

Aportes de INIA a la investigación en emisiones y mitigación de gases con efecto invernadero en el sector agropecuario



Francisco Salazar S.
Ingeniero Agrónomo Ph.D.
Investigador INIA Remehue



Marta Alfaro V.
Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Subdirectora Nacional I+D de INIA



Sara Hube S.
Química Analista
INIA Remehue



Estas prácticas permiten reducir el impacto de la actividad agropecuaria en el ambiente, mejorar la eficiencia del uso de nutrientes y aumentar la rentabilidad a nivel predial, compatibilizando aspectos ambientales y económicos.

Anivel nacional y mundial, Agricultura y Ganadería son una fuente importante de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI), responsable del 24% y 10,5% del total de gases generados respectivamente, siendo el segundo emisor después del sector Energía.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), a través de su Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Ganadería, trabaja desde el año 2009 en cuantificar las emisiones de GEI en sistemas

de producción agropecuarios del país, tanto por uso de fertilizantes y purines en praderas y cultivos, como de los distintos manejos a nivel predial, incluyendo el efecto de la alimentación animal en las emisiones de metano entérico generado por vacas en producción de leche. Así, INIA estudia las principales fuentes de óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4) en agricultura y ganadería.

Estos avances, sumados a la formación de recursos humanos en este tema y la implementación de infraestructura y metodologías de

laboratorio y campo (**FIGURAS 1 y 2**), comparables con aquellas disponibles a nivel global, han permitido generar factores de emisión específicos para el país, que son utilizados en el Inventario Nacional de GEI. Cabe destacar que los valores de emisión de GEI desde suelos, asociados al uso de fertilizantes obtenidos en Chile, están por debajo de los valores por defecto establecidos por las directrices del año 2006 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés).



📍 **Figura 1.** Evaluaciones de campo para la emisión de gases con efecto invernadero y volatilización de amoníaco.



📍 **Figura 2.** Equipo de medición automatizado para evaluar la emisión de óxido nitroso y metano desde suelos.



📍 Equipo de investigación y desarrollo de Medio Ambiente y Ganadería de INIA.

INIA participa como revisor técnico de inventarios de distintos países del mundo, contribuyendo a lo realizado por el IPCC. Además, es parte desde el inicio de la elaboración de los Inventarios Nacionales de GEI (mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-1-sistema-nacional-de-inventarios-de-gases-de-efecto-invernadero-de-chile), estimando los gases emitidos por el sector agropecuario de Chile. Con ello, ha contribuido a priorizar la investigación en esta materia, que se ha centrado en las principales fuentes emisoras.

El enfoque del trabajo en GEI ha incluido la evaluación de estrategias para reducir las emisiones sin afectar la producción, complementándolas con aquellas que permitirán la adaptación de nuestros sistemas agrícolas y ganaderos a los nuevos escenarios de cambio climático. Así, por ejemplo, estudios desarrollados en el sur del país muestran que la incorporación de leguminosas como lotera a las praderas, aumenta la producción de forraje en verano y otoño, favoreciendo la producción animal en periodos de escasez de alimentos, resultando en un descenso de la fertilización nitrogenada aplicada y, con ello, de las emisiones

de N_2O y de metano entérico en sistemas de producción pastoriles. Respecto de las emisiones de suelos, los resultados sugieren que, en suelos bajo praderas sin intervención, las emisiones de N_2O no superan los 0,5 kg $N-N_2O$ /ha/año. Sin embargo, cuando los suelos son fertilizados o manejados bajo pastoreo, las emisiones de este gas aumentan 3 y hasta 5 veces por sobre el nivel basal, dependiendo de la época del año y la dosis y fuente de fertilizante nitrogenado aplicado. Los estudios también muestran que el uso de inhibidores de la nitrificación, reduce las emisiones de óxido nítrico y la lixiviación de nitratos hasta en un 20% y 15% respectivamente, aunque esto no siempre se traduce en una mayor productividad de praderas o cultivos, lo que puede limitar la adopción de estas tecnologías por parte de los productores.

Otros estudios refieren a la pérdida de nitrógeno por volatilización de amoníaco por la aplicación de fertilizantes nitrogenados y purines de lechería, gas que contribuye indirectamente a la formación de N_2O . Los resultados permiten estimar pérdidas de nitrógeno total de hasta 30% por la aplicación de urea y de

hasta 20% (del N total y 80% del N amoniacal) por la aplicación de purines. Adicionalmente, se han evaluado medidas de mitigación como el uso de inhibidor de la volatilización de NH_3 , que ha logrado reducir hasta en un 70% la pérdida de nitrógeno por esta vía al aplicarse en combinación con urea. Otras estrategias de manejo como alternativas de fuentes fertilizantes nitrogenados y el uso de riego post aplicación, también han significado reducciones importantes en la volatilización de NH_3 . Estas prácticas permiten aminorar el impacto de la actividad agropecuaria en el ambiente, mejorar la eficiencia del uso de nutrientes y aumentar la rentabilidad a nivel predial, pudiendo compatibilizar aspectos ambientales y económicos.

Vinculación nacional e internacional

INIA participó en el proyecto MAPS Chile (mma.gob.cl/cambio-climatico/proyecto-maps-chile), que evaluó técnica y ambientalmente la implementación de diversas medidas de mitigación, estableciendo cuáles podrían tener mayor efecto en la reducción de los GEI en el país.

A través de una iniciativa con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Ministerio de Energía de Chile, el Instituto evaluó los biodigestores existentes y la factibilidad técnico-económica de su implementación y funcionamiento en predios lecheros del sur del país (www.minenergia.cl/biogaslechero). El estudio mostró que esta tecnología permite reducir significativamente la generación de GEI por manejo del estiércol, no obstante, bajo las actuales condiciones de manejo en sistemas pastoriles lecheros de esta zona, su uso no es económicamente viable a la fecha.

INIA ha desarrollado su quehacer en asociación con organizaciones de productores, consorcios y empresas agropecuarias. Por ejemplo, llevó

a cabo un diagnóstico y propuesta técnica para un Acuerdo de Producción Limpia en predios lecheros de la región de Los Lagos (que hoy incluye a la región de Los Ríos), en el que se propusieron Buenas Prácticas Ganaderas para un uso eficiente de los recursos a nivel predial, como manejo de residuos, agua y energía, lo que contribuye a mejor manejo ambiental y eficiencia.

Destaca la relación institucional con productores de leche y carne del país, siendo INIA socio fundador y miembro de los directorios del Consorcio Lechero (consorciolechero.cl) y de Papa (www.papachile.cl), y de la Corporación de la Carne (www.corporaciondelacarne.cl), en los que ha incentivado la incorporación de la temática ambiental en su accionar. Cabe indicar que el país está implementando la Agenda de Desarrollo Sustentable del Sector Lácteo de Chile al 2021 (<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/12-Agenda-Desarrollo-Sustentable-Sector-Lechero.pdf>), coordinada como secretaria técnica a través del Consorcio Lechero y en la que INIA contribuye técnicamente, priorizando

INIA participó en el proyecto MAPS Chile, que evaluó técnica y ambientalmente la implementación de diversas medidas de mitigación, estableciendo cuáles podrían tener mayor efecto en la reducción de los GEI en el país.



Figura 3. Visita técnica de investigadores de Rothamsted Research de Inglaterra y de la Universidad de Aberystwyth de Gales.

la importancia de incluir las emisiones de GEI como tema estratégico, entre otros temas relevantes. Esto ha sido considerado como uno de los pilares ambientales de esta estrategia, en concordancia con la visión del sector lechero a nivel mundial y de la Agenda de Sustentabilidad Ambiental de Lecherías (dairysustainabilityframework.org). INIA también ha realizado investigaciones con empresas agropecuarias, como COLUN y Soprole, para mejorar el manejo de purines de lechería en especial. Y desarrolló un estudio con la empresa DeLaval que, mediante la implementación de equipos eficientes, redujo el consumo de energía eléctrica en 33% en un predio lechero, lo que impacta tanto en el aspecto económico como en las emisiones de GEI.

Factor importante ha sido la cooperación internacional con instituciones líderes en esta materia. Destaca el trabajo colaborativo con Rothamsted Research, North Wyke de Inglaterra; AgResearch y Landcare Research de Nueva Zelanda; y Queensland University de Australia (Figura 3). INIA participa en redes internacionales de investigación, por ejemplo, representando a Chile ante la Alianza Global de Investigación de Gases de Efecto Invernadero

en Producción Animal (<https://globalresearchalliance.org>), entidad conformada por 61 países de todos los continentes y que promueve la I+D en estos temas.

También existe vinculación permanente con países de Latinoamérica y el Caribe, con proyectos y actividades de difusión de sus resultados. Así, INIA forma parte de Procisur (www.procisur.org.uy), red de colaboración de los institutos de investigación del Cono Sur de América, y de redes como RAMIRAN (ramiran.uvlf.sk) y SBERA (sbera.org.br/en) que reúnen a investigadores en manejo y utilización de estiércoles animales y residuos de agroindustria y municipales. Además, INIA impulsó la red MANURESOUTH, orientada al uso eficiente del agua, y manejo y utilización de efluentes en predios lecheros pastoriles del Cono Sur de América, que congrega a científicos de Argentina, Uruguay, Brasil y Chile.

Por otra parte, el Instituto ha participado como referente técnico y realizado los primeros estudios de Huella de Carbono (www.inia.cl/proyecto/501509) y Huella del Agua (www.inia.cl/proyecto/501693) en distintos rubros agropecuarios, lo que ha posibilitado generar valores nacionales comparables con estudios a nivel mundial en diversos productos



📍 **Figura 4.** Difusión de las actividades realizadas, a través de charlas técnicas y actividades de campo.

y efectuar un análisis crítico del uso de estas herramientas. Su estimación ha permitido determinar temas críticos dentro de la producción agropecuaria desde el punto de vista de las emisiones de GEI.

Un componente relevante ha sido la formación de recursos humanos y la difusión de la investigación realizada. INIA ha instruido a estudiantes de pre y postgrado en la evaluación de GEI y sus medidas de mitigación. A la fecha, ha impartido cuatro cursos en uso de metodologías para evaluar GEI en el sector agropecuario, dirigido a investigadores y estudiantes de más de 25 países de Latinoamérica y el Caribe. Otro aporte significativo es la consolidación de la conferencia GALA, impulsada por INIA en 2014, y que ya planifica su IV versión para octubre de 2020 en Cusco, Perú. Esta iniciativa busca juntar a todos quienes trabajan en emisiones de GEI del sector agropecuario en Iberoamérica,

actuando como instancia de discusión y catalizador de nuevos talentos. Asimismo, ha generado publicaciones científicas, divulgativas y de prensa; y realizado numerosas charlas, seminarios, talleres, cursos y días de campo, para productores y asesores agropecuarios (**FIGURA 4**), en especial a Grupos de Transferencia Tecnológica (GTTs), con el fin de propagar los resultados de la investigación.

Todo este trabajo, que ha sido financiado por fondos nacionales e internacionales, ha permitido al país posicionarse como líder latinoamericano en esta importante área.

En los años venideros, INIA se focalizará en la generación de recomendaciones de manejo aplicado, que permitan la reducción de emisiones de GEI en sistemas agropecuarios, su adaptación a los nuevos escenarios de cambio climático, y favorezcan la valoración

de los beneficios de la agricultura a la sociedad, incluyendo aspectos de seguridad alimentaria y generación de servicios ecosistémicos. Además, trabajará en el desarrollo de tecnologías que permitan optimizar el proceso tradicional de fertilización de praderas y cultivos, incluyendo nuevas opciones empleando nanotecnología.

Agradecimientos

A los productores y empresas agropecuarios, consorcios y las distintas fuentes de financiamiento que han apoyado esta investigación: Fondecyt, CONICYT, British Royal Society, IFS, FIA, FDI, FONTAGRO, Global Reseach Alliance (GRA), Ministerios de Agricultura, Energía y Medio Ambiente de Chile, GEF y UNIDO. Y a todo el equipo de investigación en Medio Ambiente y Ganadería de INIA Chile. **TA**