



## **ATN/RF-19885-RG “Hacia una ganadería climáticamente inteligente en comunidades Mapuches de Argentina y Chile”**

**Producto 1: Nota técnica con el estado de arte de las tecnologías para una agricultura climáticamente inteligente**

**Laura Villar  
Andrea Enriquez  
Sofía Hara  
Mercedes Odeón  
Sebastián Villagra  
2023**



## **Códigos JEL: Q16**

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Laura Villar, Andrea Enriquez, Sofía Hara, Mercedes Odeón y Sebastián Villagra

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

RESUMEN	2
PALABRAS CLAVE	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	4
TECNOLOGÍAS PARA UNA CSA EN LOS PAÍSES PARTICIPANTES Y EN EL MUNDO	5
ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO (GEI) EN SISTEMAS GANADEROS CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES	9
CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	22



## RESUMEN

La comunidad científica señala claramente que las temperaturas aumentarán en todo el mundo debido al cambio climático y es probable que esto afecte negativamente a la productividad agrícola de forma significativa. Por lo tanto, la forma de hacer agricultura está virando hacia enfoques que transformen y protejan al sector agrícola. La agricultura climáticamente inteligente (CSA, por sus siglas en inglés) se propone como una estrategia para hacer frente de manera integrada a los retos del cambio climático y la seguridad alimentaria. Así, se busca aumentar la productividad de manera sostenible, reforzar la resiliencia, reducir las emisiones de GEI y mejorar el alcance de los objetivos nacionales de seguridad alimentaria y desarrollo.

La necesidad de sistemas más resilientes, en los que la agricultura forme parte de la solución al cambio climático, llevó a la FAO y al Banco Mundial a desarrollar formalmente la CSA en 2010 como un enfoque para guiar la transformación de los sistemas agrícolas comerciales y de subsistencia en los países en desarrollo, uno de los principales grupos objetivo de los donantes multilaterales.

En el marco de la escritura de un proyecto FONTAGRO consensuado “Hacia una ganadería climáticamente inteligente en comunidades Mapuches de Argentina y Chile”, en el presente documento se presenta una recopilación y sistematización de la información existente para los países participantes del mismo y el mundo, sobre tecnologías orientadas hacia el logro/alcance de una agricultura climáticamente inteligente.

## PALABRAS CLAVE

Ganadería climáticamente inteligente, Patagonia, Argentina, Chile



## INTRODUCCIÓN

La comunidad científica señala claramente que las temperaturas aumentarán en todo el mundo debido al cambio climático y es probable que esto afecte negativamente a la productividad agrícola de forma significativa. Por lo tanto, la forma de hacer agricultura está virando hacia enfoques que transformen y protejan al sector agrícola. La agricultura climáticamente inteligente (CSA, por sus siglas en inglés) se propone como una estrategia para hacer frente de manera integrada a los retos del cambio climático y la seguridad alimentaria. Así, se busca aumentar la productividad de manera sostenible, reforzar la resiliencia, reducir las emisiones de GEI y mejorar el alcance de los objetivos nacionales de seguridad alimentaria y desarrollo (FAO, 2010). Los imperativos políticos de la CSA incluyen la necesidad de aumentar el rendimiento de la producción de alimentos, alimentar a una población creciente de nueve mil millones de personas para 2050, movilizar inversiones para los agricultores y reducir las emisiones y/o aumentar la captura de GEI (WB, 2010). La agricultura es la industria económica predominante en muchos países, y es clave para satisfacer necesidades básicas y los medios de subsistencia del 70% de las personas más pobres del mundo (GCEC, 2014). Así pues, la adaptación, la mitigación y la seguridad alimentaria (los tres pilares de la CSA) tendrán importantes implicancias para los agricultores más pobres y vulnerables del mundo.

En principio, los imperativos de la CSA tienen mucho que ofrecer más allá de contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible a nivel local. Pero numerosos factores limitan la adopción y la eficacia de las políticas de CSA. McCarthy, Lipperty Branca y colaboradores (2011), por ejemplo, sostienen que existen barreras institucionales para la adopción y ampliación de las tecnologías y prácticas de CSA. Las intervenciones de CSA son intensivas en conocimientos, específicas de cada lugar y requieren un desarrollo de capacidades considerable (Neufeldt, 2011).

Por lo tanto, la ampliación de los enfoques participativos puede generar una transformación equitativa de la agricultura dado que las prácticas agrícolas sostenibles de bajo costo, como la agricultura de conservación, la agroecología, la gestión basada en los ecosistemas, el riego a pequeña escala, la agrosilvicultura, la conservación del suelo y el agua y la gestión de las tierras de pastoreo, se aplican desde hace décadas (Nagothu et al, 2016; Porter et al., 2014)



## ANTECEDENTES

La CSA representa una combinación de prácticas que se han utilizado históricamente en los ámbitos de la ecología medioambiental, la conservación, el cambio climático y la agricultura. Sin embargo, la relación entre la agricultura y el cambio climático es poco conocida, sobre todo por la doble naturaleza del sector (los sistemas agrícolas son uno de los principales contribuyentes a la producción antropogénica de GEI y, al mismo tiempo, son vulnerables a las perturbaciones y tensiones del cambio climático).

En 2007, las evaluaciones científicas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y las revisiones de las políticas de las agencias de desarrollo pusieron de manifiesto la doble relación entre el cambio climático y la agricultura. La naturaleza y el alcance del doble efecto se hicieron más evidentes: los sistemas agrícolas contribuyen y se ven afectados por la variabilidad y el cambio climático, y los países en desarrollo son los más afectados. En concreto, el IPCC (2007) concluyó con carácter de urgencia mundial que las emisiones de GEI (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) procedentes de las tierras agrícolas estaban aumentando y que "existen interacciones entre la mitigación y la adaptación en el sector agrícola, que pueden producirse simultáneamente, pero difieren en sus características espaciales y geográficas". Dados los escasos progresos realizados en la integración del cambio climático en el sector agrícola, el potencial de las acciones integradas se hizo imperativo: se necesitaban nuevos enfoques para la transición hacia un desarrollo agrícola resiliente al clima.

La crisis alimentaria mundial de 2007-2008 puso sobre el tapete político múltiples cuestiones que afectan a la productividad de los sistemas agrícolas de los países en desarrollo. Por ejemplo, las subas de los precios de los alimentos y de la energía afectó negativamente a los consumidores de bajos ingresos (Beddington et al., 2012). Productos alimentarios clave como el arroz, el maíz, el trigo y la soja experimentaron fuertes subidas, provocando tensiones sociales y económicas en los países pobres importadores de alimentos (Addison et al., 2011). Entre las barreras comerciales y de mercado, los factores internos/externos como la debilidad de las políticas agrícolas, las políticas de desarrollo rural, las subvenciones a los biocombustibles, los derechos de propiedad y la tenencia de la tierra, las malas cosechas provocadas por los desastres naturales y la pérdida de suelo, estaban afectando a los medios de subsistencia de los pequeños agricultores y de las mujeres en particular (UNDP, 2013). En un mundo en el que la producción de alimentos ya estaba disminuyendo, organismos de desarrollo como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Banco Mundial expresaron su preocupación por el hecho de que se estuvieran socavando los esfuerzos para reducir la pobreza, especialmente en zonas rurales (FAO, 2010). La crisis alimentaria mundial de 2007-2008 también puso de manifiesto que la seguridad alimentaria seguía siendo una cuestión inestable para los más pobres, mientras que la resiliencia de los sistemas de producción agrícola necesitaba una nueva dirección en los países en desarrollo para abordar los múltiples desafíos interrelacionados.

La necesidad de sistemas más resilientes, en los que la agricultura forme parte de la solución al cambio climático, llevó a la FAO y al Banco Mundial a desarrollar formalmente la CSA en 2010 (FAO, 2010) como un enfoque para guiar la transformación de los sistemas agrícolas comerciales y de subsistencia en los países en desarrollo, uno de los principales grupos objetivo de los donantes multilaterales.



Reconociendo la necesidad de conciliar las diferentes percepciones emergentes de la CSA, se celebró la primera conferencia política mundial sobre el tema en la sede de la FAO en La Haya, Países Bajos (31 de octubre-5 de noviembre de 2010), organizada por gobiernos de países en desarrollo y desarrollados, junto con el Banco Mundial y la FAO. Las partes interesadas, representantes de gobiernos, organizaciones internacionales y regionales, el sector privado, ONG, fundaciones filantrópicas y la comunidad científica se reunieron en esta Conferencia Mundial sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático para elaborar una hoja de ruta para la acción (Neufeldt et al., 2013). La Hoja de Ruta para la Acción sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático, aprobada por los ministros, pedía acciones urgentes dirigidas a los pobres del mundo que viven en zonas rurales, especialmente a las mujeres agricultoras. Por primera vez, la Hoja de Ruta reconocía las interrelaciones entre la agricultura, la seguridad alimentaria y el cambio climático a nivel ministerial, y que se necesitaban políticas integradas para la CSA.

Para seguir desarrollando el enfoque y la asociación en materia de CSA, se celebraron conferencias en Vietnam (2012) y Sudáfrica (2013). También se celebraron sucesivos talleres científicos en los Países Bajos (2011), Estados Unidos (2013) y Francia (2015). En septiembre de 2014, durante la Cumbre sobre el Clima organizada por el Secretario General de las Naciones Unidas, se puso en marcha la Alianza Mundial para la CSA (GACSA) con el objetivo de desarrollar conocimientos y coordinar la colaboración a nivel mundial. Hasta ahora, la agenda mundial sobre CSA se ha centrado en desarrollar la base de conocimientos sobre su constitución y cómo las instituciones asociadas podrían promoverla.

## TECNOLOGÍAS PARA UNA CSA EN LOS PAÍSES PARTICIPANTES Y EN EL MUNDO

Un debate importante sobre la producción de alimentos de origen animal es quién contribuye a ella, quién se beneficia, su componente ético (en materia de bienestar animal y compromiso ambiental) y a quién debemos dirigirnos con los esfuerzos de investigación. La producción ganadera sustenta a unos 650 millones de pequeños productores en países de ingresos bajos y medios (FAO, 2009). El ganado es responsable del 17-47% del valor de la producción agrícola en regiones de países de renta baja y media (Herrero et al., 2013) y aportan ingresos al 68% de los hogares con ingresos bajos y medios (FAO, 2009), al tiempo que desempeñan importantes funciones culturales (Thornton, 2010; Herrero, et al., 2013). Respecto de la distribución de las tareas, los hombres suelen estar más representados en la ganadería y la pesca, mientras que las mujeres tienden a ser muy activas en la transformación y venta de productos animales (Herrero, et al., 2013). Al mismo tiempo, los medios de vida relacionados con la producción de alimentos de origen animal no implican necesariamente empleos de alta calidad. Por ejemplo, los ganaderos y las comunidades pesqueras de algunos países a veces no ganan lo suficiente para comer de su producción (Thow et al., 2017; Annan et al., 2018; Ravuvu et al., 2018), y las mujeres en las cadenas de valor ganaderas suelen carecer de reconocimiento y remuneración (Agarwal, 2018).

Si bien la CSA es un concepto que aún se encuentra en desarrollo, muchas de las prácticas que la conforman ya existen y son utilizadas en la agricultura y ganadería en todo el mundo para mitigar los distintos tipos de riesgos asociados a la producción ganadera en contexto de variabilidad climática. Muchos agricultores en Argentina tradicionalmente han utilizado técnicas consideradas climáticamente



inteligentes, en un esfuerzo por adaptar sus sistemas de producción a las condiciones comerciales, climáticas y político-institucionales en constante cambio. En muchos casos, las estrategias se han ajustado a enfoques integrales a nivel de paisaje para administrar tierras de cultivo, tierras de pastoreo y bosques, dirigidos a mejorar los medios de vida y promover la intensificación agrícola sostenible reconociendo, a su vez, el valor de los ecosistemas naturales. Estas prácticas se refieren a la agricultura de conservación (incluyendo las técnicas de agricultura de precisión) y deben estar en continua revisión y actualización para poder alcanzar los desafíos climáticos y socio-políticos emergentes.

También debe destacarse el creciente interés por la cuestión del bienestar animal (BA) en los diversos eslabones de las cadenas productivas pecuarias, como lo demuestra la producción y divulgación de un gran número de guías de buenas prácticas de bienestar de animales de producción en distintos países del mundo. Este interés se despertó principalmente con la finalidad de crear oportunidades para mejorar la eficiencia productiva, promoviendo, por ejemplo, la reducción de las tasas de morbilidad y de mortalidad del ganado (Mellor y Stafford, 2004), la conquista de mercados más exigentes en relación al bienestar animal (Waters, 2018) y también por la posibilidad de reducción de problemas de calidad de las canales y de la carne (Paranhos de la Costa et al., 2012). Pero a su vez es una demanda social prestar atención a la calidad de vida de los animales asociada a ese aumento en los niveles de producción y calidad de producto. Muchas son las ventajas que brinda este enfoque, en el que adquiere relevancia el concepto de "Un bienestar" (García Pinillos et al., 2015), que refuerza el principio de interdependencia entre la salud, el bienestar humano y el bienestar animal, vinculándolos a su vez a la salud de los ecosistemas y su sustentabilidad. La aplicación del modelo los cinco dominios del BA (Mellor et al., 2020) es fundamental para tomar decisiones sobre las consecuencias globales de nuestras acciones en el manejo animal y la propagación de enfermedades, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Keeling et al., 2019). Mantener estándares adecuados de BA para obtener productos con calidad ética, será un nuevo factor para el valor agregado de los productos de origen animal.

Por otro lado, la cuestión del bienestar animal también puede ser considerada como un elemento central del concepto de sostenibilidad, ya que influye y es influenciada por cada uno de los tres pilares de la sostenibilidad. Ellos son: preservación de los recursos naturales, comunidades saludables y viabilidad económica (Paranhos da Costa, M.J.R, 2010).

A continuación, se describen algunas prácticas de manejo recomendadas para la región de trabajo del proyecto, que conforman la CSA y son utilizadas en el sector agrícola ganadero para mitigar los distintos tipos de riesgos asociados a la producción.

*Manejo de pasturas y pastizales, evaluación de pastizales y ajuste de carga:* Tiene por objetivo mejorar el manejo y la eficiencia del pastoreo asegurando una mayor disponibilidad forrajera durante los períodos de variabilidad climática, evitar la erosión del suelo y la desertificación. La gestión del recurso forrajero es clave en el marco de la CSA especialmente en zonas más vulnerables como las tierras áridas y semiáridas debido al efecto convergente del sobrepastoreo y el aumento de la aridez esperable con el CC sobre la degradación de los pastizales (Gaitan et al., 2017). La degradación y mala gestión de tierras acentúan la pérdida de C del suelo. En este contexto, la adopción de prácticas recomendadas no sólo reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino además contribuiría con la seguridad alimentaria (Lal, 2004). Alrededor del 93% de los pastizales patagónicos argentinos presentan algún signo de degradación (del





Valle et al., 1998), la cual es debida entre otros factores a la sobrecarga de los campos por sobre estimación de la receptividad ganadera (Golluscio et al., 1998)

*Sistemas silvopastoriles:* el objetivo de esta práctica es el incremento de la resiliencia de los sistemas de producción a la variabilidad climática y la disminución del estrés por calor en los animales (Caballé et al., 2009). Con el uso de las mismas se observa una mayor captura de C superficial y subterráneo y una reducción en el uso de N del suelo.

*Suplementación estratégica de rumiantes en pastoreo:* La suplementación estratégica con concentrados energéticos y/o proteicos de los animales en pastoreo aumenta el consumo de nutrientes y la producción animal en términos de producción de carne o ganancia de peso vivo (GPV), leche, fibra, entre otros (Peyraud y Delagarde, 2013). La suplementación estratégica puede reducir la producción y la intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> entérico (gCH<sub>4</sub>/kg de GPV o gCH<sub>4</sub>/litro de leche producido) (Hristov et al., 2013). En el caso de rumiantes sobre pasturas tropicales, la suplementación estratégica se realiza para compensar la falta de proteína y el exceso de fibra y es posible reducir la producción o la intensidad de CH<sub>4</sub> ofreciendo dietas concentradas. Por otro lado, en sistemas pastoriles sobre pasturas templadas es más difícil reducir la producción e intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> ya que las pasturas son de mejor calidad que las tropicales y entonces resulta necesario combinar estrategias dietarias de mitigación o implementar otras prácticas utilizadas en los sistemas más intensivos para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico (Arndt et al., 2021). Sin embargo, aplicando buenas prácticas de manejo del pastoreo la intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> es similar en pasturas tropicales o templadas (Zubieta et al., 2021). Por otra parte, la suplementación estratégica puede ser clave no solo en aspectos asociados a la producción secundaria, sino también para colaborar en el detenimiento y retracción de los procesos de degradación de los suelos, sobre todo en sistemas naturalmente pobres, con la consecuente reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y el mantenimiento de la salud nutricional del sistema productivo.

*Incremento de la eficiencia de producción:* la intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> (i.e. emisiones por unidad de producto) resulta elevada en los sistemas ganaderos sobre pastizales naturales o pasturas cuando los índices de producción animal son bajos. El nivel de consumo individual en los rumiantes es lo que más afecta la ganancia de peso vivo (GPV) y las emisiones de CH<sub>4</sub>; la intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> tiende a ser mayor cuando el consumo y la ganancia de peso son bajos ya que existe una respuesta curvilínea entre intensidad de emisión de CH<sub>4</sub> y la GPV (Zubieta et al., 2021). El potencial de mitigación de la emisión de CH<sub>4</sub> depende de la línea de base de las ineficiencias productivas. En el caso de los animales de alto rendimiento, las posibilidades son limitadas, mientras que, en el caso de los rumiantes en pastoreo, cuya cuota de emisiones de CH<sub>4</sub> representa el 75% de las emisiones de todos los rumiantes domésticos (FAO, 1999 citado por Beauchemin et al., 2020), el potencial es considerable por lo cual hay posibilidades de evaluar la eficacia de diferentes tecnologías (Zubieta et al. 2021). Éste es el caso de animales que pastorean en condiciones de alimentación y rendimiento subóptimas como en los sistemas de pastoreo extensivo de las zonas áridas y semiáridas. En los últimos años se ha avanzado en la incorporación de la eficiencia de conversión en los programas de mejora genética en rumiantes de diferentes razas, considerando las condiciones productivas particulares de las cuales provienen los animales. La selección de animales más eficientes en la conversión del alimento en producto (carne, lana, leche) permitiría reducir tanto los costos de alimentación como el impacto ambiental en la producción ovina. Una forma de medir eficiencia en la conversión de alimento es mediante el consumo



residual del alimento (RFI, su sigla en inglés) que es la diferencia entre el consumo observado y el consumo esperado para un animal con determinado peso vivo y desempeño productivo. Cuanto menor sea el RFI, más eficiente es considerado el animal. En producción de carne este desempeño se mide como ganancia de peso y puede incluir determinaciones vinculadas al desarrollo de tejido muscular y adiposo y crecimiento de lana. Adicionalmente, se ha encontrado una relación genética favorable entre RFI y la emisión de metano, con lo cual la selección por animales más eficientes implicaría indirectamente seleccionar animales que emiten menos metano en términos absolutos. Finalmente, tanto el RFI, como consumo y emisión de metano, son rasgos medibles, variables y heredables, aunque esta heredabilidad es baja (De Barbieri et al., 2022). La estimación de la emisión individual de metano en condiciones controladas se puede realizar en periodos cortos utilizando cámaras portátiles de acumulación de gases (Goopy et al., 2011; Goopy et al., 2016) y equipos portátiles de medición de metano y otros gases (Eagle 2, RKI Instruments). Otras opciones son la utilización de comederos automáticos que miden RFI y al mismo tiempo la emisión de gases de manera individual (GreenFeed) para animales estabulados o en pastoreo y el procedimiento con hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>; Johnson et al., 1994) que es el único método indirecto basado en trazadores (que utiliza SF<sub>6</sub> como marcador) para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico (Della Rosa et al., 2021).

*Reducción de efecto de la radiación a través de bosquetes multipropósito:* La radiación se genera una presión extra sobre los animales que se encuentran pastando en la intemperie, por lo que las cubiertas pueden reducir la exposición del ganado a condiciones de estrés por calor y, por lo tanto, reducir la mortalidad animal. La instalación de bosquetes en áreas de cultivo o ganaderas genera una serie de beneficios al sistema, que van desde el aumento de áreas de alta biodiversidad, aumento de secuestro de carbono, reducción de tasas de evapotranspiración, hasta espacios de sombreado donde los animales pueden descansar y reducir su temperatura corporal, con la consecuente reducción del gasto energético para control térmico por convección. Con el mismo propósito, pero con estrategias más simples, se pueden construir cobertizos o tinglados que generen sombra y reduzcan a su vez el consumo de agua de calidad, recurso muchas veces escaso en zonas rurales y áridas. Por último, ambientes naturales con alto contenido de humedad, como pueden ser los humedales, constituyen sectores que contribuyen al bienestar animal al reducir la temperatura ambiente por difusión, entre otros servicios ecosistémicos, por lo cual resulta clave conservarlos mediante estrategias específicas.

En cada una de las estrategias antes mencionadas, es necesario evaluar el bienestar de los animales y adecuar el manejo para minimizar el estrés y mejorar la producción. Hay puntos claves a evaluar tanto en procesos de intensificación como los asociados al cambio climático. En este punto la sequía, el acceso a comida de calidad y los cambios de temperatura son los principales factores estresantes, se impone la evaluación del estrés térmico (por frío y por calor), el estado general de los animales en nuevos sistemas, el acceso al agua, el reparo, estado nutricional e inmunológico, entre otros. Actualmente existe un consenso acerca de que el bienestar animal debe ser evaluado con múltiples variables, ya que cualquier indicador usado en forma individual muestra una visión parcial. La comunidad científica ha convenido en elegir variables, tales como la salud, signos fisiológicos de estrés, longevidad, reproducción y comportamiento, pero sigue quedando abierta la puerta a la incorporación de nuevos indicadores que permitan complementar las evaluaciones convencionales, aportando mayor robustez al análisis. Existe la necesidad de encontrar indicadores con la sensibilidad, estabilidad y cursos temporales que permitan una evaluación más eficiente, principalmente en sistemas en permanente



cambio e innovación. Surge así, la necesidad de ampliar el espectro de indicadores de estrés y bienestar para poder analizar estos estresores emergentes en la zona. En este sentido se están desarrollando herramientas para evaluar sistemas locales como: el uso del análisis de cortisol en pelo, indicadores moleculares en sangre y estudios inmunológicos.

Estudiar la respuesta al estrés en innovaciones tecnológicas aplicadas en los sistemas de producción regionales posibilita que los manejos impacten positivamente sobre el bienestar de los animales y el establecimiento de protocolos normalizados de actuación e incluso poder alcanzar certificaciones internacionales que permitan acceder a un valor agregado. Estos cambios impactarían tanto en la calidad de vida de los animales, en la eficiencia del sistema y en los costos de producción como en las nuevas exigencias del mercado mundial.

## ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO (GEI) EN SISTEMAS GANADEROS CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES

Los sistemas ganaderos constituyen un sector de particular y creciente interés político (MAyDS, 2020), dado que se ha estimado que la actividad es responsable del 14,5% de las emisiones globales antrópicas de GEI (Gerber et al., 2013), variando entre productos. El CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) cuantifica las emisiones de cada GEI según su potencial de calentamiento en relación a la molécula de CO<sub>2</sub>. En términos de masa, 1 kg de CH<sub>4</sub> es equivalente a 25 kg de CO<sub>2</sub> y 1 kg de N<sub>2</sub>O es igual a 298 kg de CO<sub>2</sub>. Es así que, en la atmósfera, el CH<sub>4</sub> retiene 25 veces más calor que el CO<sub>2</sub>, y el N<sub>2</sub>O retiene 298 veces más calor que el CO<sub>2</sub>. En un análisis comparativo, por ejemplo, la producción de leche contribuye con un 8-21 t CO<sub>2</sub>e/t materia seca, la carne vacuna con 11-18 kg CO<sub>2</sub>e/kg peso seco, la de oveja con 6-8 kg CO<sub>2</sub>e/kg peso seco y la de pollo con 1.8-2.2 kg CO<sub>2</sub>e/kg peso carcasa, y la lana con 21-28 kg CO<sub>2</sub>e/kg lana (Wiedeman et al., 2015; Browne et al., 2011; Alvares-Hesset al., 2019). Sin embargo, estas emisiones podrían ser compensadas parcial o totalmente mediante el secuestro de C por parte de los sistemas naturales, como los pastizales (Soussana et al., 2010; Assouma et al., 2019). El potencial para aumentar la reserva de C orgánico del suelo (COS) en sistemas ganaderos depende en gran medida de las características del suelo, la vegetación, la gestión del pastoreo y las condiciones climáticas (Abdalla et al., 2018). Así, queda establecida una relación bidireccional entre la variabilidad climática y el balance de GEI en sistemas ganaderos basados en pastizales naturales. Asimismo, dichos sistemas son fuertemente vulnerables a las condiciones climáticas, especialmente en regiones en desarrollo (Thornton et al., 2009). En este contexto entonces, es preciso aplicar medidas de mitigación y/o adaptación dirigidas a estos sistemas, en particular, que estén en línea con las propuestas para mejorar las eficiencias de producción. Específicamente los incrementos en la productividad de alimento y stock de C del suelo y mejoras en el manejo ganadero y de tierras destinadas a la ganadería mostraron contribuir a los grandes desafíos que se enfrentan a nivel global: la seguridad alimentaria, la mitigación y adaptación al CC, y el combate a la degradación de tierras (Smith et al., 2020).

Asimismo, la ganadería de pequeños productores locales y específicamente de pueblos indígenas acarrea beneficios extra asociados a valores estéticos, culturales y religiosos, incremento de la biodiversidad, ciclado de nutrientes, fortalecimiento de la ruralidad, entre otros. Esto podría compensar de alguna manera aún no claramente descrita las consecuencias negativas de sus emisiones de GEI. Además, estas producciones en la actualidad son típicamente de bajo porte y un incremento en su stock



podría generar injustas penalidades si se los evalúa con la misma norma que a los grandes productores pecuarios. Adaptar el método de evaluación de emisiones a las características del socio-agro-ecosistema es una tarea pendiente.

La Patagonia argentina y chilena es un territorio extenso, con variaciones en el clima, los ambientes y los sistemas sociales, por lo que estudiar los trade-off entre la actividad ganadera y el balance de C es muy complejo. Trabajos regionales basados en modelos reportaron la relación entre la huella de C (HC) en sistemas de pastoreo ovino y factores climáticos y ambientales. Sitios de mayor productividad de biomasa y en consecuencia con mayor capacidad de carga se asociaron con menores emisiones de GEI, siendo la estacionalidad de la temperatura y el NDVI (proxy de la productividad biomasa) las variables que mejor predijeron la huella de C de carne y lana (Peri et al. 2020). De acuerdo a estos autores, la HC de carne (carcasa) y lana fue en promedio de 33 y 16 kg CO<sub>2</sub>e /kg respectivamente, con las emisiones intraprediales muy por encima de las asociadas al procesamiento industrial y el transporte de los productos. Específicamente, la principal fuente de GEI fue la fermentación entérica, representando el 60-65% de la HC de carne y lana. Por otra parte, Hara et al. (2022) estimaron gran variabilidad en las emisiones por fermentación entérica en diversos sistemas ganaderos de Patagonia norte Argentina (0,3-3,9 kg CO<sub>2</sub>e/kg PV). La importancia relativa de la fermentación entérica en las HC sumada a su gran variabilidad señalan el potencial de reducción de emisiones que habría en el sector, con la implementación de prácticas de manejo que mejoren las eficiencias productivas y del uso de los recursos. Específicamente el manejo del pastoreo, el incremento de proteína y energía en la dieta fueron destacados como medidas factibles para la reducción de emisión de metano entérico para la mitigación al CC del sector ganadero en Latinoamérica (de Souza Congio et al., 2021).

El estudio de las emisiones GEI en la región se ha focalizado en la respiración del suelo (e.g. Enriquez et al., 2022; Peri et al., 2015; Dube et al., 2011; Enriquez 2015); existen además algunas primeras mediciones de balance de C a nivel de pastizal (Enriquez 2015; Enriquez et al., 2016), emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del suelo (Enriquez et al., 2020a) y estimaciones de emisiones entéricas a nivel predial (Hara et al., 2022), así como un modelo de estimación de balance de C y GEI a nivel predial calibrado para sistemas ganaderos locales (Hara, tesis doctoral en elaboración). Profundizar en la cuantificación de las diferentes fuentes de GEI a nivel de sitio y de predio mejoraría el conocimiento sobre la contribución de los sistemas ganaderos locales al CC y el efecto de la implementación de diversas tecnologías para su mitigación o compensación. Asimismo, dicha cuantificación mejoraría la precisión de la estimación de flujos y balances de GEI, contribuyendo al abordaje de la problemática a través de modelos.

La Patagonia presenta 1.060.600 km<sup>2</sup> con bosques y pastizales naturales que sustentan la ganadería extensiva característica de la región y que tienen potencial de captura de C. Esto significa una vegetación natural con capacidad fotosintética de absorción potencial de CO<sub>2</sub> atmosférico, que supere a la emisión de CO<sub>2</sub> desde el suelo por acción de microorganismos y raíces. Dube et al. (2011) estimaron captura y pérdida netas de +1,8 y -2,3 Mg C (ha año)<sup>-1</sup> en un sistema silvopastoril y en pastizales naturales de uso ganadero en Patagonia Chilena, respectivamente; Enriquez et al., (2021) estimaron una captura de 1.0 ± 0.1 Mg C (ha año)<sup>-1</sup> en praderas húmedas (mallines) inmersas en estepas semiáridas Patagónicas en buena condición y de 0.9 ± 0.1 Mg C (ha año)<sup>-1</sup> en condición degradada. Es decir, que la diferencia en el balance la puede hacer el control del pastizal. Estos resultados pueden tener consecuencias medibles en la forma en que se consideran los pastizales áridos y semiáridos, con un mayor potencial para

secuestrar C y compensar la emisión entérica del ganado. Sin embargo, las complejas interacciones encontradas en los estudios realizados hasta ahora en la Patagonia muestran la necesidad de más estudios holísticos para estimar los efectos de modificaciones en la producción y la huella de C, en un futuro donde se espera que cambie no solo el clima sino también acompañen las políticas.

Por otra parte, y al mismo tiempo, es necesario realizar un esfuerzo por escalar las tecnologías a adoptar a un nivel regional. Con ese propósito, se pueden realizar modelos regionales para sectorizar las acciones en función de patrones ambientales específicos. Por ejemplo, el desarrollo de mapas temáticos de servicios ecosistémicos de soporte, regulación y provisión (ej. de parámetros: C orgánico del suelo, emisión gases de efecto invernadero-GEI y productividad primaria neta), puede ser una herramienta útil en los cálculos de balance regionales que, aunque con baja precisión, pueden ayudar a definir estrategias macro en función de las características del ambiente. Otro ejemplo es un modelo conceptual regional (Figura 1) se refiere a los trade-offs en praderas húmedas de ambientes áridos y salinos que, a pesar de tener un buen contenido de COS (Enriquez et al., 2015 y 2020b), son más frágiles a la presión de pastoreo en comparación a praderas que reciben mayor agua de lluvia y tienen suelos sin elevada conductividad eléctrica (Enriquez, 2015). Validar este modelo permitiría definir áreas más vulnerables donde las estrategias de manejo, conservación, restauración puedan tener una relevancia diferencial. Los estudios locales en marcha o ya ejecutados, escalados e interpretados a nivel regional, podrían permitir analizar los compromisos (trade-off) existentes entre uso de forraje natural y balance de C y emisión de GEI y vulnerabilidades asociadas en los ecosistemas, entendiendo que los enfoques de escala cruzada pueden mostrar patrones emergentes (Van Oost y Six, 2023).

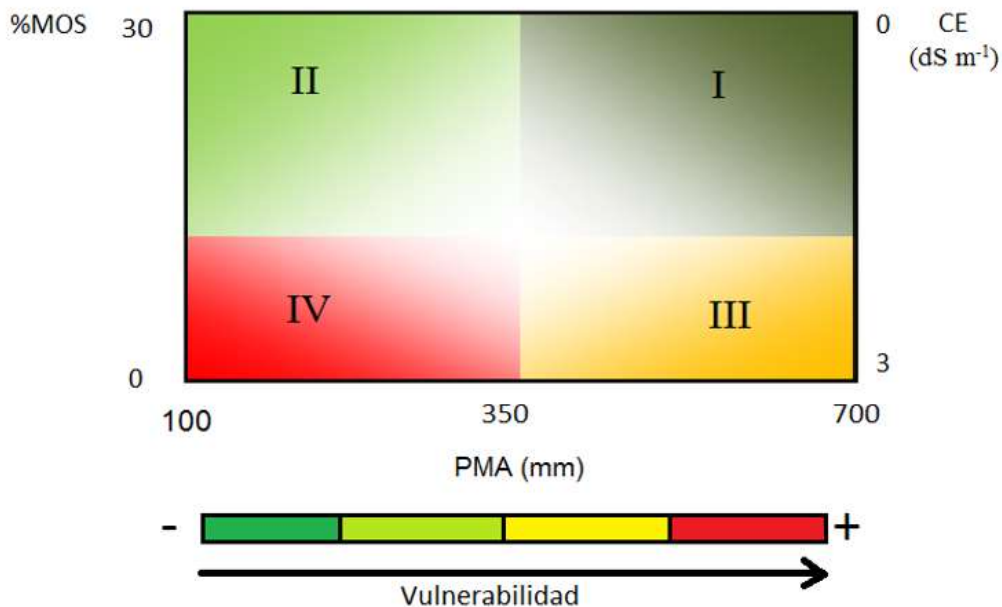


Figura 1. Modelo hipotético conceptual propuesto por Enriquez (2015) para describir el grado de vulnerabilidad de los humedales patagónicos (praderas altamente productivas en las estepas) en función de la interacción de un factor ambiental (precipitación media anual-PMA) y dos variables de estado (materia orgánica del suelo-MOS por Walkley y Black (1934) y conductividad eléctrica-CE en



suspensión). Niveles de vulnerabilidad teóricos: I: Bajo; II: Medio; III Alto; IV: Muy Alto.

En el contexto descrito y en pos de una CSA, los esfuerzos de mitigación del CC deben estar enfocados hacia la reducción de las emisiones intraprediales, con énfasis en la intensidad de las emisiones entéricas por unidad de producto, la conservación del pastizal, y la dinámica de C en diferentes ambientes y bajo diferentes manejos. En ese sentido, los estudios orientados a investigar el balance de C y la intensidad de emisión de GEI de sistemas de producción de ganado a base de pastizales naturales, a nivel regional, local y predial, se hace necesario. Los resultados podrán ser utilizados de múltiples maneras, como para el cálculo de estrategias de compensación para mitigar las emisiones de GEI desde el ganado, implicancias para el sistema integrado de cultivos y ganadería, evaluación de circularidad de nutrientes en sistemas de baja carga nutricional, determinación de factores de emisión de GEIs más específicos para nuestra región, estrategias de mitigación y adaptación al CC o evaluación de bonos de C y valor agregado.

Para contar con sistemas climáticamente inteligentes en la región planteado por el proyecto se debe contar con el análisis de los siguientes aspectos:

A) EMISIÓN Y BALANCE DE GEI Y C EN SISTEMAS GANADEROS REALES EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO. En base a lo expuesto y ante la necesidad de establecer los GEI de referencia de los sistemas de explotación dominantes en la región de Patagonia norte, se debería: 1) Determinar emisiones de GEI de diferentes fuentes en ambientes productivos representativos, bajo diferentes prácticas de manejo, condiciones ambientales/clima y condición de pastizal (Figura 2). 2) Determinar el balance (ganancias – pérdidas) y el stock (suelo y vegetación) de C en los principales sistemas, en función de diferentes prácticas de manejo, clima y condición de pastizal. 3) Determinar los balances (ganancias – pérdidas) de GEI y C a nivel predial en sistemas ganaderos reales de la región, a través de modelos ajustados y validados para la región y delinear estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.



Figura 2. A) Medición in-situ de emisiones de CO<sub>2</sub> desde suelo con el uso de IRGA (del inglés, infrared gas analyzer), parche vegetado de estepa, Ingeniero Jacobacci, Río Negro, Argentina. B) Toma de muestras de aire desde cámaras estáticas para calcular emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O desde suelo, luego de ser evaluadas en cromatografía gaseosa, pradera húmeda (mallín) de Comallo, Río Negro.



B) ESTIMACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: desarrollo de mapas temáticos de parámetros de interés (e.g. reserva de COS y de nitrógeno del suelo (Nt), emisión/balance de gases de efecto invernadero (GEI), PPN (aérea y subterránea) y su calidad, salinidad (conductividad eléctrica-CE) y de SE asociados (e.g., mitigación de cambio climático, provisión de agua y forraje, formación y estabilización de suelo, control de la erosión, reducción de riesgos, mapa de vulnerabilidad) para mallines de Patagonia Norte y algunos (e.g., GEI potencial, COS y SE asociados) para estepas asociadas.

C) USO ESTRATÉGICO DE FORRAJE. Tradicionalmente, se realizan cortes de biomasa en diferentes momentos del año para establecer su valor nutritivo (contenido de proteína bruta, materia seca digestible y energía metabolizable). Esto es bastante práctico y comúnmente realizado en cultivos, pero no tanto así en pastizales naturales con una amplia variabilidad intra e interanual, además de las diferentes condiciones de pastizal que se presentan. A los efectos de evaluar, trade-off existentes entre la dinámica de oferta forrajera (cantidad/calidad) y el balance de C, para identificar la necesidad de uso de complemento forrajero considerando los requerimientos del ganado y del ecosistema: 1) se realizará un estudio a nivel de ecosistema para evaluar la necesidad de incorporar suplementos dietarios en función de cuándo, cuánto y de qué calidad se dispone. Por otro lado, a la luz de la amplia degradación que estos pastizales históricamente vienen sufriendo, resulta imprescindible establecer la relación entre producción primaria neta/calidad, ingreso de los animales para uso del forraje y la capacidad del ecosistema para mantener el ciclo de C funcionando a niveles que permitan mantener un balance positivo, o mínimamente neutro, de C. Con esta información, se pretende entender las relaciones a partir de modelos simples de uso/manejo – productividad – balance de C. 2) Como los enfoques de escala cruzada pueden ser importantes para representar, con otra visión y patrones, los efectos de uso de la tierra en el ciclo global del C (Van Oost y Six, 2023), los resultados de 1) se combinarán con información regional espacialmente explícita para realizar una regionalización de la información. Para esto, cruzaremos mapas de mallines inmersos en estepas circundantes, con mapas temáticos de SE, asociados a la reserva de C orgánico del suelo (COS), emisión de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) y productividad primaria neta (PPN), desarrollados durante el proyecto.

D) REÚSO DE DESCARTES REGIONALES. Ante la necesidad de complementar la oferta forrajera natural para no desequilibrar el balance de C, la ganadería basada en pastizales naturales hace uso de la suplementación estratégica para cubrir los requerimientos del animal en momentos puntuales. Una alternativa de recurso extra para la producción animal es la inclusión de subproductos agroindustriales, aprovechando nutrientes que de otra forma son descartados produciendo, en muchos casos, problemas de contaminación. Varios son los trabajos que reportan las bondades del uso de bagazo como alimento suplementario para el ganado, o del uso de aguas residuales como descarte de plantas de tratamiento aplicada al riego de pasturas. Una mejor calidad de la dieta aumenta la eficiencia de conversión de alimentos de los rumiantes. Evaluar, desde el enfoque de la Economía Circular (EC), el reúso de descartes de la región como insumos para la producción de forraje conservado/suplemento dietario, posible complemento del aporte del pastizal natural, entre ellas el bagazo de cerveza y pasturas implantadas desarrolladas por riego con aguas residuales, se consideran de alto interés. Se puede contemplar el balance de emisiones de GEI de los ciclos que transcurren entre lo urbano y lo rural y las bondades del enfoque circular en el ciclaje de nutrientes hacia zonas nutricionalmente desfavorables, o del uso de estos descartes para minimizar los impactos negativos sobre el ambiente. Se espera que sus

reúso disminuyan la emisión de GEI, a la vez que eviten el desecho de nutrientes al ambiente, derivándolos a productividad secundaria y promoviendo el cierre de ciclos que desvinculen el crecimiento económico rural del uso excesivo de recursos naturales y los impactos ambientales asociados.

E) NÚCLEOS FORRAJEROS Y MARCOS REGULATORIOS. El empobrecimiento de la condición de los pastizales, a la luz de los pronósticos climáticos que proyectan una profundización el clima naturalmente adverso de las regiones áridas y semiáridas de Patagonia, requerirán de una mayor aplicación de prácticas inteligentes para complementar la oferta natural, como es el uso de suplemento dietario en los campos ganaderos. Relevar potenciales núcleos de oferta forrajera externa a los sistemas naturales, identificando barreras y promotores para el intercambio y aplicación, y evaluar marcos regulatorios existentes (normativas, políticas o combinaciones de ellas, que tengan como objetivo fomentar una EC sostenible) es una alternativa viable y necesaria que puede generar las bases de un nuevo esquema de comercialización de forraje regional basado en reducción de huella de C y costos y con la promoción de normativas o políticas que faciliten su implementación.



Figura 3. Esquema de trabajo a niveles escalas: estudios a nivel local combinados con información de mapas temáticos regionales, permiten la aplicación de las prácticas climáticamente inteligentes de una forma estratégica en los territorios.





## CONCLUSIONES

Las temperaturas aumentarán en todo el mundo debido al cambio climático y esto afecta negativamente a la productividad agrícola de forma significativa, por lo se hace necesario nuevos enfoques que transformen y protejan al sector agrícola.

La agricultura climáticamente inteligente (CSA) se propone como una estrategia para hacer frente de manera integrada a los retos del cambio climático y la seguridad alimentaria, buscando aumentar la productividad de manera sostenible, reforzar la resiliencia, reducir las emisiones de GEI y mejorar el alcance de los objetivos de seguridad alimentaria y desarrollo.

Existen tecnologías para innovar en sistemas ganaderos que permitirían la transición hacia una ganadería climáticamente inteligente en Argentina y Chile como son: Manejo de pasturas y pastizales, y ajuste de carga, suplementación estratégica de rumiantes en pastoreo, incremento de la eficiencia de producción y reducción de efecto de la radiación a través de bosquetes multipropósito, entre otros.

Por otro lado, se deben desarrollar estrategias para la reducción de emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI). Para ello, y en pos de una CSA, los esfuerzos de mitigación del CC deben estar enfocados hacia la reducción de las emisiones intraprediales, con énfasis en la intensidad de las emisiones entéricas por unidad de producto, la conservación del pastizal, y la dinámica de C en diferentes ambientes y bajo diferentes manejos. En ese sentido, se deben realizar estudios orientados a investigar el balance de C y la intensidad de emisión de GEI de sistemas de producción de ganado a base de pastizales naturales, a nivel regional, local y predial. Los resultados podrían ser insumo para el cálculo de estrategias de compensación para mitigar las emisiones de GEI del ganado. La evaluación de circularidad de nutrientes en sistemas de baja carga nutricional, la determinación de factores de emisión de GEIs más específicos para nuestra región, la aplicación de estrategias de mitigación y adaptación al CC podrían llevar a generar valor agregado a los productos ganaderos a través del mercado de bonos de C u otras herramientas que contemplen la sustentabilidad de los sistemas productivos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, M. et al. 2018. "Critical Review of the Impacts of Grazing Intensity on Soil Organic Carbon Storage and Other Soil Quality Indicators in Extensively Managed Grasslands." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 253(November 2017): 62–81. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880917304693>.
- Addison, T., Arndt, C., & Tarp, F. (2011) "The triple crisis and the global aid architecture" *African Development Review*, 23(4), 461–478.
- Agarwal, B. (2018) "Gender equality, food security and the sustainable development goals", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 34, pp. 26–32.
- Alvarez, P., Williams, R., Jacobs, J., Hannah, M., Beauchemin, K., EcNard, R., & Moate, P. (2019). Effect of basal diet on the methane mitigation effect from dietary fat supplementation. Evaluation of fat, nitrate and 3-nitrooxypropanol for reducing enteric methane emissions from ruminants, 197, 154.
- Annan, R. A. et al. (2018) "Public awareness and perception of Ghana's restrictive policy on fatty meat, as well as preference and consumption of meat products among Ghanaian adults living in the Kumasi Metropolis", *BMC Nutrition*, 4(1), pp. 1–8.
- Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., Yu, Z. T. (2021). "Strategies to mitigate enteric methane emissions by ruminants-a way to approach the 2.0° C target". *AgriRxiv* 20210085288.
- Assouma, Mohamed Habibou et al. 2019. "Contrasted Seasonal Balances in a Sahelian Pastoral Ecosystem Result in a Neutral Annual Carbon Balance." *Journal of Arid Environments* 162(December 2018): 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.11.013>.
- Beddington, J. R., Asaduzzaman, M., Clark, M. E., Fernández Bremauntz, A., Guillou, M. D., Howlett, D. J. B., Wakhungu, J. (2012). "What next for agriculture after Durban?" *Science*, 335(6066), 289–290.



- Browne, N. A., Eckard, R. J., Behrendt, R., & Kingwell, R. S. (2011). A comparative analysis of on-farm greenhouse gas emissions from agricultural enterprises in south eastern Australia. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 641-652.
- Caballé, G., Dezzotti, A., Sbrancia, R., Stecher, G., Reisig, C., Bonvissuto, G., Schlichter, T. (2009). "52. Estudio de caso: Interacción entre el pastizal natural, la plantación de pino y el ganado caprino en el sistema silvopastoril experimental de Mallín Verde (Neuquén)"
- De Barbieri, I; Navajas, E; Ramos, Z; Ferreira, G; Velazco, J; Ciappesoni, G. (2022). "Vinculando la eficiencia en conversión del alimento con características productivas y mitigación de metano". *Revista INIA* 69, 29-32.
- De Souza Congio, G. F. (2021) "Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis" *J. Clean. Prod.* 312.
- Del Valle, H. F., Elissalde, N. O., Gagliardini, D. A. & Milovich, J.(1998) "Status of desertification in the Patagonian region : Assessment and mapping from satellite imagery" *Arid L. Res. Manag.* 12:2, 95-121.
- Della Rosa, M. M., Jonker, A., & Waghorn, G. C. (2021). "A review of technical variations and protocols used to measure methane emissions from ruminants using respiration chambers, SF6 tracer technique and GreenFeed, to facilitate global integration of published data" *Animal Feed Science and Technology*, 279, 115018.
- Dube, F., Thevathasans, Naresh V.,Zagal, E., Gordon, A M., Stolpe, N. B., Espinosa, M.(2011). "Carbon Sequestration Potential of Silvopastoral and Other Land Use Systems in the Chilean Patagonia" *Carbon sequestration potential of agroforestry systems* 101-127.
- Enriquez, A. S. & García Falabella, B. M. (2022) "Respiración ecosistémica del suelo en pastizales semiáridos patagónicos bajo condiciones ambientales contrastantes" *XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. En: Actas XXVIII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 15-18 noviembre. ISSN: 978-987-48396-7-1
- Enriquez A.S., Necpalova M., Cremona M.V., Peri P.L. & J. Six. (2021). Immobilization and stabilization of volcanic ash in soil aggregates in semiarid meadows in Northern Patagonia. *Geoderma*. 392:114987. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114987>
- Enriquez, A.S., S. Vangeli & G. Posse. (2020a). Dinámica de las emisiones de N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en mallines de Patagonia Norte. En: Actas XXVII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo. Corrientes, Argentina. 13 -16 de octubre. ISBN 978-987-46870-3-6 1





- Enriquez, A.S., F. Umaña & J.J. Gaitán. (2020b). Estimación y cartografía de las reservas de carbono edáfico en mallines de Patagonia Norte. En: Actas XXVII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo. Corrientes, Argentina. 13 -16 de octubre, modalidad virtual, por pandemia. ISBN 978-987-46870-3-6 1
- Enriquez A.S. y Cremona M.V. (2016). Mecanismos implicados en el secuestro de carbono en suelos de mallines de Patagonia norte. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (CAACS). Río Cuarto, Córdoba, Argentina
- Enriquez A.S., R. Chimner, P. Diehl, M.V. Cremona y G.L. Bonvissuto. (2015). Grazing intensity levels influence C reservoirs of wet and mesic meadows along a precipitation gradient in Northern Patagonia. *Wetland Ecology and Management*. 23:439-451. DOI:10.1007/s11273-014-9393-z
- Enriquez, A.S. (2015). Dinámica de Carbono y Nitrógeno en suelo y agua de mallines de Patagonia Norte y su relación por la degradación por pastoreo histórico intenso. Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche. 309pp.
- FAO (2009) The state of food and agriculture: Livestock in balance, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome 2009.
- FAO. (2010). "Climate-smart agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation". Rome: Author.
- GACSA. (2015). Inception year work plan – January to December 2015. Rome: Author. Retrieved December 13, 2015, from <http://www.fao.org/3/a-au701e.pdf>
- Gaitán, J. J., Bran, D. E., Oliva, G. E., Aguiar, M. R., Bueno, G. G., Ferrante, D., Nakamatsu, V., Ciari, G., Salomone, J. M., Massara, V., García Martínez, G., Maestre, F. T. (2017). "Aridity and Overgrazing Have Convergent Effects on Ecosystem Structure and Functioning in Patagonian Rangelands" *L. Degrad. Dev.* 29, 210–218.
- García Pinillos, R., Appleby, M.C., Scott-Park, F., Smith, C. and Velarde, A. (2015) "One Welfare – a platform for improving human and animal welfare" *Veterinary Record* 177(24), 629–630.
- GCEC. (2014). "Better growth. Better climate. The new climate economy report" Washington, DC: Global Commission on the Economy and Climate, World Resources Institute.
- Golluscio, R. A., Deregibus, V. A. & Paruelo, J. M. (1998) "Sustainability and range management in the Patagonian steppes" *Ecol. Austral* 8, 265–284.
- Goopy, J. P., Robinson, D. L., Woodgate, R. T., Donaldson, A. J., Oddy, V. H., Vercoe, P. E., & Hegarty, R. S. (2015) "Estimates of repeatability and heritability of methane production in sheep using



portable accumulation chambers” *Animal Production Science*, 56(1), 116-122.

- Goopy, J. P., Woodgate, R., Donaldson, A., Robinson, D. L., & Hegarty, R. S. (2011). “Validation of a short-term methane measurement using portable static chambers to estimate daily methane production in sheep” *Animal Feed Science and Technology*, 166, 219-226.
- Hara, S. M., Faverín, C., Villagra, E. S., Easdale, M. H. & Tiftonell, P. (2022) “Exploring drivers and levels of technology adoption for ecological intensification of pastoral systems in north Patagonia drylands” *Agric. Ecosyst. Environ.*
- Hara, S. M. Intensificación y sustentabilidad de la ganadería en Patagonia Norte: aspectos ambientales, productivos y sociales. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Mar del Plata. (en elaboración)
- Herrero, M., Grace, D., et al. (2013) “The roles of livestock in developing countries” *Animals*. Elsevier, pp. 3–
- IPCC. (2007). Agriculture. In *Climate change 2007: Mitigation. Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson, K.A., M. Huyler, H. Westberg, B. Lamb, and P. Zimmerman (1994) “Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulphur hexafluoride tracer technique” *Environ. Sci. Technol.* 28:359–362.
- Keeling L., Tunón H., Olmos Antillón G., Berg Ch., Jones M., Stuardo L., Swanson J., Wallenbeck A., Winckler Ch., Blokhuis H. (2019) “Animal Welfare and the United Nations Sustainable Development Goals” *Frontiers in Veterinary Science* 6, p 1-12-336.
- Lal, R. (2004) “Carbon sequestration in dryland ecosystems” *Environ. Manage.* 33, 528–544.
- McCarthy, N., Lipper, L., & Branca, G. (2011). *Climate-smart agriculture: smallholder adoption and implications for climate change adaptation and mitigation. Mitigation of Climate Change in Agriculture Series 4*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Mellor, D.J., Stafford, K.J. (2004) “Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals” *The Veterinary Journal* 168(2): 118-133
- Mellor, D.J.; Beausoleil, N.J.; Littlewood, K.E.; McLean, A.N.; McGreevy, P.D.; Jones, B.; Wilkins, C. (2020) “The Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare” *Animals* 2020, 10, 1870.

- 
- Nagothu, S. N., Kolberg S., and Stirling, C M. (2016) “Climate smart agriculture. Is this the new paradigm of agricultural development?” In S. N. Nagothu (Ed.), *Climate change and agricultural development: Improving resilience through climate smart agriculture, agroecology and conservation* (pp. 1–20). Oxon: Routledge.
- Neufeldt, H., Jahn, M., Campbell, B. M., Beddington, J. R., DeClerck, F., De Pinto, A., Zougmore, R. (2013) “Beyond climate-smart agriculture: Toward safe operating spaces for global food systems” *Agriculture and Food Security*, 2(12), 1–6.
- Nowak, A. C., Lizarazo, M., Imbach, P., Halliday, A., Zavariz-Romero, B., Prasodjo, R., Bucher, A. (2014) “Climate-Smart Agriculture in Argentina” *CSA Country Profiles for Latin America*.
- Paranhos da Costa, M.J.R. (2010) “Bienestar animal y sistemas sostenibles para la producción ganadera” *Sitio Argentino de Producción Animal, 6° Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal*.
- Paranhos da Costa, M.J.R.; Huertas, S.M.; Gallo, C.; Dalla Costa, O.A. (2012) “Strategies to promote farm animal welfare in Latin America and their effects on carcass and meat quality traits” *Meat Science*, 92: 221-222.
- Peri, P. L., Bahamonde, H. & Christiansen, R. (2015) “Soil respiration in Patagonian semiarid grasslands under contrasting environmental and use conditions” *J. Arid Environ.* 119, 1–8.
- Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Travasso, M. I. (2014) “Food security and food production systems” In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, L. L. White (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects* (pp. 485–533). Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ravuvu, A. et al. (2018) “Protocol to monitor trade agreement food- related aspects: The Fiji case study” *Health Promotion International*, 33(5), pp. 887–900.
- Smith, P. (2020) “Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification?” *Glob. Chang. Biol.* 26, 1532–1575.
- Soussana, J. F., T. Tallec, and V. Blanfort. 2010. “Mitigating the Greenhouse Gas Balance of Ruminant Production Systems through Carbon Sequestration in Grasslands.” *Animal* 4(03): 334–50.

- 
- Thornton, P. K. (2010) “Livestock production: Recent trends, future prospects”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society, pp. 2853–2867.
- Thow, A. M. et al. (2017) “Food supply, nutrition and trade policy: Reversal of an import ban on Turkey tails” *Bulletin of the World Health Organization*, 95(10), pp. 723–725.
- UNDP. (2013). Human Development Report 2013. The rise of the south: Human progress in a diverse world. New York, USA: United Nations Development Programme.
- Van Oost K y Six J. (2023). Reconciling the paradox of soil organic carbon erosion by water. *Biogeosciences*, 20(3): 635-646.
- Water, A. 2018. “Are we really willing to sacrifice our high farm animal welfare?” *Veterinary Record*, 181: 126.
- Wiedemann, S. G., Ledgard, S. F., Henry, B. K., Yan, M. J., Mao, N., & Russell, S. J. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20, 463-476.
- WB. (2010). Agriculture must play key role in climate solutions. Washington, DC: Author. Retrieved October 10, 2016.
- Zubieta, Á. S., Savian, J. V., de Souza Filho, W., Wallau, M. O., Gómez, A. M., Bindelle, J., & de Faccio Carvalho, P. C. (2021) “Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems?” *Science of the Total Environment*, 75

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES





Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)