones. Por lo tanto, aunque ciertas acciones conllevan un costo inicial significativo, generarían un beneficio social a través de la mejora de la salud de las personas y la reducción de gases de efecto invernadero.

La acción que tiene un mayor costo acumulado para el periodo 2020-2030, corresponde al aditivo reductor de metano en bovinos, con un costo neto de US\$39,7 millones. La acción que genera mayores ahorros es el uso eficiente de fertilizantes, con un ahorro total neto de US\$47 millones. El costo neto de la implementación de las acciones de mitigación es de US\$8,2 millones, con un costo medio de abatimiento de 4,8 USD/tonCO₂eq y un potencial de reducción de 1,4 MtCO₂eq.

En la figura siguiente se presenta la Curva de Costos Marginales de Abatimiento para las medidas caracterizadas. En el eje horizontal se muestra el potencial de reducción acumulado a medida que se agregan las emisiones mientras que, en el eje vertical, se muestra el costo de abatimiento de cada medida.

Figura 7. Curva de Costos Marginales de Abatimiento para medidas caracterizadas



Fuente: Melo et al., 2023

Caracterización medidas adicionales

Adicionalmente se caracterizaron medidas complementarias que pueden contribuir en la reducción de emisiones desde el sector agricultura, las que se espera puedan contribuir a los esfuerzos de mitigación futuros y ser incorporadas y caracterizadas con mayor detalle en la actualización del PSM en la medida que se cuente con información y datos robustos para su análisis. Además, se espera avanzar en otras alternativas de mitigación para el sector como lo es la reducción de pérdidas de alimentos a nivel predial. Esta alternativa presenta un creciente interés como una acción costo-efectiva para reducir emisiones además de los co-beneficios en términos de seguridad alimentaria y reducción de emisiones en otros sectores.

- **Ganadería Regenerativa:** Se entiende como la optimización de las relaciones simbióticas entre animales y plantas. Captura de carbono en suelos de praderas destinadas a la producción ganadera extensiva. Se considera que un 4% de la superficie de praderas al 2030 (43.740 ha) será manejada bajo sistemas de ganadería regenerativa.
- **AgroPV:** Sistema de producción de energía en base a tecnología solar fotovoltaica en combinación armónica y optimizada con la producción agrícola. Dado que las experiencias piloto en Chile han sido en la región Metropolitana en cultivos de hortalizas, se consideró la estimación potencial de reducción de emisiones dentro de la Región Metropolitana. Al menos el 4% de la superficie de hortalizas (508 ha), implementa el sistema AgroPV al 2030, comenzando el año 2025.

Medida de Mitigación	CAPEX (MM USD)	OPEX (MM USD)	Costo Total (MM USD)	Reducción emisiones (kt 2020-2021)	Costo Abatimiento (USD/tonCO ₂ e)
Ganadería Regenerativa	-	(-7,79)	(-7,79)	-0,309	(-25,2)
AgroPV	73,8	(-93,93)	(-20,54)	-365	(-72,4)

En el caso de ambas medidas se estiman costos de abatimiento negativos, es decir, un beneficio neto, ya que estas prácticas reducen los costos de operación de los sistemas productivos.

3.3 Análisis de brechas institucionales, técnicas, legales y económicas

- Biodigestores porcinos

1. Brechas institucionales: es necesario generar un trabajo coordinado con el Ministerio de Medio Ambiente, ya que existen exigencias normativas que están produciendo cambios en la toma de decisión de los productores porcinos que podrían favorecer o perjudicar la medida.
2. Brechas técnicas: la instalación y operación de biodigestores requiere capacidades tecnológicas y mano de obra calificada que hoy no está disponible en los productores que podrían adoptar la medida.
3. Brechas legales: El decreto supremo N°9, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba la Norma de emisión de contaminantes en planteles porcinos que, en función de sus olores generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población, en vigencia desde el 6 de febrero de 2023, exige un tratamiento de los purines para el control de olores, que implica un control de emisiones. Es necesario establecer una coherencia entre la regulación vigente y la medida.
4. Se debe obtener una autorización del SEA y de la SEC.
5. Brechas económicas: la instalación de biodigestores es una medida que deberá ser adoptada por pequeños y medianos productores que no cuentan con acceso a crédito ni una estructura financiera que les permita hacer las inversiones necesarias.

- Uso eficiente fertilizantes

1. Brechas institucionales: No existe un organismo en el estado con competencia directa para incentivar el uso eficiente de fertilizante.

2. Brechas técnicas: No hay claridad respecto del potencial exacto de la medida y en cultivos y perfiles de productores tiene mayor potencial y costo efectividad.
 3. Brechas legales: Podrían ser necesarias algunas normas para crear la institucionalidad que se haga cargo de un programa de promoción del uso eficiente de fertilizantes y para implementar una certificación
 4. Brechas económicas: Si bien se espera que esta medida reduzca los costos de los agricultores, el esfuerzo financiero para lograr la adopción de estas prácticas puede ser significativo.
- Mejoramiento dietas ganado bovino
 1. Brechas institucionales: no se identifican brechas relevantes.
 2. Brechas técnicas: falta difusión de los productos de aditivos y otras alternativas de mejoramiento de dieta bovina con efectos en reducción de emisiones, sus efectos en parámetros productivos y de mitigación, y pruebas piloto a nivel nacional.
 3. Brechas legales: existen brechas normativas respecto a la función u objetivo de los productos o aditivos a utilizar en animales, ya que un aditivo con función o atributo netamente ambiental, no es considerado desde el punto de vista regulatorio de alimentos para animales del SAG.
 4. Brechas económicas: el uso de aditivos comerciales y otros mejoradores genera un mayor costo de producción y no se genera un aumento en ingresos ni eficiencia, por lo cual puede afectar la rentabilidad de la operación.
 - Biodigestores bovinos
 1. Brechas institucionales: Se requiera coordinación con Ministerio de energía, ya que este tipo de tratamiento de estiércol genera energía.
 2. Brechas técnicas: hoy no existe este tipo de tratamiento de estiércol en el ganado bovino confinado, solo algunos casos pilotos, por lo cual, falta conocimiento y capacidades técnicas para su operación.
 3. Brechas legales: se requiere autorización de SEC y SEA
 4. Brechas económicas: los biodigestores requieren altas inversiones y mayores costos de operación que los sistemas de tratamiento actuales, por lo cual es difícil que se genere un cambio voluntario sin incentivos económicos
 - Reducción de quemas agrícolas

1. Brechas institucionales: No hay un organismo que vele por reducir las quemas por razones distintas a los contaminantes locales.
 2. Brechas técnicas: La falta de maquinaria para incorporación de los rastrojos podría ser una limitante para evitar la quema. Salvo en los casos en que se utilice cero labranza, pues los rastrojos no se incorporan, sino que quedan en superficie. Si se incentiva cero labranza, se reducen quemas y se obtienen numerosos co-beneficios (salud de suelo, captura de carbono, control erosión, etc.)
 3. Brechas legales: La normativa que regula las quemas no responde a contaminantes globales por lo que no es aplicable en este caso.
 4. Brechas económicas: Para los agricultores la quema de rastrojos es una solución más “fácil” y “barata”. Por lo que al plantear alternativas se deben considerar estas dimensiones.
- Arroz reducido metano
 1. Brechas institucionales: no se identifican brechas relevantes, ya que la medida va a requerir el liderazgo de INDAP, que cuenta con personal y programas que pueden implementar la medida.
 2. Brechas técnicas: la totalidad de los productores utilizan sistemas productivos tradicionales para el arroz, y por ende, no existe conocimiento técnico para un sistema productivo de arroz bajo en carbono.
 3. Brechas legales: no se identifican brechas legales existentes.
 4. Brechas económicas: el cultivo del arroz es desarrollado por pequeños productores, que son beneficiarios de INDAP, y la mayoría trabaja con sistema de contrato con la agroindustria, que le da financiamiento para que pueda llevar a cabo el ciclo productivo. Cualquier cambio de cultivo debe considerar toda la cadena de producción primaria y agroindustrial y manejar conjuntamente el riesgo económico asociado a un cambio del sistema productivo.

3.4 Evaluación de riesgos

En esta sección se identifican aquellos factores que podrían dificultar la implementación y eficacia de la medida. Para cada medida se listan riesgos identificados para las dimensiones económicas, sociales y ambientales. Debe considerarse además que los riesgos de las medidas son dinámicos y, en particular, dependen del estado de la tecnología, su velocidad de implementación, recursos disponibles y de la realidad social y productiva de donde se están implementando. Para cada medida se identifican y analizan los riesgos a nivel cualitativo.

- Biodigestores porcinos

Actualmente se está tramitando la inclusión de los olores como contaminante en la ley N° 19.300, por lo que, una vez que culmine la tramitación legislativa y se dicten las modificaciones reglamentarias que correspondan, puede evaluarse si existe sinergia, riesgos o desincentivos para la implementación de la medida. A su vez, el decreto supremo N°9, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba la norma de emisión de contaminantes en planteles porcinos que, en función de sus olores, generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población, si bien puede incentivar la aplicación de tecnologías de abatimiento como los biodigestores, existen desafíos económicos para solventar los costos de implementación, por lo que otros métodos de eliminación de olores menos intensivos en la reducción de GEI podrían tener mayores tasas de adopción.

En esta misma línea, la inversión inicial para adquirir e instalar biodigestores y sistemas de generación de biogás es alta, lo que podría ser un riesgo financiero si las plantas de cerdos no pueden hacer frente a estos gastos, específicamente pequeños y medianos productores. Este riesgo puede disminuir con subsidios estatales.

La reducción del precio del kWh cogenerado, así como el aumento de precio del gas natural pueden hacer que los beneficios de la implementación de biodigestores no sean económicamente sostenibles para pequeños y medianos productores. A su vez, los costos de operación, como el mantenimiento de los biodigestores y el suministro de sustrato, pueden ser altos y requerir una inversión continua.

La instalación de biodigestores debe tener un tamaño mínimo para que sea sostenible financieramente en el tiempo. Esto puede generar que pequeños productores no tengan la capacidad técnica ni financiera para su implementación y, a su vez, el aumento en los costos de operación de plantas de tratamiento que abarque a varios productores, requeriría de logística y costos de operación más altos, ya que se requeriría del traslado de los purines hacia el biodigestor, lo que aumentaría significativamente los costos y reduciría la capacidad de mitigación.

Aunque los biodigestores pueden reducir los olores y la contaminación ambiental, todavía pueden subsistir preocupaciones y conflictos con la comunidad local si no se gestionan y maneja adecuadamente el biodigestor, como los efectos visuales de la infraestructura, resguardos de seguridad, entre otros.

En esta misma línea la capacitación del personal para operar los biodigestores es crucial, por lo que la falta de formación adecuada puede resultar en accidentes o errores de operación. A su vez, se requerirá de personal altamente capacitado para la operación del biodigestor, aumentando los costos de operación del mismo. En esta misma línea la cantidad de personal calificado para la operación de la planta puede ser insuficiente para suplir con la demanda potenciales nuevos empleos.

Si no se gestionan correctamente, los gases emitidos por los biodigestores pueden afectar la salud de los trabajadores y la comunidad local. A su vez, el mal manejo del biodigestor puede generar accidentes como la descarga de efluentes mal tratados y otros, si no se toman las medidas adecuadas.

Finalmente, si los biodigestores no funcionan eficientemente y no reciben purines suficientes o en un ritmo constante, la producción de biogás podría ser insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de la planta de cerdos, lo que requeriría fuentes de energía adicionales, aumentando los costos de operación y extendiendo el periodo de retorno de la inversión.

- Uso eficiente fertilizantes

Existe un desconocimiento del estado del arte del uso de fertilizantes del país. Se requiere de mayor conocimiento e investigaciones que muestren la real dinámica del consumo de fertilizantes nitrogenados a nivel predial, y los aumentos y reducciones en la producción según distintas intensidades en la aplicación, como también pruebas piloto y casos de estudio de nuevas tecnologías que permitan aplicar la medida de manera más eficiente. A su vez, existe una falta de conocimiento técnico de los productores sobre el uso eficiente de fertilizantes.

La inversión inicial en análisis de suelo y equipos de aplicación eficiente de fertilizantes puede ser alta, lo que representa un riesgo económico si no se gestiona adecuadamente. Los precios de los fertilizantes nitrogenados pueden ser volátiles en el mercado, lo que puede afectar los costos de producción y la rentabilidad.

La aplicación de esta medida requiere de mano de obra calificada para la aplicación eficiente, en este sentido el riesgo está en la potencial falta de esa mano de obra para cumplir con los plazos de adopción que se esperan de la medida. La gestión inadecuada de los fertilizantes puede resultar en una baja eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de los cultivos, lo que a su vez podría afectar negativamente el rendimiento y la producción.

Puede existir una resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores, tanto si se requiere un cambio tecnológico, cultural, de tradiciones y prácticas arraigadas que dificulten la implementación de la medida, debido a la percepción de los agricultores que la reducción del uso de fertilizantes puede tener un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos. Un adecuado diagnóstico de los requerimientos nutricionales de los cultivos es fundamental para la aplicación eficiente de estos insumos.

- Mejoramiento dietas ganado bovino

Existen desafíos de implementación y aplicabilidad de las tecnologías de reducción de emisiones de CH₄ entérico en la crianza/explotación de rumiantes en sistemas de pastoreo. Esta estrategia puede no ser aplicable a gran escala en un comienzo, por lo que debe adaptarse a las circunstancias específicas de cada explotación ganadera.

La necesidad de suministrar suplementos de manera oportuna y económicamente viable implica una serie de desafíos logísticos, económicos y de manejo en la producción ganadera que pueden ser una barrera para pequeños y medianos productores. Los ganaderos deben encontrar un equilibrio entre la mejora de la nutrición de los animales, la eficiencia de la producción y la mitigación de las emisiones de metano, teniendo en cuenta las condiciones específicas de su operación y el entorno en el que trabajan.

La suplementación con aditivos debe ser alta dentro de la dieta diaria para influir significativamente en la metanogénesis, lo cual puede aumentar el costo económico de la alimentación del ganado bovino (INIA, n.d., INIA, 2019). Aunque se reduzcan las emisiones de metano entérico, aumentar el consumo de aditivos a partir de ciertos niveles podría aumentar las emisiones de otros gases de efecto invernadero, como CO₂ y N₂O, asociadas con la producción y uso de suplementos (INIA, n.d.).

La resistencia de productores a aplicar la medida debido a los desafíos mencionados, como también relacionados a aspectos culturales, tradiciones y prácticas arraigadas en el sector ganadero, debe abordarse de manera integral y de forma colaborativa, proporcionando los incentivos adecuados.

- Biodigestores bovinos

Para el correcto funcionamiento de los biodigestores es deseable la provisión de estiércol de manera continua y controlada. Si esto no es posible de mantener en el tiempo, se dificulta la implementación de la medida a escala pequeña lo que representa una barrera para pequeños y medianos productores.

Al igual que para los biodigestores porcinos, actualmente se está tramitando incluir los olores como contaminante en la ley 19.300, y, dependiendo de cómo avance esta tramitación y la alineación de los reglamentos que la regulen con otros instrumentos como la ECLP, puede existir sinergia o riesgo en la implementación de la medida.

La inversión inicial para adquirir e instalar biodigestores y sistemas de biogás puede ser alta, lo que podría ser un riesgo financiero si las plantas ganaderas no pueden hacer frente a estos gastos. Al igual que con los biodigestores porcinos, este riesgo puede disminuir con incentivos estatales.

La reducción del precio del kWh cogenerado, así como el aumento de precio del gas natural pueden hacer que los beneficios de la implementación de biodigestores no sean económicamente sostenibles para pequeños y medianos productores.

El mantenimiento de los biodigestores y el suministro de estiércol pueden ser altos y requerir una inversión continua y, a su vez, para el manejo y mantención del biodigestor se requiere de mano de obra calificada, aumentando los costos de operación de la planta.

La instalación de biodigestores debe tener un tamaño mínimo para que sea sostenible financieramente en el tiempo. Esto puede generar que pequeños productores no tengan la capacidad técnica ni financiera para su implementación. A su vez, la industria bovina no utiliza en general un confinamiento total, lo que hace que la colecta de estiércol sea menor, haciendo difícil la implementación de la medida para pequeños y medianos productores.

La capacitación del personal para operar los biodigestores es crucial y la falta de formación adecuada puede resultar en accidentes o errores de operación, por lo cual la falta de mano de obra calificada para el manejo de los biodigestores puede ser una barrera en su implementación.

Aunque los biodigestores reducen los olores y la contaminación ambiental, pueden persistir preocupaciones y conflictos con la comunidad local si no se gestionan adecuadamente los residuos y los efectos visuales de la infraestructura. Si no se opera correctamente el biodigestor, los gases emitidos pueden afectar la salud de los trabajadores y la comunidad local. Una mala operación y mantenimiento de la planta de tratamientos podría atraer vectores, accidentes ambientales, entre otras dificultades.

- Reducción de quemas agrícolas

La resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores, tanto si se requiere un cambio en las prácticas usadas para la eliminación de residuos, como culturales, las tradiciones y prácticas arraigadas pueden dificultar la implementación de la medida.

Una parte importante del sector considera las quemas agrícolas como una práctica tradicional efectiva para la eliminación de residuos de cultivos, el control de plagas y la preparación del suelo. La falta de incentivos adecuados puede generar resistencia al cambio.

Por otro lado, las prácticas alternativas a las quemas suelen involucrar inversiones en maquinaria especializada (como trituradores de residuos o sembradoras de siembra directa), lo que puede representar una barrera económica, especialmente para pequeños productores.

- Arroz reducido en metano

La falta de conocimiento técnico en las áreas rurales puede representar un riesgo significativo para la implementación de proyectos de gestión de agua en campos de arroz. Los riesgos tecnológicos pueden incluir la implementación deficiente de tecnologías de gestión de agua, reduciendo la efectividad en la capacidad de mitigación de la medida.

Otro riesgo es la resistencia por parte de los agricultores de aplicar nuevas técnicas de inundación, o adopciones de variedades que reducen la emisión de metano, por factores culturales, tradiciones y prácticas arraigadas, más que económicas.

A su vez, las nuevas técnicas de manejo pueden generar un aumento en la aparición de malezas y plagas, lo que requerirá una mayor cantidad de herbicidas y pesticidas, aumentando los costos de operación. La participación activa de los agricultores es fundamental en la implementación de proyectos de reducción de metano y la falta de colaboración puede ser un riesgo relevante.

Por otra parte, existe el riesgo de que los beneficios de los proyectos de reducción de metano no se distribuyan equitativamente entre los agricultores y las comunidades rurales.

La gestión inadecuada del agua en los campos de arroz puede tener impactos ambientales negativos, como el agotamiento de los recursos hídricos y la degradación del suelo y la ineficiencia de la medida en reducir las emisiones de metano. Este riesgo es de vital importancia en el contexto del estrés hídrico que enfrenta el país.

Los proyectos de gestión de campos de arroz pueden requerir inversiones significativas en infraestructura de riego y drenaje, como también en la operación, debido al uso de maquinarias u otras herramientas pesadas, lo que representa un riesgo económico y una barrera de adopción para pequeños y medianos productores.

3.5 Consolidación de resultados y análisis descriptivo de las medidas de mitigación

A continuación, se presenta un resumen de la información consolidada como resultado del desarrollo de las distintas actividades del proceso de caracterización y evaluación de las medidas en formato de fichas descriptivas.

1. Biodigestores porcinos

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	2025_Agricultura_biodigestoresporcinos	
	Nombre	Implementación de biodigestores y otros sistemas de abatimiento de emisiones, para tratamiento de purines de planteles porcinos.	
	Descripción	Esta medida implica aumentar progresivamente el volumen de purines (medido como % de cabezas porcinas) de planteles tratados con biodigestores anaeróbicos y otros sistemas para reducir emisiones de metano.	
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025	
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura	
	Instituciones coadyuvantes	ASCC, MMA	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Industria porcina, gremios sectoriales	
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura	
	Subsector afectado	Gestión del estiércol	
	Fuente emisora afectada	Emisiones de metano (CH ₄) y Óxido Nitroso (N ₂ O) de los sistemas de gestión del estiércol	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CH ₄ y N ₂ O	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	<p>ECLP 3.3: Al 2025, contar con un 75% de los purines de cerdos con tratamientos de abatimiento para emisiones de GEI (Planta de lodos activados, biodigestores y/o biofiltros)</p> <p>ECLP 3.4: Al 2025, contar con estándares de sustentabilidad para los sectores avícola, porcino y lechero, que incorporen requerimientos relacionados a la acción climática</p> <p>ECLP 3.11: Al 2030, aumentar en al menos un 30% la cantidad de biodigestores instalados en el sector porcino respecto del 2021 (empresas medianas y grandes)</p>	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO ₂ eq]	2020-2030	953.55
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	

		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100
		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados y promoción de otras alternativas de fertilización bajas en emisiones	
Información Financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO ₂ eq]	\$21.26	
	VAN CAPEX [USD]	\$21,926,547	
	VAN OPEX [USD]	(-\$1,656,011)	
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> Alta inversión inicial de instalación lo que desincentiva implementación En el contexto de la normativa de olores, puede haber preferencia por otros métodos de abatimiento menos intensivos en reducción de GEI Operación y mantenimiento requiere mano de obra especializada y recursos lo que impacta a segmentos de pequeños productores 	
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de olores y contaminación en las cercanías de la planta Aumento de oferta de empleo de mano de obra calificada Aumento de uso de digestato como fertilizante orgánico 	
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de cabezas porcinas bajo tratamiento de reducción de emisiones Variación en emisiones de gestión de estiércol en planteles porcinos 	
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> Requerimiento de alta inversión para productores sin capacidad de crédito Desarrollar proceso de autorización ambiental 	
	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> Industria comprometida con aumentar estándares de sustentabilidad Existen antecedentes de identificación de pymes porcinas y soluciones tecnológicas Sinergia con norma de olores 	

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción	1.1_NormaOlores
	Nombre de acción	Estudio impacto y sinergias entre normativa de olores y objetivos de mitigación. Estudio Información preliminar para el desarrollo de factores de emisión de óxido nitroso en sistemas de manejo de estiércol porcino
	Tipo de acción	Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado	Decreto Supremo N°9/2022

	Tipo de instrumento		Normativo
	Descripción y Justificación		Cerrar brechas de información respecto de las sinergias e impacto de la normativa de olores y los objetivos de reducción de emisiones en el sector y evaluar información preliminar para FE en sistemas de manejo de estiércol.
	División responsable		Departamento Sustentabilidad y Cambio Climático, ODEPA
	Alcance territorial		Nacional, foco en regiones productivas relevantes
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Evaluación, recopilación antecedentes y desarrollo estudio norma olores	15M
	Año 2026	Evaluación, recopilación antecedentes y desarrollo estudio FE	20M
	Año 2027-2030	Seguimiento resultados y potenciar sinergias identificadas respecto a logros de los objetivos de mitigación	274M (gastos en personal para seguimiento e implementación)
	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a ODEPA
	Indicadores de seguimiento de la acción		• Realización de estudios normativa olores y objetivos de mitigación y FE
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		1.2_PymePorcina
	Nombre de acción		Evaluar continuación programa "Transformación Tecnológica, Energética y Ambiental Pyme Porcina"
	Tipo de acción		Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado		Programa de transformación tecnológica, energética y ambiental para el segmento Pyme de la industria porcina
	Tipo de instrumento		Técnico
	Descripción y Justificación		Se busca promover el uso de tecnologías energéticas y ambientales para el tratamiento de purines de cerdo que permitan una producción sostenible en el largo plazo, mediante la reducción de GEI y NH3, compatibilizando la actividad con las comunidades aledañas.
	División responsable		• Departamento Sustentabilidad y Cambio Climático, ODEPA • ASCC, CPL
	Alcance territorial		Nacional, foco en regiones productivas relevantes
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Reuniones coordinación y evaluación para continuar/reactivar programa	0

	Año 2025-2030		Implementación de líneas de trabajo: Diagnóstico del sector; postulación a financiamiento; factibilidad técnica, legal y financiera; formación de capacidades; difusión; misión tecnológica	por determinar en base a evaluación
	Origen del financiamiento		Presupuesto programa (ASCC, CPL)	
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de factibilidad de continuar/reactivar programa • Realización de actividades contenidas en líneas de trabajo 	
	Enfoque de género de la acción		No considera	
Acción 3 (Medios de implementación)	Id Acción		1.3_FE_N2O	
	Nombre de acción		Generar información para el desarrollo de factores de emisión para óxido nitroso en los principales sistemas de manejo de estiércol porcino	
	Tipo de acción		Creación y fortalecimiento de capacidades	
	Instrumento involucrado			
	Tipo de instrumento		Técnico	
	Descripción y Justificación		Generación de información para cerrar brechas de conocimiento respecto a factores de emisión para óxido nitroso para sistemas de manejo de estiércol. Con esto se puede estimar emisiones de este gas en los sistemas de manejo de estiércol	
	División responsable		<ul style="list-style-type: none"> • Departamento Sustentabilidad y Cambio Climático, ODEPA • INIA 	
	Alcance territorial		Nacional, foco en regiones productivas relevantes	
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030	
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)	
	Año 2024-2025	Evaluación y recepción de insumos técnicos	0	
	Año 2026	Desarrollo de proyecto para generación de información	15M	
	Año 2027-2030	Estimación de emisiones de óxido nitroso en sistemas de manejo de estiércol	0	
	Origen del financiamiento		<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto MINAGRI • Fuentes de financiamiento internacionales para proyectos de investigación • Fuentes de financiamiento de empresa privada 	
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none"> • Realización de estudio 	
	Enfoque de género de la acción		No considera	

2. Uso eficiente de fertilizantes

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	2025_Agricultura_UsoEficienteFertilizantes	
	Nombre	Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados y promover alternativas de fertilización bajas en emisiones	
	Descripción	Reducción en la intensidad (kgN/ha) del uso de fertilizantes para cereales, cultivos industriales y forrajeras, y promover productos alternativos bajos en emisiones	
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025	
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura	
	Instituciones coadyuvantes	INIA, SAG, INDAP, ODEPA	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Gremios agrícolas, asociaciones campesinas, extensionistas y asesores, municipios	
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura	
	Subsector afectado	Suelos agrícolas	
	Fuente emisora afectada	emisiones directas e indirectas de N ₂ O generadas desde el suelo producto de la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizantes sintéticos; nitrógeno orgánico aplicado como fertilizante (estiércol animal, abono orgánico, compost, lodos de aguas servidas, residuos); nitrógeno de orina y de estiércol depositado en pasturas por animales en pastoreo y otros.	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	N ₂ O	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	ECLP 3.2: Al 2025, elaborar un plan nacional de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados, que considere a lo menos los cultivos priorizados por el ministerio	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO ₂ eq]	2020-2030	229.33
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	
		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100
		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	NA	
Información Financ	Costo medio de abatimiento [USD/tCO ₂ eq]	(-\$56.79)	

	VAN CAPEX [USD]	NA
	VAN OPEX [USD]	(-\$21,986,186)
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento técnico de los productores sobre el uso eficiente de fertilizantes e insumos alternativos • Volatilidad en el precio de fertilizantes. Alta exposición a shocks externos de mercado • Falta escalabilidad de alternativas de fertilización bajas en emisiones • Resistencia en la adopción de la medida por parte de los agricultores
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor productividad agrícola • Reducción de costos de producción • Menor impacto ambiental en suelos y contaminación • Oportunidad para fomento al desarrollo e innovación en sector de bioinsumos y oportunidades comerciales para fabricantes de productos bajos en emisiones
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	Variación en cantidad de N aplicado en cultivos objetivo
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> • No hay claridad respecto del potencial exacto de la medida y en cultivos y perfiles de productores tiene mayor potencial y costo efectividad • Normativas que regulen certificación • Escalar producción y uso de bioinsumos
	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades técnicas en instituciones de investigación públicas y privadas • Se cuenta con antecedentes técnicos que pueden ayudar a cerrar brechas de conocimiento • Iniciativas existentes en producción y difusión de bioinsumos • GEF Regenerativo • SIGESS • Oferta Programática INDAP

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción	2.1_CriteriosFert
	Nombre de acción	Incorporar criterios de fertilización eficiente y sustentable, capacitación, generación de información técnica y análisis de suelos en instrumentos de fomento existentes, en desarrollo y a desarrollar
	Tipo de acción	Lineamientos financieros
	Instrumento involucrado	<ul style="list-style-type: none"> • Programa Cultivos Tradicionales • SIGESS y otros instrumentos de fomento • GEF Agricultura Regenerativa • Convocatoria de proyectos de innovación FIA
	Tipo de instrumento	Normativo Económico o financiero Institucional
	Descripción y Justificación	Se requiere incorporar criterios y prácticas de fertilización eficiente y sustentables en programas de fomento existentes y futuros
	División responsable	ODEPA, INIA, SAG, INDAP

	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Sujeto a avance legislativo de programas actualmente en discusión y otros en etapa de diseño	-
	Año 2026		-
	Año 2027-2030		-
	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a MINAGRI Financiamiento GEF
	Indicadores de seguimiento de la acción		• Tramitación final y aprobación proyecto de ley SIGESS • Hectáreas intervenidas con instrumentos de fomento que incluyan fertilización eficiente
	Enfoque de género de la acción		Considera enfoque de género en aplicación y asignación de intervenciones
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		2.2_PlanNacionalFert
	Nombre de acción		Plan nacional de uso eficiente de fertilizantes nitrogenados, que considere a lo menos los cultivos priorizados
	Tipo de acción		Otro
	Instrumento involucrado		Plan nacional uso eficiente de fertilizantes
	Tipo de instrumento		Técnico Institucional
	Descripción y Justificación		Desarrollar un plan nacional de uso eficiente de estos insumos que determine una hoja de ruta e instrumentos y acciones específicas para fomentar y escalar el uso racional de la fertilización nitrogenada en cultivos prioritarios además de fomentar el escalamiento de alternativas sustentables como acceso a estiércol, reutilización de residuos orgánicos, bioinsumos, entre otros. El plan buscará incluir los contenidos necesarios para cumplir con objetivos climáticos, de eficiencia productiva y resguardo de la seguridad alimentaria, y que mejoren el desempeño de la práctica de fertilización, considerando las acciones apropiadas para distintos tipos de actores. A priori se identifican acciones como la definición de incentivos a través de criterios de financiamiento selectivo, la infraestructura institucional, la generación de información técnica, capacitación y educación, los mecanismos de medición y control necesarios para sostener la medida y propuestas alternativas de estímulos y regulación para la actividad, cuando corresponda.
	División responsable		• Departamento Sustentabilidad y Cambio Climático, ODEPA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Elaboración del plan nacional	10M
	Año 2026-2030	Implementación del plan	Sujeto a propuesta de hoja de ruta y estrategia de implementación
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		• Elaboración plan nacional de fertilizantes

Acción 3 (Medios de implementación)	Enfoque de género de la acción		Se considerará enfoque de género en el diseño del plan
	Id Acción		2.3_sinergiaPSA
	Nombre de acción		Fomentar la incorporación de materia orgánica y residuos, fomentar prácticas agronómicas e insumos de fertilización alternativos sustentables
	Tipo de acción		Otro
	Instrumento involucrado		<ul style="list-style-type: none"> • Programa Cultivos Tradicionales • SIGESS • Plan Sectorial Adaptación • GEF Agricultura Regenerativa
	Tipo de instrumento		Técnico Institucional
	Descripción y Justificación		Potenciar las sinergias con las medidas del plan sectorial de adaptación que van en línea con fertilización eficiente y sustentable y la prevención y control de la degradación del suelo, como el fomento a la incorporación de materia orgánica y residuos para mejorar y recuperar la fertilidad del suelo, mediante un análisis de las sinergias entre ambos planes y potenciar o escalar acciones que sirvan los objetivos de adaptación y mitigación
	División responsable		INDAP, SAG, INIA, ODEPA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Análisis sinergias e instrumentos de implementación considerados en ambos planes	0
	Año 2026-2030	Implementación de acciones plan de adaptación con sinergias identificadas	Sujeto a propuesta de hoja de ruta y estrategia de implementación
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Unidades productivas han aplicado prácticas y mejorado la calidad del suelo
	Enfoque de género de la acción		Se considerará enfoque de género en el diseño del plan
Acción 3 (Medios de implementación)	Id Acción		2.4_fertirriego
	Nombre de acción		fomentar la adopción de sistemas de riego tecnificado con fertirriego
	Tipo de acción		Técnico
	Instrumento involucrado		<ul style="list-style-type: none"> • Programa Cultivos Tradicionales • SIGESS • Ley de Riego • Plan Sectorial de Adaptación
	Tipo de instrumento		Técnico Institucional
	Descripción y Justificación		Incentivar la adopción de sistemas de riego tecnificado con fertirriego lo que optimiza y permite focalizar la aplicación y dosis de fertilizantes utilizados, disminuyendo la sobredosisificación y haciendo más eficiente su uso
	División responsable		ODEPA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030

	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2024	Análisis del estado de adopción de sistemas tecnificados	0
	Año 2025-2030	Seguimiento a proyectos de sistemas tecnificados, impacto en fertilización y reporte	Por definir gasto en proyectos beneficiados de acuerdo a número de postulaciones
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Número de proyectos nuevos de tecnificación
	Enfoque de género de la acción		Se considerará enfoque de género en el diseño del plan

3. Mejoramiento en dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano por fermentación entérica

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	2025_Agricultura_mejoramiento_dieta_bovinos	
	Nombre	Mejoramiento dieta ganado bovino	
	Descripción	Esta medida consiste en modificar alimentación del ganado bovino para reducir la metanogénesis, como la adición de lípidos, taninos, forrajes mejorados y aditivos comerciales en la dieta de ganado bovino para reducir emisiones de metano	
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025	
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura	
	Instituciones coadyuvantes	NA	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Universidades, empresas sector lácteo y carne, gremios sectoriales	
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura	
	Subsector afectado	Fermentación entérica	
	Fuente emisora afectada	Emisiones de metano (CH ₄) producto de fermentación entérica de rumiantes	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CH ₄	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	ECLP 3.8: Al 2025, elaborar una hoja de ruta para la carbono neutralidad en la ganadería bovina	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO ₂ eq]	2020-2030	43.42
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	

		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100
		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	NA	
Información Financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO ₂ eq]	\$119.47	
	VAN CAPEX [USD]	NA	
	VAN OPEX [USD]	\$5,187,163	
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> Falta de aplicabilidad de tecnologías de reducción de emisiones de CH₄ entérico en la crianza/explotación de rumiantes en sistemas de pastoreo Desafíos logísticos, económicos y de manejo en la producción ganadera que pueden ser una barrera para pequeños y medianos productores 	
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Potencial mayor demanda por productos pecuarios bajos en emisiones asociado a certificaciones Fomento de I+D+i en mejoradores de dietas y aditivos 	
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de cabezas bovinas en confinamiento bajo mejoradores de dietas 	
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> Existen brechas normativas de registro y autorización de uso respecto al objetivo de los productos o aditivos a utilizar en animales Alto costo en la actualidad de aditivos comerciales 	
	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> INIA posee experiencia en el tema y ha desarrollado investigación en reducción de metano entérico Iniciativas de trabajo público privadas para escalar adopción 	

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción	3.1_ I+DBovinosMetano
	Nombre de acción	Impulsar investigación aplicada e iniciativas I+D+i en aditivos reductores de metano en relación a la realidad productiva nacional
	Tipo de acción	Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado	<ul style="list-style-type: none"> Plan de acción para la sustentabilidad de la ganadería bovina, hacia la carbono neutralidad (en desarrollo) Fondos concursables para generar investigación aplicada e I+D+i y desarrollo de nuevos aditivos y/o formulaciones para sistemas pastoriles Convocatoria de proyectos de innovación o consultoría de innovación FIA

			• Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: consultoría de innovación y gira y evento de innovación)
	Tipo de instrumento		Técnico
	Descripción y Justificación		Se requiere acelerar la disponibilidad de alternativas probadas ya sea en forma de aditivos comerciales como mejoradores alimenticios que permitan reducir emisiones de fermentación entérica. El metano entérico es una de las fuentes principales de emisiones en el sector.
	División responsable		ODEPA, INIA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2024	Avanzar en implementación hoja de ruta para la ganadería carbono neutral	35M
	Año 2025-2030	Postulación a proyectos de innovación/investigación	0
	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none"> • Documento final de hoja de ruta para ganadería bovina carbono neutral • Proyectos de investigación realizados
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		3.2_RegistroAditivosMetano
	Nombre de acción		Avanzar en el registro y permisos de otros productos y formulaciones reductoras de metano cuando estén disponibles
	Tipo de acción		Otro
	Instrumento involucrado		Regulación SAG sobre la materia
	Tipo de instrumento		Normativo
	Descripción y Justificación		Se requiere avanzar en el registro y permisos correspondientes de insumos para animales considerando los objetivos o funciones de dichos insumos y que esto sea acorde con los lineamientos normativos actuales y los objetivos de mitigación sectoriales.
	División responsable		ODEPA; SAG
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025-2030	Acciones para agilizar registros y permisos de insumos en línea con directrices normativas y funciones u objetivos productivos del insumo	0
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Número de insumos que solicitan registro y autorización vs insumos registrados y autorizados
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 3 (M)	Id Acción		3.3_PilotosGanaderia

	Nombre de acción		Generar alianzas público-privadas con industria ganadera para escalar implementación
	Tipo de acción		Otro
	Instrumento involucrado		GEF agricultura regenerativa
	Tipo de instrumento		Técnico Económico o financiero
	Descripción y Justificación		Para escalar la adopción de dietas mejoradas y aditivos, se requiere generar alianzas público-privadas con la industria ganadera láctea y de carne para fomentar pilotos dado los costos altos de implementación
	División responsable		ODEPA; INIA; INDAP
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Elaborar y diseñar propuesta de colaboración con la industria ganadera, incluyendo pilotos	0
	Año 2026-2030	Implementación de proyecto piloto con la industria	Por determinar
	Origen del financiamiento		<ul style="list-style-type: none"> Presupuesto MINAGRI (programas existentes) GEF Regenerativa
	Indicadores de seguimiento de la acción		Número de pilotos/alianzas establecidas
	Enfoque de género de la acción		No considera

4. Biodigestores bovinos

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	2025_Agricultura_biodigestoresbovinos
	Nombre	Implementación de Biodigestores para tratamiento de Purines de Bovinos.
	Descripción	Esta medida implica aumentar progresivamente el volumen de purines de plantales bovinos tratados con biodigestores anaeróbicos para reducir emisiones de metano
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura
	Instituciones coadyuvantes	NA
	Actores sectoriales o locales involucrados	Universidades, empresas sector lácteo y carne, gremios sectoriales
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura
	Subsector afectado	Gestión del estiércol

	Fuente emisora afectada	Emisiones de CH ₄ y N ₂ O (directas e indirectas) generadas por los sistemas de producción animal, en particular, la de los sistemas para el almacenamiento del estiércol	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CH ₄ y N ₂ O	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	ECLP 3.8: Al 2025, elaborar una hoja de ruta para la carbono neutralidad en la ganadería bovina	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO₂eq]	2020-2030	68.17
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	
		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100
		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	NA	
Información Financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]	\$56.79	
	VAN CAPEX [USD]	\$4,344,714	
	VAN OPEX [USD]	(-\$473,067)	
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> Alta inversión inicial de instalación lo que desincentiva implementación Operación y mantenimiento requiere mano de obra especializada y recursos, lo que impacta a segmentos de pequeños productores Desafíos logísticos, económicos y de manejo en la producción ganadera que pueden ser una barrera para pequeños y medianos productores 	
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de oferta de empleo de mano de obra calificada Aumento de uso de digestato como fertilizante orgánico 	
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de cabezas bovinas en confinamiento bajo tratamiento de biodigestores Variación en emisiones de metano y óxido nitroso 	
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> Requerimiento de alta inversión para productores sin capacidad de crédito Se requiere mantenimiento y operación sostenida en el tiempo con mano de obra especializada Desarrollar proceso de autorización ambiental 	
	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> Existen biodigestores operativos en algunos planteles bovinos Existen antecedentes técnicos de factibilidad 	

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción		4.1_DesarrolloCapacidadesBiodig
	Nombre de acción		Desarrollar capacidades técnicas para la implementación de biodigestores bovinos
	Tipo de acción		Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado		<ul style="list-style-type: none">Plan de acción para la sustentabilidad de la ganadería bovina, hacia la carbono neutralidad (en desarrollo)Convocatoria de proyectos de innovación o consultoría de innovación FIAPrograma Formación para la Competitividad (PFC)
	Tipo de instrumento		Técnico
	Descripción y Justificación		Evaluar brechas de conocimiento y capacidades para implementar tecnologías de abatimiento de emisiones por gestión del estiércol bovino.
	División responsable		ODEPA, INIA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Realizar programa de formación en implementación de biodigestores o incluirlo en contenidos de programas existentes	10M
	Año 2026-2030		15M
	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a MINAGRI PFC
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none">Programa formaciónInstancias de formación realizadas
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		4.2_factibilidadBiodig
	Nombre de acción		Actualizar información disponible sobre factibilidad económica y productiva de proyectos de biodigestores
	Tipo de acción		Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado		NA
	Tipo de instrumento		Técnico
	Descripción y Justificación		Actualizar información sobre factibilidad de proyectos para la toma de decisiones
	División responsable		ODEPA, INIA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Evaluar antecedentes disponibles y trabajo realizado por INIA y otras instituciones	0

	Año 2026	Estudio para actualizar información disponible de factibilidad de proyectos	15M
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Realización de estudio de factibilidad
	Enfoque de género de la acción		No considera

5. Reducción quemas agrícolas

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	2025_Agricultura_quemasagricolas	
	Nombre	Reducción de Quemas Agrícolas	
	Descripción	Esta medida considera la generación de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios con la finalidad de disminuir el uso de las quemas, incentivando a las personas a usar prácticas sustentables que aporten a la gestión predial	
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025	
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura	
	Instituciones coadyuvantes	NA	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Gremios sectoriales, Universidades, empresa privada	
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura	
	Subsector afectado	Quema de residuos agrícolas en el campo	
	Fuente emisora afectada	Emisiones de N2O y CH4 generadas por la quema de residuos agrícolas en el campo	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CH4 y N2O	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	NA	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO2eq]	2020-2030	14.78
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	
		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100

		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	NA	
	Costo medio de abatimiento [USD/tCO ₂ eq]	(-\$348.21)	
Información Financiera	VAN CAPEX [USD]	NA	
	VAN OPEX [USD]	(-\$5,145,279)	
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de aumento de probabilidad de incendios • Aumento en costos de manejo de residuos lo que dificulta la adopción 	
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora salud de suelo, captura de carbono y control erosión • Reducción contaminación ambiental • Disminución de riesgo de incendios • Disminución de pérdida de nutrientes y materia orgánica 	
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	<ul style="list-style-type: none"> • Variación en número de hectáreas bajo uso de quemas agrícolas como tratamiento de residuos 	
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> • Quema de rastrojos es una solución más “fácil” y “barata”. Por lo que al plantear alternativas a la quema se deben considerar estas dimensiones • Falta de maquinaria para incorporación de los rastrojos podría ser una limitante para evitar las quemas 	
	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> • Institucionalidad y sistemas que abordan procesos de autorización de quemas 	

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción		5.1_prácticasalternativasquemas
	Nombre de acción		Evaluar la incorporación de prácticas alternativas a quemas en instrumentos de fomento
	Tipo de acción		Lineamientos financieros
	Instrumento involucrado		<ul style="list-style-type: none"> • SIGESS y otros instrumentos de fomento • GEF Agricultura Regenerativa
	Tipo de instrumento		Técnico Económico o financiero
	Descripción y Justificación		Evaluar incorporación de prácticas alternativas en instrumentos de fomento y programas de agricultura sustentable
	División responsable		ODEPA, SAG, INDAP
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Sujeto a avance legislativo de programas actualmente en discusión y otros en etapa de diseño	-
	Año 2026-2030		-

	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none"> • Aprobación programas • Superficie intervenida con prácticas alternativas
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		5.2_fortalecimientoSAQ
	Nombre de acción		Fortalecimiento del Sistema de Asistencia de Quemados (SAQ) el cual administra a nivel nacional las autorizaciones y las metodologías empleadas al momento de realizar una quema
	Tipo de acción		Otros
	Instrumento involucrado		SAQ
	Tipo de instrumento		Otro
	Descripción y Justificación		Tener un sistema más robusto y con información actualizada sobre autorizaciones y metodologías empleadas
	División responsable		ODEPA, INIA, CONAF
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Evaluar estado actual del sistema e identificar brechas	0
	Año 2026	Propuesta de mejoras en línea con los objetivos de mitigación y lineamientos de la reglamentación respecto a quemados agrícolas	15M
	Año 2027-2030	Implementación de mejoras al sistema	Por definir
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Realización propuesta de mejora
	Enfoque de género de la acción		No considera

6. Arroz bajo en metano

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	2025_Agricultura_arroz_reducido_metano
	Nombre	Arroz bajo en metano
	Descripción	Medida orientada a potenciar y escalar los sistemas de producción de arroz bajos en emisiones y nuevas variedades, lo que implica una reducción del tiempo de inundación del cultivo de arroz, asociado a una menor tasa de emisión de metano
	Fecha inicio implementación	Primer semestre 2025
Instituciones	Institución responsable	Ministerio de Agricultura
	Instituciones coadyuvantes	NA

	Actores sectoriales o locales involucrados	Gremios sectoriales, Universidades, empresa privada	
Metas de mitigación	Sector afectado	Agricultura	
	Subsector afectado	Cultivo de arroz	
	Fuente emisora afectada	Emisiones de CH ₄ generadas por la descomposición anaeróbica de material orgánico en arrozales inundados	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CH ₄	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	NA	
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [kt CO₂eq]	2020-2030	15.51
		2031-2040	NA
		2041-2050	NA
		Total (2020-2050)	NA
	Porcentaje de responsabilidad [%]	Ministerio de Energía	
		Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	
		Ministerio de Minería	
		Ministerio de Salud	
		Ministerio de Agricultura	100
		Ministerio de Obras Públicas	
		Ministerio de Vivienda y Urbanismo	
	Sinergias	Sinergias con medidas de adaptación enfocadas a optimizar y gestión adecuada de recursos hídricos	
Información Financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]	\$189.45	
	VAN CAPEX [USD]	NA	
	VAN OPEX [USD]	\$2,939,171	
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> Falta de capacidades a nivel predial sobre formas alternativas de cultivo Cambios en la productividad del cultivo 	
	Co-beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Menor consumo de agua Fomento a I+D+i en nuevas variedades de arroz bajo en emisiones 	
Ejecución	Indicadores de seguimiento de la medida	<ul style="list-style-type: none"> Reducción GEI por menor período de inundación en arroz Variación en número de hectáreas bajo sistemas productivos bajos en emisiones 	
	Brechas	<ul style="list-style-type: none"> Falta de conocimiento técnico. Mayor involucramiento de sector agroindustrial para escalar sistemas bajos en emisiones y generación de información Se pueden producir menores rendimientos si no es bien aplicado 	

	Facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> • INIA ha desarrollado variedades de arroz más resistentes al estrés hídrico y ha desarrollado proyectos a nivel predial para medir impacto en emisiones
--	----------------------	--

Fichas de Acciones (Medios de implementación)

Acción 1 (Medios de implementación)	Id Acción		6.1_I+D_políticasArroz
	Nombre de acción		Fomentar investigación e iniciativas I+D+i y de política pública en sistemas alternativos de producción y variedades bajas en emisiones
	Tipo de acción		Creación y fortalecimiento de capacidades
	Instrumento involucrado		<ul style="list-style-type: none"> • Fondos concursables para generar investigación aplicada e I+D+i y desarrollo de nuevas variedades • Convocatoria de proyectos de innovación o consultoría de innovación FIA • Instrumentos complementarios de innovación FIA (ej: consultoría de innovación y gira y evento de innovación)
	Tipo de instrumento		Técnico
	Descripción y Justificación		Fomentar iniciativas y creación de conocimiento respecto a sistemas alternativos de arroz y nuevas variedades adaptadas al estrés hídrico
	División responsable		INIA, ODEPA
	Alcance territorial		Nacional
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	CCAC Enabling platform for the participation of rice producers in carbon markets	0
		Estudio IICA-ODEPA sobre políticas públicas para impulsar sistemas de arroz bajos en emisiones	
	Año 2026-2030	Incentivar uso de variedades adaptadas y sistemas de producción bajos en emisiones	Por definir
	Origen del financiamiento		Presupuesto asignado a MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de investigación realizados
	Enfoque de género de la acción		No considera
Acción 2 (Medios de implementación)	Id Acción		6.2_alianzasPilotosArroz
	Nombre de acción		Generar alianzas público-privadas con la industria para generar pilotos/proyectos de arroz bajo en metano y escalar iniciativas
	Tipo de acción		Otro
	Instrumento involucrado		NA
	Tipo de instrumento		Otro

	Descripción y Justificación		Para escalar la adopción de sistemas bajos en metano y variedades adaptadas, se requiere generar alianzas público-privadas con la industria arrocera para fomentar pilotos
	División responsable		ODEPA, INDAP, INIA
	Alcance territorial		Foco en regiones productoras de arroz (Maule y Bio Bio)
	Inicio y periodo de implementación		2025 - 2030
	Planificación	Avance esperado	Gasto fiscal (CLP)
	Año 2025	Elaborar y diseñar propuesta de colaboración con la industria arrocera, incluyendo pilotos	0
	Año 2026-2030	Implementación de proyecto piloto con la industria	Por definir
	Origen del financiamiento		Presupuesto MINAGRI
	Indicadores de seguimiento de la acción		Implementación de piloto con industria
	Enfoque de género de la acción		No considera

Contribución del sector forestal a las acciones de mitigación

El territorio chileno comprende un 23.7% de su área total designada como tierras forestales y un 40.2% está ocupado por praderas y matorrales. Una parte significativa de estas áreas de matorrales ha surgido como reemplazo de bosques nativos previamente degradados. Del mismo modo, hay tierras degradadas que actualmente carecen de vegetación arbórea y que podrían ser reforestadas con especies nativas (CONAF, 2023 y MINAGRI, 2016).

La Tabla 7.7 muestra el total de hectáreas nacionales por Uso de la Tierra

Tabla 7. Total de Hectáreas Nacionales por Uso de la Tierra

Usos de la Tierra	Superficie (ha)	%
1. Áreas Urbanas e Industriales	810.689	1.1
2. Terrenos Agrícolas	3.244.696	4.3
3. Praderas y Matorrales	30.405.734	40.2
4.1 Plantación Forestal	3.121.969	4.1
4.2 Bosque Nativo	14.666.732	19.4
4.3 Bosque Mixto	179.585	0.2
5. Humedales	847.898	1.1
6. Áreas Desprovistas de Vegetación	17.256.546	22.8
7. Nieves y Glaciares	3.431.226	4.5
8. Cuerpos de Agua	1.431.659	1.9
9. Áreas No Reconocidas	331.199	0.4
Total Nacional	75.727.933	100.0

Fuente: CONAF, 2023.

Según el anuario forestal de INFOR (Álvarez González et al., 2022), el sector forestal el año 2021 observó una recuperación en línea con la economía nacional y mundial que se reactivaba luego de la pandemia del COVID-19. El PIB forestal alcanzó los 3,602 millones de pesos corrientes, representando el 1.7% del PIB total. La celulosa, papel y productos de papel lideraron la distribución del PIB forestal, seguidos por el subsector de madera y productos de madera, y la silvicultura.

Las exportaciones totales de Chile aumentaron un 28% en 2021, impulsadas principalmente por el sector minero. A pesar de esto, la participación del sector forestal en las exportaciones nacionales disminuyó, aunque las exportaciones de productos forestales aumentaron debido a los incrementos en los precios de exportación. Las importaciones también experimentaron un fuerte crecimiento, particularmente en productos forestales relacionados con la construcción. La industria manufacturera, incluida la forestal, mostró signos de recuperación, con un aumento en la producción y el uso de madera en la construcción se mantuvo, aunque con una ligera disminución en su participación (Álvarez González et al., 2022).

El sector UTCUTS es crucial para mitigar el cambio climático en Chile, ya que es el único sector que constantemente absorbe dióxido de carbono (CO₂). Según el último INGEI (MMA, 2023), el año 2020 este sector representó el 32,0 % del balance total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país

en termino absolutos, contando un total de -49,727,4 kt CO₂ eq, que corresponde a una reducción del 24,4 % desde el inventario de 1990 y del 3,6 % desde el inventario de 2018. En términos de absorción de CO₂, las tierras forestales y los productos de madera recolectada son las categorías más significativas en este sector. La disminución en la capacidad de absorción de las tierras forestales desde 2018 a 2020 se debe en parte a los incendios forestales y a una baja conversión de tierras a tierras forestales (forestación).

En cuanto a los depósitos de carbono, en 2020, la biomasa y los productos de madera recolectada contribuyeron principalmente a las absorciones netas del sector UTCUTS (85,6% y 12,4% respectivamente), mientras que la materia orgánica muerta contribuyó con emisiones netas hasta 2007 debido a la conversión de tierras forestales a otros usos. En cuanto al carbono del suelo, hubo una tendencia a la absorción neta hasta 1999, seguida de una emisión neta debido a la conversión de tierras a tierras de cultivo (MMA, 2023).

En 2018, el CO₂ fue el principal GEI en términos absolutos, representando un 99,7 % del sector, seguido por el metano (CH₄) con un 0,2 % y el óxido nitroso (N₂O) con un 0,1 %, estos dos últimos con aumentos de emisiones en los años con mayores incendios (1998, 2002, 2015 y 2017) (MMA, 2023).

Las acciones sectoriales de mitigación incluyen la reducción de emisiones derivadas de la deforestación, de la degradación, manejo sustentable, aumento de la cobertura forestal permanente con acciones de forestación y de restauración, entre otras, actividades que han sido agrupadas y establecidas por parte de la Convención Marco de Naciones sobre Cambio Climático (CMNUCC) como un enfoque de políticas más conocido como REDD+.

Con miras al cumplimiento de la meta de carbono neutralidad al 2050, el sector forestal ha asumido el desafío por medio de la actualización de la Contribución Nacional Determinada (NDC), aumentando a 200.000 ha el manejo y recuperación de bosque nativo; creación de 200.000 ha de nuevos bosques, con al menos 70.000 ha de ellas correspondientes a especies nativas; y reduciendo las emisiones del sector forestal por degradación y deforestación del bosque nativo en un 25% al 2030.

Para dar cumplimiento de estos compromisos climáticos, el MINAGRI por medio de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) como punto focal del enfoque REDD+ ha desarrollado la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) la cual corresponde a una política pública que sigue los lineamientos tanto nacionales como internacionales referentes a los bosques y otros recursos vegetacionales.

Se destaca que esta política fue sometida a la aprobación del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, se desarrolló de forma participativa con más de 3.700 personas participantes, considera el enfoque de género e interculturalidad en concordancia con la visión de las comunidades territoriales, establece medidas concretas sobre la gestión de los recursos para enfrentar las causas de la deforestación, degradación de bosques, formaciones xerofíticas y otros recursos vegetacionales, así como fomentar la implementación de actividades de restauración, conservación y manejo sustentable.

Considerando lo anterior, y si bien el sector forestal no tiene asignado un presupuesto de emisiones por lo cual no es mandatorio incluir las medidas de mitigación en el presente Plan, desde el MINAGRI se considera relevante vincular e incluir a la ENCCRV como una herramienta clave para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos en materia sectorial por el país. El documento está disponible de manera

pública y el proceso de actualización para alinearlos a la LMCC y sus instrumentos sectoriales se llevará a cabo durante el 2024.

El rol que cumple el sector de bosques es fundamental para la mitigación y resiliencia al cambio climático tanto a nivel sectorial como nacional, no solo en términos de registro y contabilidad de las emisiones, sino que también, y aún más importante, en el papel que juega como una primera línea de defensa contra el cambio climático. Los recursos vegetacionales en su conjunto representan uno de los principales sumideros de carbono por su capacidad natural de capturar el dióxido de carbono y almacenarlo como parte de sus estructuras físicas. Además, contribuyen a la regulación del régimen hídrico, mediante la interceptación de la precipitación y la regulación de la escorrentía; la conservación y protección de los suelos, especialmente la protección contra la erosión, y; la conservación de la biodiversidad. Por lo tanto, la degradación o eliminación de los bosques no solo incrementa las emisiones de GEI, sino que disminuye la calidad de vida de la población en todas sus dimensiones, haciéndola menos resiliente frente a la crisis climática.

IV. Capítulo 4. Indicadores de Monitoreo, Reporte y Verificación

Los sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), enmarcados en los acuerdos de transparencia que se desprenden de la CMNUCC, tienen como propósito contribuir a la transparencia y claridad en el reporte de las emisiones y absorciones de GEI, así como de los esfuerzos realizados para la gestión del cambio climático.

Estos sistemas incorporan procesos de monitoreo, reporte y verificación orientados a la evaluación y seguimiento del impacto de las políticas de cambio climático, además del seguimiento de las metas nacionales comprometidas. En esta línea, permiten establecer los roles y responsabilidades que tendrán los distintos actores involucrados en la implementación de las acciones, necesitando para su reconocimiento oficial, que todos los elementos, conexiones, funciones y propósitos estén debidamente documentados por medio de reglas o reglamentos y procedimientos reconocidos por los actores del sistema. En definitiva, los sistemas MRV son sistemas de procesos y de gestión de información, compuestos por: Indicadores, Actores, Responsabilidades, Procesos y Plazos (GreenLab Dictuc, 2023).

Se describen sistemas de MRV para el seguimiento de la adaptación y también para el de la mitigación. Los primeros, conocidos como sistemas de Monitoreo, Reporte, Verificación y Evaluación (MRV&E), están orientados al seguimiento de las medidas y acciones que buscan el fortalecimiento de la resiliencia de las personas y sus sistemas, a través del aumento de la capacidad de adaptación y la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático. En el caso de los segundos, tienen por objetivo la evaluación y seguimiento de la mitigación frente al cambio climático, y se pueden clasificar según momento del seguimiento en *ex – ante* (antes de la implementación) y en *ex – post* (después de la implementación).

Los sistemas de MRV de Mitigación están integrados por tres tipos (WRI, 2016 citado por WSP):

- (i) Sistemas de MRV de Emisiones que se centran en monitorear las emisiones y capturas de GEI, en un periodo definido, ya sea a nivel nacional, a nivel de organizaciones o a nivel de instalaciones.

Ejemplos de este tipo de sistemas lo constituye el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE) y el Sistema Nacional de Prospectiva (SNP);

- (ii) Sistemas de MRV de Políticas y Acciones de Mitigación o conocidos como MRV de Medidas de Mitigación, que hacen seguimiento a la reducción de emisiones de GEI y de los efectos de desarrollo sustentable asociados a una acción de mitigación, entendida esta última como intervenciones y compromisos (políticas, acciones y proyectos) adoptados por un gobierno u otra entidad para reducir las emisiones de GEI. Son los Sistemas de MRV de Políticas y Acciones de Mitigación los encargados de hacer seguimiento de los progresos y efectos de los Planes Sectoriales de Mitigación (PSM), foco de la presente consultoría, y que serán descritos con mayor detalle en la siguiente sección; y
- (iii) Sistemas de MRV de Apoyo que son aquellos encargados de hacer seguimiento a la entrega o recepción de apoyo climático y a los resultados alcanzados, particularmente, en las áreas de financiamiento climático, transferencia tecnológica y creación de capacidades.

Es importante señalar que, tanto los sistemas de MRV&E para la Adaptación como los sistemas de MRV de Mitigación, incluidos sus tres tipos, hacen parte de un sistema integrado y aportan, desde distintas perspectivas, al seguimiento de la gestión climática de los países (WRI, 2016 citado por WSP).

4.1 Objetivo del sistema de MRV de Medidas de Mitigación del PSM de Agricultura

El seguimiento de las políticas y acciones de mitigación sectoriales contenidas en el presente plan es clave para garantizar el cumplimiento de los compromisos del país. Por ello, el Sistema de MRV de las medidas tiene como objetivo hacer seguimiento de las políticas, acciones y medidas que se plantean en el plan para la mitigación de los efectos del cambio climático, su reporte a los organismos competentes y su verificación, habilitando así alcanzar el presupuesto sectorial de emisiones asignado al Minagri.

El MRV del PSM debe incorporar todas las medidas de mitigación que puedan ser contabilizadas y que tengan un impacto sobre las emisiones de GEI sectoriales; para lo cual es recomendable que todas las políticas, programas, etc. del Minagri estén vinculadas con el PSM, de manera que este refleje de la forma más completa posible las medidas de mitigación que serán abordadas desde el Ministerio y así, mediante el seguimiento de su plan podrá reconocer de manera integrada toda su contribución sectorial a la mitigación.

Entre los objetivos del sistema de MRV se considera¹³:

- Coordinar la participación de los actores relevantes en el seguimiento *ex post* de las medidas de mitigación contenidas en el PSM, establecer los criterios y lineamientos para este seguimiento y velar por la efectividad de las medidas.

¹³ WSP & PNUD, 2022. Definición de lineamientos del sistema nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de políticas y acciones de mitigación impulsadas por el sector público, 2022.

- Centralizar en el Minagri la información del progreso y efectividad de las medidas de mitigación contenidas en el PSM. De esta manera, el MRV del plan permitirá desarrollar una base de datos de las políticas y acciones de mitigación del sector agrícola y forestal, y sobre el cambio de uso de los suelos.
- Establecer los lineamientos para el seguimiento de los esfuerzos de mitigación del sector que se establecen en la ECLP, levantar la información necesaria para verificar el nivel de involucramiento de las distintas autoridades del Minagri vinculadas a cada medida¹⁴.
- Proveer información para la presentación de reportes ante la CMNUCC, en línea con los requerimientos establecidos en el Marco Reforzado de Transparencia y las Modalidades, Procedimientos y Directrices para las medidas y el apoyo a que se hace referencia en el artículo 13 del Acuerdo de París” (CMNUCC, 2019).
- Proveer información para los procesos del Sistema Nacional de Prospectiva asociados a la actualización del el PSM.
- Proveer información complementaria a la que entrega el SNICHILE, que permita explicar tendencias de emisiones de GEI.

4.2 Consideraciones para la selección de indicadores

La Guía para la elaboración de los PSM (DICTUC, 2022), propone una metodología de selección de indicadores, tanto de progreso como de efectos, en base a criterios objetivos, que ha sido adoptada y complementada con otros criterios apropiados para el sector. A continuación, se presentan estos criterios.

a. Objetivos asociados al indicador y usos previstos de los resultados

Los sistemas de MRV en general y sus indicadores, en particular, tienen al menos tres objetivos a considerar. El primero de ellos y más evidente es el de hacer seguimiento y evaluar la/s medida/s para la/s cual/es han sido incluidos; sin embargo, existen tres objetivos adicionales que deben también tenerse en cuenta y que dicen relación con, primero, apoyar la actualización de los PSM una vez que el periodo de implementación ha terminado, vale decir, los indicadores deberán entregar información sobre la utilidad y avance de cada una de las medidas contenidas en el PSM que precede la actualización, para considerar la reinclusión o no de una medida que ya ha sido incorporada en el pasado; con esto se busca contribuir a la mejora continua de los PSM. El segundo objetivo deseable dice relación con la contribución que hace el indicador en el seguimiento y evaluación de las metas sectoriales y de los esfuerzos de mitigación indicativos definidos en la ECLP, y tercero, con el aporte que hace al sistema nacional de MRV de mitigación y a la necesidad de información requerida para reportar los avances y logro de los compromisos

¹⁴

El sistema nacional de MRV de políticas y acciones de mitigación provee lineamientos para la contabilidad ex post de las reducciones de emisiones de políticas y acciones de mitigación. Esto implica que proveerá de uno de los datos necesarios para determinar los presupuestos sectoriales.

asumidos a nivel nacional (Reporte de Acción Nacional de Cambio Climático – RANCC) y a nivel internacional en la NDC (Comunicación Nacional - CN e Informe Bienal de Transparencia - IBT).

En esta línea, aquellos indicadores que contribuyan en mayor medida al logro de estos cuatro objetivos debieran ser seleccionados para su inclusión en el sistema MRV del PSM.

b. Importancia relativa de la medida que se evalúa

Al seleccionar los indicadores, se debe focalizar los esfuerzos institucionales en medidas relevantes para el cumplimiento del presupuesto sectorial indicativo de la ECLP y, por lo tanto, de la NDC. Esto porque toda política pública requiere esfuerzos en recursos y en tiempo, y el mandato es hacer un uso eficiente de estos recursos escasos frente a la necesidad de reducir emisiones o aumentar la captura de GEI.

En este contexto, las emisiones por componente del sector agropecuario, en los inventarios nacionales entre los años 2000 y 2020, muestran con claridad seis categorías relevantes: suelos agrícolas, fermentación entérica y gestión de estiércol, estas tres con emisiones anuales superiores a los 1.000 ktCO₂eq., y en el caso del sector UTCUTS, la pérdida de biomasa por cosecha, por elaboración y venta de leña y por incendios, esta última con un fuerte impacto en las emisiones sectoriales, ya que ha llegado a 70.000 kt CO₂ eq, cifra seis veces mayor que el total de emisiones de GEI del sector agropecuario. Así mismo, medidas y acciones asociadas a la captura de GEI también son de suma relevancia en esta materia, identificando aquellas relacionadas especialmente con el bosque nativo y su manejo (Inventario Nacional GEI, 2020).

Por lo tanto, la selección de indicadores del sistema MRV debe tener en consideración la relevancia de las medidas y acciones asociadas a los principales componentes emisores. Lo anterior, considerando la factibilidad de que la medida sea exitosa en su reducción de emisiones o en el aumento de su captura, lo que involucra la probabilidad de que la medida sea adoptada y cuantas toneladas de CO₂ eq. se dejarían de emitir.

c. Disponibilidad y calidad de la información

Para que un indicador sea certero en sus resultados, se debe contar con información fiable, completa y con una frecuencia adecuada para el seguimiento, lo cual constituye la principal limitación a la hora de diseñar los sistemas de MRV.

En términos generales, se debe privilegiar la selección de indicadores en que la información está disponible o es sencilla de levantar, es de calidad y se actualiza con una frecuencia suficiente, permitiendo obtener indicadores fidedignos, relevantes y oportunos. En el caso de no existir una o más de estas condiciones, es necesario evaluar caso a caso y bajo el criterio de costo - efectividad, cuáles indicadores y su relevancia en términos de la información que proveen (criterio b) requerirán destinar mayores recursos para su medición. Sólo para casos específicos en que el indicador tenga una relevancia especial se justificaría el levantamiento de nuevos datos más complejos de obtener (DICTUC, 2022).

La frecuencia de levantamiento de información para el cálculo de indicadores del MRV del PSM de Agricultura, y de acuerdo con las particularidades del sector, debiera ser de un año y considerando la reportabilidad de instrumentos o iniciativas que aportan a la implementación de las medidas. Esta frecuencia anual permitiría contar con información útil proveniente de encuestas y otros instrumentos de levantamiento utilizados por ODEPA y otros servicios, anuales y bienales (encuesta de cultivos, existencias

animales, cifras lácteas, estadísticas forestales) que si bien, hoy podrían no incorporar la información requerida, abre posibilidades para incluirla en futuros ciclos de análisis.

d. Capacidad, recursos y tiempo disponible para su evaluación

Una segunda limitación para la operación de los sistemas de MRV la constituye la disponibilidad institucional de capacidades técnicas, recursos (humanos y económicos) y tiempo. Considerando que en el sector público los recursos son escasos y deben ser utilizados de manera costo-eficiente, es clave tener en cuenta este criterio en la selección de indicadores.

Por lo tanto, es perfectamente factible que el proceso de diseño y puesta en marcha del sistema de MRV, vaya acompañado con el fortalecimiento de capacidades y recursos, y si en esta línea además existe enriquecimiento de información disponible, metodologías de cálculo, etc. esto permitirá también una mejora continua en la operación de los sistemas, pudiendo incluso considerarse la inclusión de indicadores más idóneos y ambiciosos (DICTUC, 2022).

Finalmente, se requiere la definición de metodología de cálculo para cada uno de los indicadores. La responsabilidad en la definición de esta metodología y su posterior medición recae en la autoridad sectorial. Al igual que en el caso anterior, el MMA juega un papel importante contribuyendo en la definición de la metodología. En esta etapa, también se requiere la participación de los actores sectoriales (tanto públicas como privadas y otras) y autoridades regionales para la provisión de elementos metodológicos e información relevante.

El diseño de la metodología de cálculo para cada uno de los indicadores seleccionados requiere la definición de cuatro aspectos claves: (i) la unidad de medición (número, porcentaje, superficie, etc.); (ii) la metodología de medición; (iii) datos requeridos para la construcción del indicador; y (iv) la frecuencia de medición.

4.3 Indicadores sector Agricultura

Los indicadores se seleccionaron en base a los criterios expuestos anteriormente: Importancia de la medida que se evalúa; Disponibilidad y calidad de la información; y capacidad, recursos y tiempo disponible.

(A) Indicadores biodigestores porcinos

La gestión de estiércol es la tercera categoría en importancia dentro del sector Agricultura (14% de las emisiones), y del orden de 67% de esta categoría corresponde a estiércol de cerdos. Es, en consecuencia, una categoría de emisiones relevante como para priorizar medidas al respecto, e invertir por lo tanto en su medición.

Si bien existen distintas formas de abatimiento de las emisiones en estiércol porcino, la que resulta más eficiente son los biodigestores, los que además dan la opción de uso energético del gas resultante. Es importante igualmente tener en cuenta que otras medidas de abatimiento son bastante usuales, como el lodo activado, y realizan un abatimiento importante de emisiones, del orden del 50% a 70%.

Ficha indicador Medida 1. biodigestores porcinos.

Elemento	Sub elemento	Contenido
Medida	Nombre	Implementación de biodigestores porcinos
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por tratamiento del estiércol de porcinos depositados en lagunas, a través de su biodigestión.
	Importancia relativa	Alta
Indicador	Nombre	Capacidad de biodigestores y/o tecnologías de abatimiento instalados
	Tipo de indicador	Progreso
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados	Medir la capacidad instalada de biodigestores y/o tecnologías de abatimiento de emisiones en planteles porcinos. Medir estado de avance de la medida.
	Disponibilidad y calidad de la información	Media – alta. El dato está disponible anualmente. Lo entrega la asociación gremial, que incluye a los planteles medianos y grandes de productores de carne de cerdo.
	Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación	Horas-persona para la recopilación de información
Método de medición indicador	Unidad de medición	Porcentaje de porcinos totales bajo tratamiento
	Metodología de cálculo	Porcentaje de porcinos bajo tratamiento/año
	Datos requeridos	Reporte de instalación de biodigestores o tecnologías elaborado por la asociación gremial de productores de cerdo y otras fuentes
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos indicador	Valor inicial	25%
	Valor objetivo	42%
	Plazo valor objetivo	2030

Fichas de Acciones Medida 1

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	1.1_NormaOlores
	Nombre Indicador	Realización estudio norma olores
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_biodigestoresporcinos/1.1_NormaOlores
	Tipo de indicador	Indicador de progreso

	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona (2 horas/mes aprox.)
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	n/a
	Metodología de cálculo	0: No se realizan estudios 1: Estudios realizados
	Datos requeridos	Informe final de estudio
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	1.2_PymePorcina
	Nombre Indicador	Estado de evaluación programa pyme porcina
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_biodigestoresporcinos/1.2_PymePorcina
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona (2 horas/mes aprox.)
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	n/a
	Metodología de cálculo	0: No se realiza evaluación o no es factible continuar iniciativa 1: Hay factibilidad de continuar con la iniciativa
	Datos requeridos	Gestiones para continuar iniciativa
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	1.3_FE_N2O
	Nombre Indicador	Realización estudio FE N2O
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_biodigestoresporcinos/1.3_FE_N2O
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona (2 horas/mes aprox.)

	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	n/a
	Metodología de cálculo	0: No se realiza estudio 1: Estudio realizado
	Datos requeridos	Informe final estudio
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2026

(B) Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados

La aplicación de urea es la cuarta categoría de emisiones en Agricultura, representando sólo un 3,3% de las emisiones. La medida de buenas prácticas en fertilizantes, a su vez, si bien al mejorar la eficiencia de aplicación se mitigan emisiones, el valor posible de alcanzar no es muy sustantivo si no se considera caída en la producción (aplicación de menos nitrógeno neto a los cultivos). En este sentido, no se trata de un componente ni de una medida muy importante considerando las emisiones sectoriales y el presupuesto. Sin embargo, la medida se justifica también por la oportunidad de mejorar la comprensión del tema por parte de los agricultores y hacerlos partícipes de una solución. A la vez, la facilidad de medir los avances en el inventario nacional, recomiendan contar con un indicador al respecto.

Este indicador será creciente a medida que se produce más con menor uso de fertilizantes nitrogenados, lo que apuntaría en la lógica de desacoplar el uso de fertilizantes con la producción, poniendo el incentivo en la eficiencia de uso, y evitando así esconder externalidades de menor alimentación o importaciones de alimentos (con sus correspondientes emisiones en el extranjero).

Ficha indicador Medida 2. Uso eficiente fertilización nitrogenada

Elemento	Sub elemento	Contenido
Acción	Nombre	Uso eficiente de fertilizantes
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por aplicación de fertilizantes nitrogenados. A través de uso de inhibidores y aplicación eficiente.
	Importancia relativa	Alta
Indicador	Nombre	Uso de alternativas de fertilización con menos emisiones
	Tipo de indicador	Progreso
	Subtipo de indicador	Efecto intermedio
	Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados	Medir la incorporación de alternativas de fertilización con menos emisiones en actividades agropecuarias

	Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación	Horas-persona para recopilación de datos
Método de medición indicador	Unidad de medición	Superficie bajo uso de insumos alternativos y/o cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados/evitados
	Metodología de cálculo	Superficie bajo insumos alternativos/año y/o cantidad fertilizantes sintéticos/año
	Datos requeridos	Importación de fertilizantes nitrogenados para la agricultura. Producción de insumos alternativos. cantidad de insumos alternativos/tradicionales utilizados/evitados
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos indicador	Valor inicial	Por determinar
	Valor objetivo	Superficie: 10%
	Plazo valor objetivo	2030

Fichas de Acciones Medida 2

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	2.1_CriteriosFert
	Nombre Indicador	Superficie bajo prácticas de instrumentos de fertilización sustentable
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_UsoEficienteFertilizantes/2.1_CriteriosFertFE_N2O
	Tipo de indicador	Indicador de efecto
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para recabar información
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Hectáreas bajo prácticas consideradas
	Metodología de cálculo	Ha intervenidas/año
	Datos requeridos	Información de estado de avance de programas e instrumentos considerados
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	-
	Valor objetivo	Por determinar alcance para cada instrumento
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	2.2_PlanNacionalFert
	Nombre Indicador	Elaboración de Plan Nacional de Uso Eficiente Fertilizantes
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_UsoEficienteFertilizantes/2.2_PlanNacionalFert
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para elaborar documento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Documento de plan
	Metodología de cálculo	0: No se realiza plan 1: Plan elaborado
	Datos requeridos	Informe final de plan
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	2.3_sinergiasPSA
	Nombre Indicador	Sinergias medidas fertilización eficiente y sustentable PSA
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_UsoEficienteFertilizantes/2.3_sinergiasPSA
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de nuevas unidades productivas
	Metodología de cálculo	Número de nuevas unidades productivas han mejorado la calidad del suelo sobre la meta establecida
	Datos requeridos	Reporte avance PSA
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	500 nuevas unidades productivas
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	2.4_incentivarFertirriego
	Nombre Indicador	Estado de implementación de técnicas de riego mediante fertirriego
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_UsoEficienteFertilizantes/2.4_fertirriego

	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de proyectos nuevos de tecnificación con fertirriego
	Metodología de cálculo	0: sin avance 1: se implementan proyectos nuevos de tecnificación (número sujeto a postulaciones de beneficiarios a instrumentos de fomento)
	Datos requeridos	Reporte de beneficiarios instrumentos de fomento
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2030

(C) Mejoramiento dietas de ganado bovino para reducción metano entérico

La fermentación entérica aportó en un 39,4% de las emisiones sectoriales en el año 2020. A su vez el ganado bovino aporta en un 87% de las emisiones dentro de la categoría, representando entonces en el sector Agricultura en 34,3%. Sin duda es una participación determinante dentro del balance de GEI en el sector y en el país.

Evidentemente el tamaño de la masa ganadera es lo más determinante en las emisiones del sector. Sin embargo, el rol que juega la ganadería en el sector rural, y la importancia de la proteína animal en la alimentación humana, hace relevante implementar medidas de mitigación que estén alineadas con las particularidades y realidad productiva, así como también la dinámica del sector ganadero nacional.

A nivel técnico ya está registrado en el país el uso de un inhibidor de emisiones de la fermentación entérica, validado para animales estabulados. El potencial de reducción sería de hasta un 30% de las emisiones de metano de la proporción de animales que estarían estabulados. Esa proporción podría tomarse del juicio experto aplicado para los sistemas de gestión de estiércol, o usar una categoría más amplia, eso según las definiciones del aditivo, en cuanto a qué se entendería por animales estabulados.

También a nivel técnico, y desde la mirada de los indicadores de intensidad de emisión, el uso de animales más eficientes en la producción de leche y carne contribuiría también a mantener una producción de alimentos disminuyendo las emisiones de la subcategoría. En el cuadro siguiente se analiza opciones de indicadores para esta acción de mitigación.

El indicador a seleccionar para esta acción es el de reducción de emisiones por uso del mejoramiento de dietas. El indicador del subtipo intermedio, que se refiere al uso del aditivo, no agrega valor si se considera un efecto parejo del insumo en un 30% de reducción.

Ficha indicador Medida 3. Mejoramiento dietas de ganado bovino

Elemento	Sub elemento	Contenido
----------	--------------	-----------

Acción	Nombre	Mejoramiento dieta ganado bovino para reducir metano entérico
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por fermentación entérica a través de mejoramiento de dietas
	Importancia relativa	Media
Indicador	Nombre	Cantidad de bovinos con dietas mejoradas
	Tipo de indicador	Progreso
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados	Medir la cantidad de bovinos bajo implementación de la medida
	Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación	Horas-persona
Método de medición indicador	Unidad de medición	Número de bovinos
	Metodología de cálculo	Número de bovinos/año
	Datos requeridos	Informes de importación de aditivos. Información entregada por la industria ganadera. Información entregada por organismos implementadores de proyectos o pilotos
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos indicador	Valor inicial	No determinado
	Valor objetivo	30.000
	Plazo valor objetivo	2030

Fichas Acciones Medida 3.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	3.1_I+DBovinos
	Nombre Indicador	Investigaciones y/o proyectos realizados sobre compuestos reductores de metano en bovinos, incluyendo plan de acción ganadería carbono neutral
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_mejoramiento_dieta_bovinos /3.1_I+DBovinosMetano
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Efectos intermedios
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para recolección de información
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de investigaciones y/o proyectos. Plan de acción ganadería bovina carbono neutral

	Metodología de cálculo	0: Sin avance 0,5: Plan de acción y no investigación 1: Plan de acción e investigación/proyectos
	Datos requeridos	Reporte de ejecución de investigaciones y/o proyectos. Documento plan de acción
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	3.2_RegistroAditivosMetano
	Nombre Indicador	Número de insumos que solicitan registro y autorización
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_mejoramiento_dieta_bovinos /3.2_RegistroAditivosMetano
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para recolección de información
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de productos/compuestos que solicitan registro y son registrados y autorizados
	Metodología de cálculo	0: no hay avance en registros 1: se avanza en registros y permisos de nuevos productos
	Datos requeridos	Reporte de solicitudes de registros y permisos que identifique estado de avance o concreción de la autorización
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2030

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	3.3_PilotosGanadería
	Nombre Indicador	Alianzas establecidas con privados para generación de pilotos
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_mejoramiento_dieta_bovinos /3.3_PilotosGanadería
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de pilotos establecidos
	Metodología de cálculo	0: no se establecen colaboraciones/pilotos 1: se establecen colaboraciones/pilotos
	Datos requeridos	Reporte de pilotos generados por servicios Minagri/otros

Valores objetivos	Frecuencia de medición	Anual
	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2030

Fichas Acciones Medida 4. Biodigestores bovinos

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	4.1_DesarrolloCapacidadesBiodig
	Nombre Indicador	Instancias de desarrollo de capacidades en biodigestores
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_biodigestoresbovinos /4.1_DesarrolloCapacidadesBiodig
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de instancias de desarrollo de capacidades
	Metodología de cálculo	0: sin avance 0,5: se desarrolla programa de formación pero no se realizan instancias de desarrollo de capacidades 1: se desarrollan instancias de desarrollo de capacidades
	Datos requeridos	Documento de programa de formación y reporte de instancias de formación
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2025

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	4.2_EstudioFactibilidadBiodig
	Nombre Indicador	Estudio actualización factibilidad biodigestores bovinos
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_biodigestoresbovinos /4.2_EstudioFactibilidadBiodig
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Documento de factibilidad
	Metodología de cálculo	0: sin avance 1: informe final documento
	Datos requeridos	Informe final

Valores objetivos	Frecuencia de medición	Anual
	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2026

(D) Reducción de quemas agrícolas

Las quemas agrícolas tienen una participación baja en las emisiones sectoriales, sin embargo, es una práctica que tiene externalidades negativas importantes, como el riesgo de incendios, contaminación ambiental y el peligro de accidentes en caminos por falta de visibilidad.

Ficha indicador Medida 5. Reducción quemas agrícolas.

Elemento	Sub elemento	Contenido
Acción	Nombre	Disminución de las quemas agrícolas
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por quema de residuos agrícolas, y a la vez bajar riesgos de incendios y de accidentes camineros
	Importancia relativa	Baja
Indicador	Nombre	Variación en el uso de quemas agrícolas como tratamiento de residuos
	Tipo de indicador	Efecto
	Subtipo de indicador	Efecto intermedio
	Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados	Medir la variación anual de la superficie de quemas agrícolas autorizadas
	Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación	Horas-persona
Método de medición indicador	Unidad de medición	% de superficie
	Metodología de cálculo	Hectáreas de rastrojo o residuos quemados en el año 1, menos las correspondientes en el año 0
	Datos requeridos	Hectáreas autorizadas de quema anualmente por parte de Conaf.
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos indicador	Valor inicial	Por definir
	Valor objetivo	30%
	Plazo valor objetivo	2030

Fichas Acciones Medida 5

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	5.1_prácticasalternativas
	Nombre Indicador	Estado de incorporación de prácticas alternativas a instrumentos de fomento
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_quemasagrícolas/5.1_prácticasalternativasquemass
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de prácticas alternativas incorporadas a instrumentos
	Metodología de cálculo	0: no se incorporan prácticas 1: instrumentos de fomento o programas incorporan prácticas alternativas a quemass
	Datos requeridos	Documentos finales de instrumentos que evidencien la incorporación de prácticas
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2030

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	5.2_fortalecimientoSAQ
	Nombre Indicador	Se fortalece el sistema de asistencia a quemass
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_quemasagrícolas/5.2_fortalecimientoSAQ
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Propuesta de mejora
	Metodología de cálculo	0: sin avance 1: existe propuesta de mejora
	Datos requeridos	Documento propuesta de mejora
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2026

(E) Producción de arroz bajo en emisiones

El cultivo de arroz corresponde a la quinta categoría en emisiones del sector Agricultura, con un aporte del 1,6% a las emisiones del sector. Sin embargo, al existir bastante experiencia internacional en su

análisis, y por las ofertas tecnológicas que pueden hacer atractivo su desarrollo, sí se puede hacer de manera costo-efectiva, lo que implicará en ese caso una necesidad de desarrollar indicadores.

Cabe resaltar que esta medida posee además un co-beneficio asociado a la adaptación al Cambio Climático, que es el menor uso de agua de riego que involucra este paquete tecnológico diseñado.

Ficha indicador Medida 6. Arroz bajo en emisiones.

Elemento	Sub elemento	Contenido
Medida	Nombre	Uso paquete tecnológico bajo en emisión
	Tipo de medida	Mitigación
	Objetivos	Disminuir las emisiones de GEI por cultivo de arroz usando menor período de inundación
	Importancia relativa	Baja
Indicador	Nombre	Superficie de arroz bajo sistemas y/o variedades bajas en emisiones
	Tipo de indicador	progreso
	Subtipo de indicador	Efecto intermedio
	Objetivos del indicador y usos previstos de los resultados	Medir la superficie de cultivo bajo sistemas y tecnologías bajas en emisiones
	Capacidad, recursos y tiempo disponible para la evaluación	Horas-persona
Método de medición indicador	Unidad de medición	Superficie de cultivo
	Metodología de cálculo	Superficie bajo sistemas bajos en emisiones/año
	Datos requeridos	Número de hectáreas que adoptan el paquete tecnológico
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos indicador	Valor inicial	2%
	Valor objetivo	10%
	Plazo valor objetivo	2030

Fichas Acciones Medida 6

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	6.1_I+D_políticasArroz
	Nombre Indicador	Proyectos investigación arroz bajo en emisiones
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_arroz_reducido_metano/6.1_I+D_políticasArroz
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento

Método de medición	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
	Unidad de medición	Número de investigaciones y/o proyectos
	Metodología de cálculo	0: Sin avance 1: 2 investigaciones realizadas/proyectos
	Datos requeridos	Reporte de ejecución de investigaciones y/o proyectos.
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2026

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	6.2_pilotosarrozmetano
	Nombre Indicador	Establecimiento piloto con industria sistemas de cultivo bajos en metano
	Medidas y acciones asociadas (ID medida/ID acción)	2025_Agricultura_arroz_reducido_metano/6.2_alianzasPilotosArroz
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Horas-Persona para gestión y seguimiento
	Valorización recursos [USD/año]	No se requieren de recursos adicionales para calcular el indicador
Método de medición	Unidad de medición	Número de pilotos establecidos
	Metodología de cálculo	0: no se establecen colaboraciones/pilotos 0,5: se establece 1 piloto 1: se establecen 2 colaboraciones/pilotos
	Datos requeridos	Reporte de pilotos generados por servicios Minagri/otros
	Frecuencia de medición	Anual
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	1
	Plazo valor objetivo (año)	2026

V. Recomendaciones de revisión o actualización de los PARCC

El MINAGRI, a través de sus servicios dependientes, es el responsable de la implementación de los instrumentos de gestión al cambio climático a nivel sectorial. Para ello y apoyándose en la gobernanza sectorial, se ejecutarán las acciones de adaptación y mitigación en el sector, velando por la coherencia entre los distintos instrumentos de cambio climático y su expresión territorial.

El trabajo de coordinación y articulación en cambio climático a nivel central del MINAGRI se realiza a través del Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC), integrado por los representantes de las 12 instituciones dependientes, y cuya función, entre otras, es generar información para el diseño de medidas de adaptación, de mitigación y para el inventario sectorial, así como también, ser la contraparte técnica para la implementación de planes y proyectos.

Esta estructura intraministerial, además tiene su expresión en las 16 regiones del país con los Comités Técnicos Regionales de Cambio Climático (CTR CC), dirigidos por los Secretarios/as Regionales Ministeriales e integrados por representantes de los servicios e instituciones del MINAGRI con presencia regional.

A nivel subnacional, se encuentran los Comités Regionales para el Cambio Climático (CORECC), cuya principal función es coordinar la elaboración de los instrumentos para la gestión del cambio climático a nivel regional y comunal. Los CORECC son dirigidos por el/la gobernador/a de cada región y están integrados por los delegados presidenciales, los secretarios o secretarías regionales de los ministerios que integran el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático que incluye al MINAGRI, dos representantes de la sociedad civil y uno o más representantes de las municipalidades o asociaciones de municipios de cada región. Esta estructura de gobernanza se cierra a nivel local con el accionar de los municipios y de las mesas territoriales de acción por el clima.

Dado el carácter territorial de la implementación de los planes sectoriales y la estrategia climática sectorial en su conjunto, los 16 CTR CC juegan un rol fundamental no sólo coordinando y supervisando su ejecución, sino también generando los vínculos necesarios para el involucramiento efectivo de los actores y en particular, como articulador del componente sectorial de los Planes de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC).

Finalmente, y a nivel operativo, se ubican los servicios del agro sobre los cuales recae el deber de implementar de manera efectiva, las medidas y sus acciones, ya sea cumpliendo el rol de institución responsable o el de institución coadyuvante. Dentro de las funciones que deben cumplir está la de informar al nivel central los avances del plan, lo que permitirá el reporte de los indicadores de monitoreo y evaluación.

Los mecanismos de coordinación para la implementación y seguimiento de las medidas y acciones de los planes sectoriales y los PARCC serán definidos en el marco del accionar del CTICC junto a los CTR CC, así como también la definición de los protocolos de funcionamiento, acuerdos institucionales, convenios público – privados, creación de mesas de trabajo, hoja de ruta de implementación de medidas y acciones, entre otros, todo ello en función de los requerimientos que imponga la ejecución de los planes en los distintos territorios y temporalidades. Así también, cuando corresponda, se mantendrá una permanente comunicación y coordinación con los coadyuvantes y los integrantes del ETICC durante todo el periodo de implementación.

En términos generales, las recomendaciones para la revisión o actualización de los PARCC a nivel de medidas sectoriales apuntan a los siguientes ejes:

1. Fortalecer la institucionalidad y gobernanza climática a nivel regional del Ministerio de Agricultura: contribuir a una institucionalidad pública coordinada, así como también con altos niveles de visibilidad y legitimidad por parte de la ciudadanía, que facilite una gestión integrada, intersectorial y vinculada con el medio, y que, en materia de implementación de medidas de cambio climático del sector silvoagropecuario en la región, se exprese en la coherencia de los distintos instrumentos de gestión sectoriales al cambio climático, con énfasis en los PARCC.
2. Promover y apoyar la búsqueda de financiamiento para la implementación regional: promover la búsqueda de instrumentos financieros y económicos verdes con enfoque regional, manteniendo la

coordinación con la institucionalidad pública regional y sus fondos disponibles y la oferta programática sectorial regional.

Respecto a planes regionales específicos que se encuentran en etapa de diseño, se trabajará a través de los CTR CC por medio del CTICC, para velar por la coherencia de los PARCC con los planes sectoriales, en especial con el PSM de Agricultura, para incorporar las medidas y acciones con un enfoque en reducción de emisiones de este último en los planes de regiones clave respecto de rubros agropecuarios de relevancia productiva y su impacto ambiental. Recomendaciones específicas de revisión o actualización de los PARCC correspondientes se realizarán en la medida que se aborde el trabajo de coordinación a nivel central y regional para el diseño e implementación de los distintos planes.