

Plataforma de innovación para la Sustentabilidad de Sistemas Ganaderos Familiares en Uruguay y Argentina

Informe Final

Pablo Soca

Andrea Ruggia

Sonia B. Canavelli

Pablo Tittonell

2020





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Pablo Soca, Andrea Ruggia, Sonia B. Canavelli, Pablo Tittone

Copyright © 2020 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

Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop W0502
Washington, D.C., 20577



Tabla de Contenidos

Abstract / Resumen	2
Introducción	5
Objetivos	7
Metodología	8
Resultados	10
Discusión	40
Conclusiones	47
Referencias Bibliográficas	49
Publicaciones del Proyecto	56
Anexo Metodológico	61
Instituciones participantes	82



Abstract / Resumen

Los pastizales del Bioma Pampas constituyen la base de la competitividad y de servicios ecosistémicos (SE) de la ganadería de carne en el Cono Sur. En este Bioma, los sistemas ganaderos, y en especial los sistemas ganaderos familiares (SGF), se caracterizan por una elevada intensidad de pastoreo (IP) que limita la producción de forraje, su utilización y el consumo de energía por los animales, que explican los bajos resultados productivos y económicos, y limitada adaptación a la variabilidad climática-económica. Es decir, está comprometida la sostenibilidad de estos sistemas. Desde una perspectiva agroecológica, propusimos orientar el manejo de pastoreo del pastizal en base al control espacio-temporal de la IP, basado en decisiones estratégicas (incrementos en los niveles de oferta de forraje y cambios en el grupo genético vacuno) y tácticas (asignación de forraje en base a la condición corporal y altura de forraje, control de la época y duración de entore, destete definitivo en Marzo y el empleo a inicio de entore del destete temporario y flushing), con el objetivo de mejorar el resultado económico de los SGF de Uruguay y Argentina en un 20 % como mínimo, acoplando aspectos de conservación de diversidad biológica y SE del pastizal a escala predial. Para facilitar los cambios requeridos por este enfoque, propusimos una plataforma interinstitucional e interdisciplinaria donde “dialogan” experimentos de pastoreo con trabajos de investigación a escala predial y análisis de sistemas donde se desarrollan modelos de simulación y procesos de co-innovación. Esta plataforma permitió: a) cuantificar la estructura, niveles de producción y prácticas tecnológicas de 250 y 50 SGF de Uruguay y Entre Ríos (Argentina) respectivamente; b) cuantificar la asociación entre IP, producción de carne e ingreso neto con la diversidad de especies gramíneas forrajeras, erosión y calidad de suelo, y dinámica de especies de aves especialistas del hábitat del pastizal, y emisiones de NO₂ y stock de C en el suelo en campo natural manejado con diferentes accesibilidades que simulan alta y media IP; c) implementar procesos de co-innovación en 27 predios ganaderos familiares en Uruguay y 10 en Argentina, con el fin de reducir la brecha tecnológica y económica entre la investigación analítica y los resultados físicos y económicos de SGF. Los resultados obtenidos confirman que los SGF de la región son manejado con una muy baja oferta forrajera (OF=2 kgMS/kgPV) /muy alta IP (6 kgPV/kgMS), que explica los limitados indicadores reproductivos y productivos registrados y el reducido ingreso neto que condiciona su sostenibilidad además que los torna muy sensibles a escenarios de variabilidad climática y económica. A nivel experimental, en tanto, encontramos que pequeños cambios de altura y/o cantidad de forraje provocados por incremento de la OF entre 2.5 y 5 kgMS/kgPV mejoraron un 30% la producción de carne por unidad de superficie de vacas primíparas en pastoreo de campo natural. Estas mejoras, fueron explicadas por cambios en el consumo de forraje durante otoño, en los niveles de IGF1 y en la partición de la energía del rodeo durante el postparto, cuando se emplearon técnicas como el destete temporario y flushing. Cuando se mejoraron los niveles de OF entre 4 y 7 kg /Kg, durante 1 de los 3 años evaluados, se produjo incrementos en los niveles de producción de carne vacuna por hectárea, lo cual podría ser explicado por mejoras del peso al destete en AO asociado a promoción de la heterogeneidad en cantidad y cambios en la conducta en pastoreo como mayor alternancia pastoreo-rumia-descanso y reducción en la tasa de bocado, sin modificaciones en el tiempo diario destinado al pastoreo. En alta OF se encontró una estrategia de pastoreo que incrementa la selectividad y el consumo diario de nutrientes en base a mezcla de TFP y especies.

Por otro lado, encontramos que la elevada IP (baja OF) con la cual son manejados los SGF de la región no se asoció a cambios en la diversidad de gramíneas forrajeras de pastizal, lo cual, confiere plasticidad al pastizal natural sometido a elevada IP. No obstante, en predios con elevados niveles



de IP se identificaron problemas de erosión y deterioro en la calidad del suelo, menor frecuencia aves especialistas de hábitat de pastizal y mayor frecuencia de aves no especialistas, asociado a las características de menor cobertura y altura del forraje en esos predios. En consecuencia, las aves de pastizal y sabana serían buenas indicadores de predios con baja intensidad de pastoreo y menor presencia de leñosas. Estos resultados confirman que los SGF también se encuentran distantes del potencial de provisión de servicios ecosistémicos (SE), incluyendo el control de la erosión del suelo y la conservación de la biodiversidad. Parte de la información generada pudo vincularse con modelos conceptuales y de simulación elaborados o validados durante el proyecto para cuantificar la PPNA y consumo de vacunos a pastoreo y las relaciones entre IP y provisión de SE. Estos modelos permitieron integrar la información analítica en subrutinas de modelación, de manera de contribuir a mejorar la propuesta de intensificación ecológica de la ganadería de SGF que participan en co-innovación.

Las propuestas de mejora en base a la intensificación ecológica serían comunes a ambos países, dado que la línea de base de los predios en co-innovación de Uruguay (n = 27) y los evaluados en Argentina (n = 28) fue muy similar entre ambos países, estando caracterizada por una limitada productividad, ingreso neto y escasa gestión de los recursos naturales. En Uruguay, donde se pudo completar el proceso de caracterización, diagnóstico y rediseño de los SGF permitió concluir que la co-innovación mejoró un 40 % el ingreso neto, valor superior al propuesto inicialmente por el proyecto. Dichas mejoras, se obtuvieron por incrementos de la producción de carne vacuna (PCV) utilizando mejor los recursos disponibles sin mayores cambios en los costos de producción. El incremento en el porcentaje y peso del destete del rodeo de cría contribuyeron a explicar las mejoras en PCV. Los niveles de OF de SGF que participan en la co-innovación (CO, 4.5- 6 kg MS/KgPV) y los que no lo hicieron (NOCO, 2-3 kgMS/kg PV), resultaron idénticas a las evaluadas en los experimentos de pastoreo y contribuyen a explicar que los predios en CO duplican la producción de carne y el ingreso neto y presentaron superior resiliencia cuando ocurrieron perturbaciones climáticas entre años. Estos resultados son fundamentales para promover procesos de co-innovación en la región dado que, cuando los SGF fueron tipificados en base a la gestión espacio-temporal del pastoreo, los calificados como “gestores” produjeron 30% más de carne vacuna por hectárea que los “no-gestores”, indicando la relevancia de la gestión del pastoreo en el proceso de transformación de energía a escala predial. Los “gestores” también mostraron un Índice de prácticas aplicadas a la cría superior a los “no-gestores”.

Finalmente, el proyecto contribuyó a generar herramientas virtuales con potencial para mejorar la toma de decisiones sobre la intensidad de pastoreo en SGF de Argentina y Uruguay. La misma está disponible en un sitio Web, y puede utilizarse para estimar la producción primaria neta aérea de los pastizales en los predios involucrados en el proyecto (<https://agroshiny.shinyapps.io/FONTAGRO/>). Otra herramienta, cuyo desarrollo comenzó en el proyecto, se orienta a cuantificar, en base a imágenes e inteligencia artificial, los niveles de arbustización en los pastizales de Entre Ríos (Argentina). La arbustización es una de las resultantes de elevadas IP y carga animal, y la no gestión del pastizal, vinculándose con problemas de erosión, infiltración, incrementos de la emisión de NO₂ y reducción en el stock de C.

En conclusión, la plataforma generó información para mejorar la ruta de cambio técnico de la intensificación ecológica de la ganadería del Bioma Pampas a través de un nuevo ecosistema donde los experimentos analíticos, modelo de simulación y análisis de sistemas se retroalimentan en base a un grupo de investigación-productores y técnicos de campo trabajando en interdisciplina. Es necesario, en una próxima etapa, desarrollar una estrategia de apoyo a los SGF basada en fortalecimiento de capacidades y gestión del conocimiento sobre los recursos naturales y su manejo en sistemas de producción ganadera familiar, a fin de contribuir para reducir la brecha



de rendimiento de los SGF mediante una intensificación ecológica y mejorar la contribución ambiental de estos sistemas a nivel regional. Esto alienta el fortalecimiento de la plataforma de innovación generada en este proyecto, con múltiples beneficios, tanto para los productores como para los equipos técnicos involucrados.

Palabras Clave:

Coinovación, Ganadería Familiar, Sostenibilidad , Resultado económico, Servicios ecosistémicos.



Introducción

Los sistemas ganaderos sobre campo natural son la principal actividad económica y social del agro en Uruguay y Provincia de Entre Ríos, Argentina. En su mayoría (60%) son definidos como familiares (Piñeiro, 1985) orientados a la cría vacuna donde el campo natural constituye el 90% por ciento del recurso forrajero. El campo natural también proporciona servicios ecosistémicos como: secuestro de carbono, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mantenimiento de la biodiversidad vegetal y animal, la regulación del agua y la dinámica de nutrientes, y la preservación del suelo frente a la erosión (Sala y Paruelo, 1997). Durante las últimas tres décadas, con objeto de intensificar la producción de alimentos con destino humano, dichos sistemas han sufrido incrementos de la carga animal y expansión de cultivos (forestales y soja). Estos cambios, han afectado a la biodiversidad y al paisaje, provocando sobrepastoreo, degradación de los pastizales, fragmentación, erosión, contaminación del agua (Herrera et al, 2014; Gazzano y Ackar, 2014) estimados en una reducción en calidad de suelo de hasta un 50% en Argentina y Cono Sur (Wingeyer et al., 2015).

En Uruguay y Entre Ríos, Argentina, la producción de carne y el porcentaje de parición promedio sobre campo natural resultaron inferiores al potencial – 70 kg de carne/ha/año frente a 300 kg de peso vivo/ha/año (Nabinger et al., 2011) y tasas de parición - 63% en promedio de los últimos 10 años para Uruguay (MGAP, 2010) versus el 80-85 % alcanzable (Soca et al, 2007). Estos indicadores, son explicados por el bajo consumo de energía que determina el balance energético negativo (BEN), la pobre condición corporal (CC) al parto, largo período de anestro posparto, baja probabilidad de preñez, de peso vivo de terneros al destete (150 kilos) y vacas de descarte (350 kilos). Dichos resultados, conforman una ganadería familiar sobre campo natural de pobre resultado económico, vulnerable a cambios climáticos-económicos y reducida sustentabilidad.

La carga animal es la principal variable de manejo que controla el BEN dado su incidencia en el consumo de energía y en la producción de forraje que modifica la relación Peso vivo/cantidad de forraje (intensidad de pastoreo) (Sollenberger et al, 2005). La oferta de forraje, definida como los kg de materia seca (MS) por cada kg PV (Sollenberger et al., 2005) sería la principal herramienta para controlar la intensidad de pastoreo e incrementar la productividad del ecosistema campo natural (Nabinger et al, 2011). Dichos argumentos fundamentaron la investigación de nuestro grupo, donde evaluamos el efecto de modificar de baja a alta (2.5 vs.4 kg MS/kgPV) la oferta de forraje promedio anual sobre la productividad del campo natural con cría vacuna. La mejora en la oferta de forraje permitió incrementar la cantidad y producción de forraje y carne (63% 21% y 50% respectivamente) sin reducir la carga animal (Carriquiry et al., 2013; Soca et al., 2013a). Dichas mejoras, incrementan el ingreso neto porque aumentan la producción por hectárea y mantienen el costo por kilo de carne producida permitiendo proponer la construcción de una plataforma de innovación para mejorar la producción física, ingreso económico y sustentabilidad de ganadería familiar.

La gestión de la oferta de forraje promedio constituye una primera aproximación predial a nuevos modelos de gestión del campo natural (Cardozo et al, 2015). Su aplicación en predios comerciales estimula la defoliación selectiva y genera distintos parches de vegetación, que podría beneficiar



la diversidad de plantas, artrópodos y aves (Marino et al 2013). No obstante, está faltando vincular la intensidad de pastoreo con la distribución espacio temporal de atributos del forraje que afectan el flujo de energía, nutrientes y diversidad del campo natural, para poder comprender cabalmente las relaciones entre estos factores en ambientes heterogéneos (Componente 1). Esto fundamenta, el estudio del patrón espacio temporal de pastoreo, balance de energía e indicadores de biodiversidad y tipos funcionales de plantas (Lezana et. al 2015). (Componente 1). Este enfoque resultaría difícil y costoso de ser llevado a cabo sólo con investigación analítica, lo que justifica el empleo de modelos de simulación (Componente 2) (Dogliotti et al, 2013). Estos modelos permitirán integrar la información obtenida y explorar el impacto de la aplicación de diferentes estrategias sobre los resultados productivo-económicos y ambientales, así como relaciones de compromiso entre productividad y ambiente.

Si consideramos a la innovación como una propiedad emergente de un sistema de interacciones sociales y técnicas (Rölliing, 2010) el análisis y rediseño de sistemas de producción requiere un abordaje sistémico, interdisciplinario y participativo (Dogliotti et al., 2013; Briske, et al., 2011). Para lograr innovación en estos sistemas, se trabajará con productores ganaderos representativos, aplicando la co-innovación, por ser un enfoque participativo de investigación y desarrollo, que combina tres dominios: enfoque de sistemas (complejos), el aprendizaje social de todos los actores involucrados, y el monitoreo dinámico de sistemas (Rossing et al., 2010)

Por ende, no disponemos de modelos de gestión de la intensidad de pastoreo a diversas escalas como predio y región que, además, integren dimensiones económicas y ambientales. Este proyecto se propone desarrollar un sistema de soporte a las decisiones sobre gestión de la carga animal que permita acoplar economía y ambiente a escala de predio y paisaje. La principal hipótesis propone que es posible mejorar la gestión de la carga animal del campo natural de manera de acoplar el incremento del ingreso físico-económico y desempeño ambiental. Esto contribuirá a resolver los problemas de distribución del pastoreo y el desempeño ambiental, mejorará el ingreso económico y reducirá la vulnerabilidad de los productores ganaderos familiares, lo cual contribuirá a viabilizar la producción ganadera familiar en Uruguay y Argentina (particularmente, la provincia de Entre Ríos). Para poner a prueba esta hipótesis se propone conformar una plataforma de innovación interdisciplinaria e interinstitucional que funcionará en base a 4 componentes: 1) Cuantificación experimental y predial de los cambios en el patrón de pastoreo, balance de energía, tipos funcionales de plantas y diversidad funcional de parcelas y predios comerciales sometidos a cambios en la oferta de forraje a escala de parcela y predio comercial. 2) Empleo de modelos matemáticos para estudiar el efecto de cambios en la oferta de forraje sobre los procesos que controlan la producción primaria, secundaria, eficiencia de uso de la energía y diversidad del campo natural en ganaderos familiares. 3) Aplicación de un enfoque de co-innovación, 4) La gestión de la plataforma de innovación, que implica coordinar un grupo de científicos, agentes de desarrollo público y no gubernamental y organizaciones de productores que llevarán a cabo análisis y síntesis de información proveniente de experimentos de pastoreo, registros físicos, económicos y ambientales de predios ganaderos, el empleo de modelos de simulación y trabajos de co-innovación en sistemas ganaderos familiares.

La creación de una plataforma de innovación entre científicos, técnicos de campo, productores ganaderos y el ministerio para mejorar la sustentabilidad de sistemas ganaderos familiares con base en modelos de gestión del campo natural, constituye un aspecto relevante. Se espera mejorar resultado económico, desempeño ambiental, la adaptación a la variabilidad climática e y la integración a la industria de la carne de ganaderos familiares. Se prevé contribuir al debate sobre el cómo aumentar la producción proveniente de sistemas ganaderos familiares.



El área de influencia será el Basalto y Sierras del Este (Uruguay) y sur de la Provincia de Entre Ríos (Argentina). Se trata de 3500 y 10000 productores familiares que ocupan 1 y 2 millones de hectáreas de campo natural respectivamente. También podría ser empleada en proyectos de desarrollo de 20 millones de hectáreas de campo natural en Uruguay y Argentina.

La colección y procesamiento de la información de experimentos de pastoreo y registros prediales permitirán obtener funciones para ser incluidas en el modelo de simulación e incorporar las relaciones entre intensidad de pastoreo con proporción de tipos funcionales de plantas, balance de energía de los vacunos y biodiversidad. Esto apoyará el análisis y rediseño de sistemas ganaderos familiares, la interpretación de los modelos de gestión del campo natural y las trayectorias productivas y ambientales que los ganaderos recorren cuando co-innovan. De esta manera, se espera potenciar el modelo de investigación vigente, la integración de instituciones de investigación, docencia, política agropecuaria y mejorar el desempeño social, económico y ambiental de productores ganaderos familiares en Argentina y Uruguay en su contexto actual de disponibilidad de recursos, acceso a tierra y mercados. Esta articulación de academia, ganaderos y formuladores de política permitirá trabajar simultáneamente a diversas escalas espaciales con un activo diálogo entre la experimentación analítica, la simulación matemática y la co-innovación de sistemas ganaderos. Esto permitirá desarrollar un nuevo modelo conceptual sobre la gestión de la intensidad de pastoreo del campo natural en predios y paisajes, de manera de establecer sinergia entre la economía, biodiversidad y sustentabilidad de sistemas ganaderos familiares ubicados en Basalto y Sierra del Este de Uruguay, y el Litoral Sur en Argentina.

Objetivos

Fin: Mejorar la sustentabilidad de sistemas ganaderos familiares en campo natural.

Propósito: Mejorar en 40% resultado físico-económico y acoplar la producción, biodiversidad y sustentabilidad de ganaderos familiares de Uruguay y Argentina.

Componentes del proyecto:

1. Cuantificación experimental de beneficios productivos y ambientales del manejo de la intensidad de pastoreo
2. Modelación predial y de paisaje de las relaciones entre intensidad de pastoreo, producción secundaria, resultado económico, biodiversidad y desempeño ambiental de ganaderos familiares
3. Co-Innovación en predios ganaderos familiares
4. Articulación internacional e interinstitucional



Metodología

La principal hipótesis propuesta en el proyecto fue que es posible incrementar el ingreso físico-económico y desempeño ambiental mediante la mejora de la gestión de la carga animal del campo natural. Para poner a prueba esta hipótesis, se planteó una plataforma en la que se articularon experimentos con evaluaciones prediales y modelos matemáticos, plasmados en cuatro componentes:

Componente 1) Cuantificación experimental de beneficios productivos y ambientales del manejo de la intensidad de pastoreo

En Uruguay, se llevaron a cabo experimentos de pastoreo en las regiones de Basalto y Noreste, donde se evaluó el efecto de incrementar la oferta de forraje (OF) entre 2.5- 5 y 5-8 kg MS/kgPV respectivamente sobre la producción de carne vacuna por hectárea, la cantidad de forraje, el balance de energía y los patrones de movimiento animal (Claramunt et al, 2018; Do Carmo et al. 2018). Se cuantificaron los kilogramos de ternero destetado por vaca, la cantidad y composición química del forraje y la condición corporal del rodeo. Además, se estimaron el consumo de forraje y los niveles de hormonas metabólicas asociadas a la partición de energía de vacunos a pastoreo; la conducta en pastoreo a lo largo del día (pastoreo, descanso-rumia, y caminata), sesión de pastoreo (tasa de bocados, parches y estaciones de alimentación) y los patrones de movimiento diario durante el periodo lactancia-gestación temprana y tardía. Paralelamente, en 28 predios ganaderos familiares del norte de Entre Ríos (Argentina) se estimó la intensidad de pastoreo (IP, kg PV/kg MS) mediante la carga ganadera (kg PV/ha) y el forraje disponible (FD, kg MS/ha). También se estimó la productividad primaria neta aérea (PPNA) mediante imágenes espectrales calibradas con jaulas móviles. En estos predios, se exploró la vinculación entre la IP y la composición funcional de las plantas forrajeras del campo natural, y la presencia y diversidad de aves silvestres en relación a la estructura de vegetación. Finalmente, se exploró la relación entre variables de calidad de suelo y stock de carbono con la altura de los pastos en los sitios evaluados (como indicador local vinculado al IP en el predio), y emisión de gases efecto invernadero (óxido nitroso) a nivel local (es decir, decir, dentro de un mismo predio) con condiciones ambientales contrastantes.

Componente 2) Modelación de las relaciones intensidad de pastoreo producción física, resultado económico, biodiversidad y desempeño ambiental a escala predial y de paisaje

En este componente, se desarrolló un modelo de simulación que permite cuantificar el impacto de gestionar los sistemas ganaderos con diferentes intensidades de pastoreo, y la resiliencia de los mismos frente a cambios en precipitaciones. Y se validaron ecuaciones matemáticas de los componentes de un sistema ganadero familiar para estimar resultado físico y económico, utilizando la información experimental generada en el marco de este proyecto. Por otro lado, se construyó un modelo conceptual de funcionamiento del sistema, basado en modelos acoplados personas-naturaleza (coupled human-nature systems), que permitieron poner a prueba hipótesis relaciones específicas entre variables biofísicas, productivas y económicas. Finalmente, se desarrollaron protocolos de análisis automatizados para caracterizar el paisaje de los predios ganaderos familiares, delimitando ambientes en base al porcentaje de cobertura arbórea



identificada por interpretación visual a partir de Google Earth e imágenes satelitales, clasificadas de manera automática.

Componente 3) Co-Innovación en predios ganaderos familiares

En este componente, se realizaron encuestas para identificar la línea de base (LB) y cuantificar la estructura, gestión y resultado productivo de SGF en Basalto y Sierras del Este, Uruguay (n = 250), y Entre Ríos, Argentina (n = 55). En Uruguay, los productores fueron seleccionados por muestreo de la población del Censo General Agropecuario (año 2011), de acuerdo a ubicación, percepción de beneficios de la política pública, y nivel de carga animal total. En Entre Ríos (Argentina), los productores encuestados fueron seleccionados en base a un listado inicial de productores ganaderos conocidos por extensionistas de INTA de la región (AER La Paz y AER Feliciano, n=255 productores ganaderos). Posteriormente, en ambos países, se realizó una tipificación de SGF a partir de la información del uso espacio-temporal de los potreros, las técnicas de manejo empleadas en la cría vacuna y los niveles de carga animal, definidos por Paparamborda (2017). La relación entre los modelos de gestión y Producción de Carne Vacuna (PCV ha⁻¹) se analizó mediante ANOVA. Paralelamente, se desarrollaron procesos de co-innovación en 14 SGF de Sierras del Este y 13 de Basalto (Uruguay), los cuáles fueron llevados adelante por dos técnicos extensionistas coordinados por el equipo de profesionales de Fagro (UDELAR, Uruguay). En la caracterización, se reconstruyeron los indicadores productivos y económico de tres ejercicios agrícolas previos a inicio del proyecto y se estableció la línea de base (LB), la cual, orientó el diagnóstico y la propuesta de rediseño predial. Los cambios que ocurrieron durante la co-innovación, fueron analizados como estudios de caso. La comparación entre la línea de base (LB) y el proceso de co-innovación (CO) para variables de estructura, gestión y resultados productivos se resumieron en estadísticas descriptivas y se compararon mediante ANOVA. Los modelos que mejor explicaron el Ingreso neto y la producción de carne vacuna, ovina y lana se estudiaron mediante el stepwise (JMP; Statistics and Graphics Guide, Release 8, 2008). Finalmente, se exploraron relaciones entre las decisiones y la trayectoria física, económica y ambiental predial en SGF que representan: 1) no participación en co-innovación (SGF1), 2) reciente participación (SGF2) y 3) participación a largo plazo (SGF3, Dupuy et al. 2019). En Argentina, en tanto, se avanzó con la etapa de caracterización de la línea de base (LB) detallada en 10 de los 28 predios estudiados, y se exploraron con métodos multivariados las relaciones entre los tipos de productores identificados inicialmente y los resultados físicos, económicos y ambientales obtenidos.

Componente 4) Articulación internacional e interinstitucional

En este componente, se promovieron y llevaron a cabo actividades conjuntas entre los integrantes de la Plataforma, para favorecer la sinergia entre visiones e instituciones. Entre ellas, se incluyeron intercambios de protocolos de investigación, información y publicaciones conjuntas, participación en proyectos de desarrollo de políticas agrícolas, interacción con productores, decisores de políticas públicas y productores ganaderos.

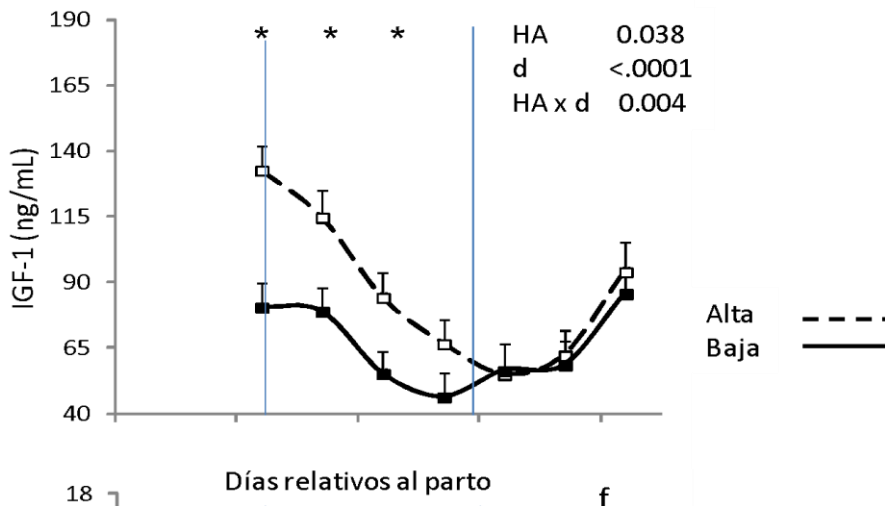


Resultados

Cuantificación experimental de beneficios productivos y ambientales del manejo de la intensidad de pastoreo

El aumento en la oferta de forraje de 2.5 (BO) a 4 (AO) kgMS/kgPV en pastizales de región de Basalto Uruguay mejoró la producción de carne por hectárea en base a incrementos en la producción de carne por vaca (Claramunt et al, 2018). Las vacas en AO tuvieron mayor porcentaje de preñez (88 vs 59 ± 0.07 %; P=0.01) y peso de los terneros ajustados a los 205 días (194 vs 175 ± 16 kg; P < 0.05) que vacas de BO.

La AO mejoró las concentraciones de la hormona insulina, el consumo de forraje y la condición corporal (BCS) de las vacas en otoño, pero no en otras estaciones. Durante invierno, cuando las vacas experimentan las mayores pérdidas de BCS en Campos las concentraciones de IGF-1 fueron mayores en AO asociado a mayor BCS (Gráfica1).



Gráfica 1. Concentraciones de IGF-1 en el período -90 a 65 días relativos al parto para alta y baja oferta de forraje. Asteriscos indican diferencias entre tratamientos P < 0.05.

Las concentraciones de IGF-1 durante el invierno se asociaron positivamente a un aumento de la proporción de vacas que ovularon temprano en el postparto (0.94 vs. 0.75; P = 0.125) lo que contribuye a explicar el efecto del aumento de OF sobre el porcentaje de preñez (Do Carmo et al. 2018; Claramunt et al. 2018).

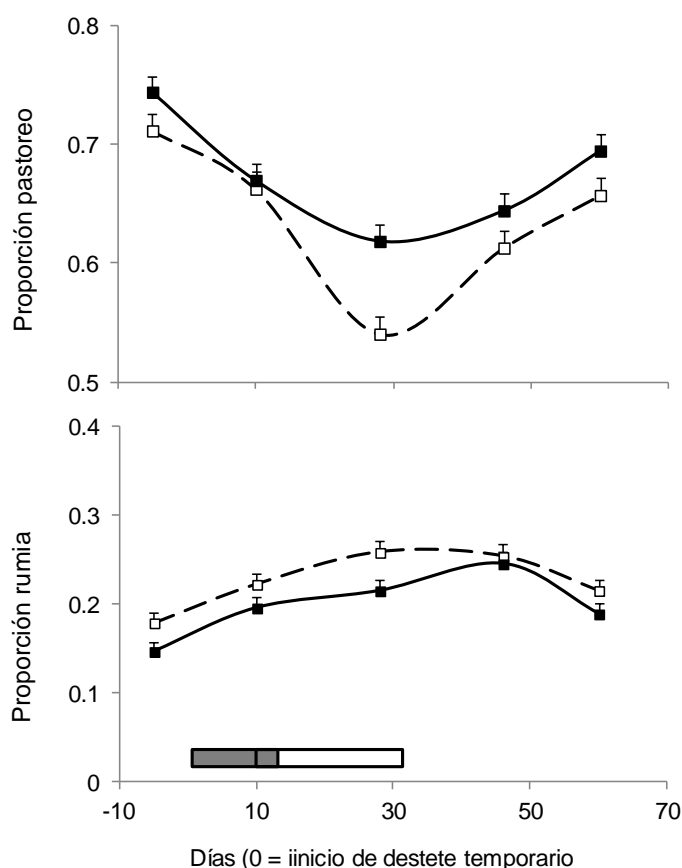
Estos resultados, confirman que el cambio en la nutrición energética de la vaca en otoño puede ser gestionada en base al manejo de la OF de campo natural y “controlan” la respuesta reproductiva que ocurre seis meses después. Las estimaciones de consumo de energía y los perfiles de insulina, IGF-1 indican que las diferencias en consumo de forraje serían reducidas, pero generaron señales que mejoraron significativamente los niveles de preñez, mejorando la producción de carne y eficiencia de uso del forraje (Do Carmo et al. 2016).

Los niveles de OF modularon la probabilidad de preñez en vacas cuando recibieron destete temporario y flushing. Esto confirma que el DT y flushing resultan técnicas de alto impacto por los niveles de preñez temprana obtenidos en ambas OF (68 y 55% en AO y BO respectivamente) y



preñez final obtenido en AO (88%), no obstante, no permitió lograr altos % de preñez en vacas de BO (59%). La trayectoria de BCS en otoño e invierno y las menores concentraciones de IGF-1 en BO (Gráfica 1) serían indicativas de un umbral donde vacas primíparas tiene baja probabilidad de preñarse cuando se aplica destete temporario y flushing. El incremento que provoca el destete temporario y flushing en las concentraciones de IGF-1 tendió a ser mayor en vacas de AO; sin embargo, las concentraciones de IGF-1 en este período no estuvieron asociadas a la respuesta reproductiva.

También cuando se aplicó destete temporario y flushing: se redujo el tiempo de pastoreo, pero la reducción fue mayor en vacas en AO, mientras que el tiempo destinado a rumia fue mayor ($P = 0.01$; Gráfica 2). Esta modificación en la estrategia de pastoreo puede asociarse con mejoras del consumo y la selectividad (Da Trindade et al. 2016) y menor gasto de energía (Caton y Dhuyveter 1996) y de esa manera contribuir a un mejor balance de energía de la vaca.



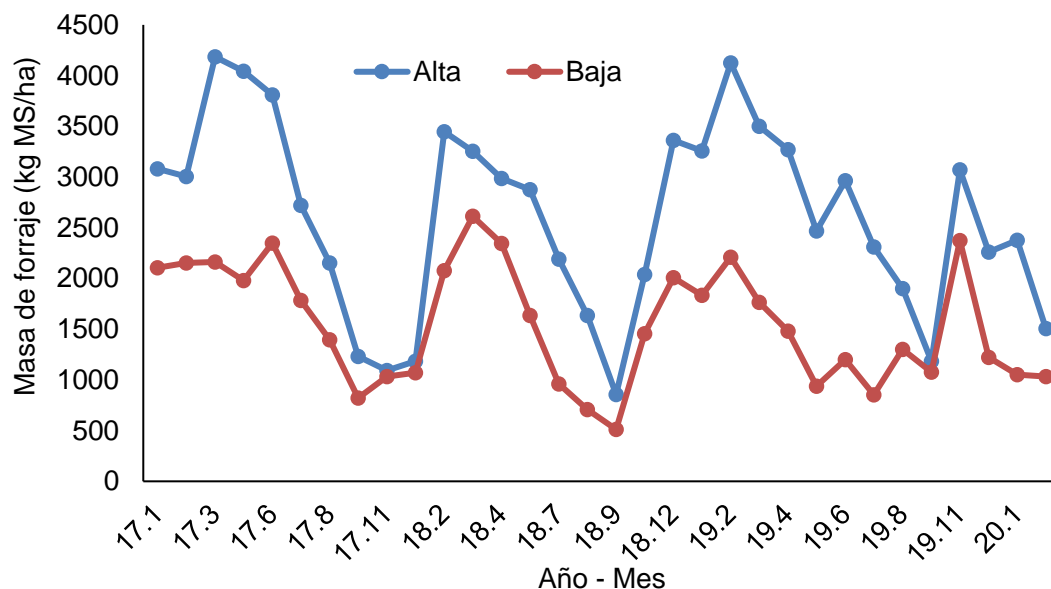
Gráfica 2. Proporción del tiempo diurno dedicado a pastoreo y rumia para alta y baja oferta de forraje, antes durante y después de aplicado el destete temporario y flushing. Barra gris y blanca indican período de destete temporario y flushing respectivamente. Línea continua y discontinua para Alta y Baja OF respectivamente.

El peso del ternero fue mayor en AO comparado con BO, no obstante, el mayor peso del ternero no se asoció a una mayor producción de leche o mejor estatus metabólico postparto de la vaca.

El aumento de la oferta de forraje promedio anual OF de 4 y 7 kgMS/kgPV mejoró la masa de forraje promedio ($P < 0.05$; AO 2910 vs BO 1790 ± 163 kgMS/hectárea) mientras que no se modificaron ($P = 0.8$) entre tratamientos los niveles de carga animal promedio (417 vs 413 ± 19 kg de PV/ha Alta y Baja respectivamente). El protocolo implementado con niveles de 4 y 7 kgMS/kgPV y cambios estacionales de OF, tuvo como objetivo acelerar el incremento de la masa de forraje en

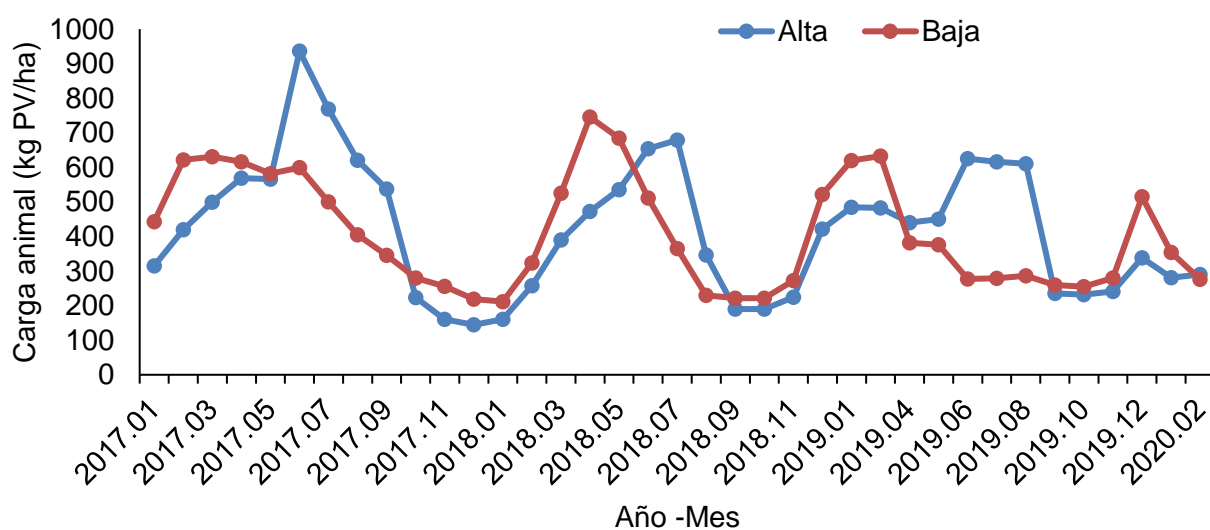


primavera, para mejorar la estructura del campo natural capaz de producir forraje, y utilizar durante otoño e invierno la masa de forraje acumulada. En este sentido, en ambas OF, se obtuvo un incremento en la masa de forraje desde primavera hasta fines de verano donde se alcanzaron los máximos valores de masa de forraje. Dicho incremento fue superior en AO ($P < 0.01$; Gráfica 3).



Gráfica 3. Cantidad de forraje (kgMS/hectárea) para alta y baja oferta de forraje en el período enero 2017 - enero 2020.

Durante la primavera no se registraron diferencias en los niveles de carga animal (Gráfica 4). La masa de forraje alcanzó sus mínimos valores a fines de invierno explicado por los niveles bajos de OF objetivo (4 kg MS/kg PV) durante invierno y el limitado crecimiento de forraje.



Gráfica 4. Carga animal (kgPV/hectárea) para alta y baja oferta de forraje en el período abril 2015- enero 2020.



El peso vivo (460 vs 446 ± 9 kilogramos) y la condición corporal (4,1 vs 4,1 ± 0,05) de las vacas no fueron afectadas por la OF. Estos resultados no reflejan la mayor OF y masa de forraje en el tratamiento de AO, lo que puede ser explicado por ausencia de limitantes al consumo de forraje por la estructura del forraje generada en BO, en particular en períodos como otoño donde la prioridad es la acumulación de reservas o “señales metabólicas” para atenuar los períodos balance de energía negativo de invierno y primavera temprana.

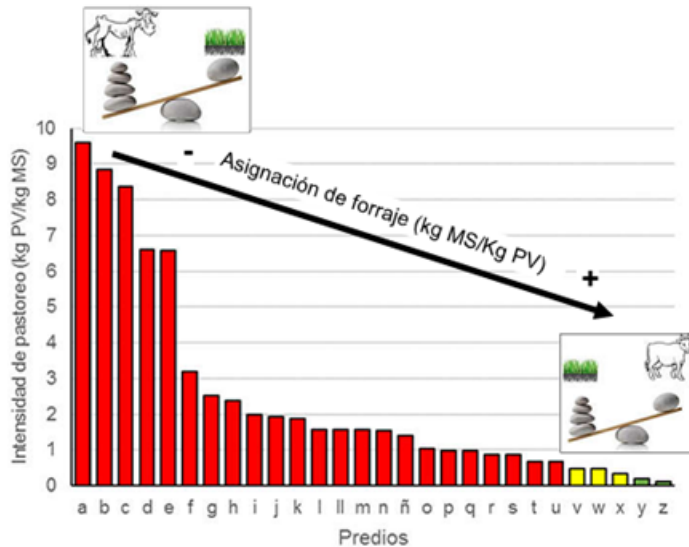
El peso del ternero al destete fue afectado por la interacción oferta de forraje y año ($P < 0.05$). El peso del ternero al destete no difirió entre AOF y BOF en 2017-18 (168 días promedio, 172 kg) y 2018-19 (187 días promedio, 197 ± 9 kg), pero el peso del ternero al destete fue mayor en Alta OF comparado con Baja OF en 2019-20 (167 días promedio; 172 vs 154 ± 7 kg; $P < 0.05$, o ajustado a 210 días de edad resultó de 215 vs 194 kg/ternero en Alta y Baja respectivamente). Los resultados del peso del ternero al destete apoyan la hipótesis de que la masa de forraje no limitó el consumo de forraje durante primavera-verano y por esa razón los pesos del ternero al destete resultaron similares en 2 de los 3 años evaluados.

La oferta de forraje de 7 kgMS/kgPV mantuvo similares valores de carga animal, BCS, PV y peso del ternero que OF 4 kgMS/kgPV para 2 de 3 años y resultaría en niveles similares de producción por vaca y por área, mientras que en un año los niveles de producción por ha en AOF fueron superiores (194 vs 177 kg de ternero/vaca/ha ajustado a 210 días con similares niveles de caga animal de 405 kgPV/ha kgPV/ha).

Los cambios en la producción y uso del campo natural ocurren a dos escalas de tiempo diferente. Durante primavera, una mejor OF, que en las parcelas experimentales se asoció con una reducción en la carga animal, mejoró la producción de forraje, la altura del campo natural y el consumo de energía de vacas de cría (Do Carmo et al, 2018). De todos modos, con el paso de tiempo, y cuando ocurren incrementos en la PPNA a escala de predio como un todo, no necesariamente se debe reducir la carga animal global. El dispositivo experimental supone una gran variación dentro de tratamiento y entre estaciones del año en los niveles de carga animal con los cuales obtener la OF. No obstante, a escala de predio, la diversidad de potreros y requerimientos de energía de vacas y recría contribuye a estabilizar las grandes fluctuaciones observadas en el experimento (Claramunt et al, 2019). Con base en este modelo de producción y consumo de campo natural, se rediseñaron los SGF participantes de la co-innovación, donde se obtuvieron incrementos de hasta 100 por ciento en la producción de carne e ingreso neto con respecto a la línea de base (Dupuy et al, 2019).

Los conceptos fortalecidos por la investigación analítica como a) Mejorar la OF temprano en otoño a vacas primíparas preñadas b) Empleo de Destete temporario y Flushing de manera estructural a inicio de entore y c) Orientar la distribución espacio-temporal del rodeo de cría en base a la OF, BCS y estación del año se constituyeron en pilares de la propuesta de Manejo del Rodeo de Cría de Fagro, la cual, se emplea como eje de la intensificación ecológica de la ganadería familiar en base al proceso de co innovación (Soca et al, 2020). Dicha Propuesta es la base biológica con la cual operó la coinovación del presente proyecto donde se mejoró el IN (ingreso neto predial). Las mejoras en porcentaje de destete y los kilos de ternero destetado por vaca sin modificar los recursos físicos asignados al proceso de cría se constituye la clave de dicha mejorar (Dupuy et al, 2019).

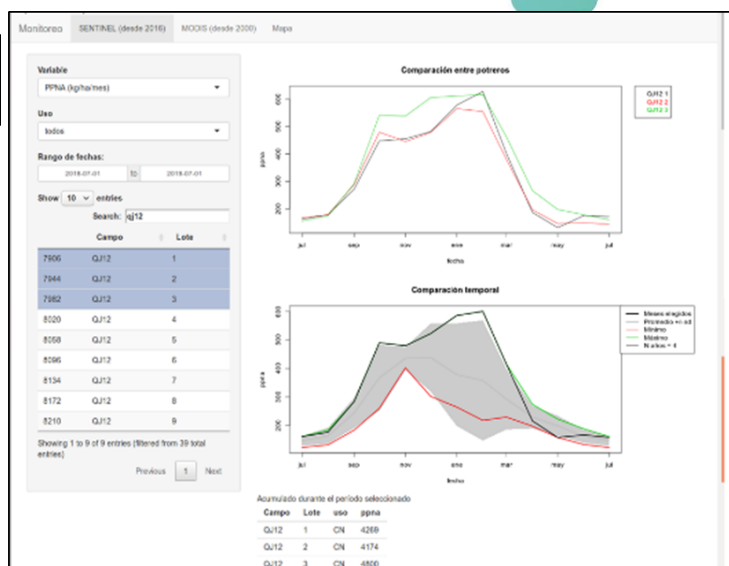
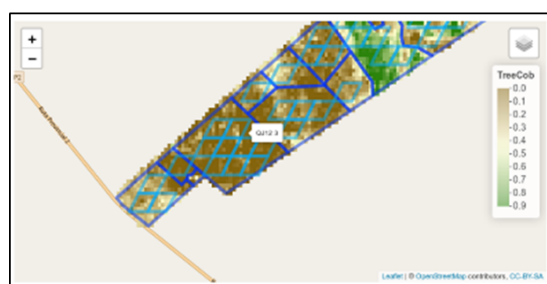
El estudio de la intensidad de pastoreo de los SGF de Uruguay arroja niveles promedios de OF de 2 kgMS/kgPV, lo cual resultó similar en Argentina donde el 80% de los predios presentaron IP superiores a 0,5 kg PV.kg MS⁻¹ (Gráfica 5). Estos resultados confirman que los SGF de Uruguay y Entre Ríos operan con elevada IP que resulta en una de las principales limitantes de sus niveles productivos e ingreso económico obtenido.



Gráfica 5. Distribución de la Intensidad de pastoreo (IP, Kg PV/kg MS) encontrada por predio en Entre Ríos Argentina

En los SGF de Argentina, la PPNA promedio fue 320 kg MS.ha⁻¹.mes⁻¹ (rango 28 – 1000 kg.ha⁻¹.mes⁻¹), los que fueron comparados con estimaciones satelitales calibradas a partir de mediciones independientes de productividad provenientes de otros campos de la zona tomados entre los años 2000 y 2011 (Durante *et al.* 2014). Si bien las estimaciones satelitales tendieron a subestimar la productividad en 68 kg.ha⁻¹.mes⁻¹, se encontró un buen ajuste entre los valores observados y predichos (R²=0,65). Esto permitió desarrollar una plataforma de monitoreo de la productividad forrajera a la cual pueden acceder los participantes del proyecto a través de internet (<https://agroshiny.shinyapps.io/FONTAGRO/>). En la plataforma se puede consultar la productividad mensual de todos los potreros desde el año 2000 o 2016, para la planificación forrajera y la gestión de la IP de los SGF (Gráfica6).

Plataforma web de monitoreo satelital de los campos FONTAGRO



Gráfica 6. Plataforma web de monitoreo satelital de los campos FONTAGRO

Estos resultados, que reforzaron las propuestas de cambio técnico sobre la intensificación ecológica del Bioma Pampas fueron difundidos en seminarios, publicaciones y defensas de tesis de MSc (Machado, 2020; Dupuy, 2019; Casalás, 2019, Caram, 2019; Viullez, 2019) y PhD de la Facultad de Agronomía de Uruguay (Claramunt et al, 2019). También se difundió a través del trabajo conjunto con técnicos de campo, responsables de investigación y desarrollo oficiales y privados y productores que trabajan con ganadería en la región a través de jornadas y, sobre todo, a través del diagnóstico y rediseño del proceso de co-innovación.

Descripción y cuantificación del patrón espacial de pastoreo y el consumo-balance de energía de vacunos a escala de parcela. Modelos de movimiento animal (pastoreo, búsqueda y descanso), consumo y balance de energía de vacas de cría asociados a la intensidad de pastoreo de campo natural.

Las mejoras de OF incrementó la cantidad de forraje total, verde y altura durante lactancia (LAC), gestación temprana (GTE) y tardía (GTA), y también aumentó la frecuencia de sitios con mayor ALT. No obstante, entre 4 a 7 kgMS/kgPV la OF no modificó el tiempo diario de pastoreo, lo cual confirma que en esos niveles de OF se generó una estructura del forraje verde y altura que no se asocia con compensaciones conductuales que impliquen cambios en el tiempo diario de pastoreo.

El consumo de vacas en lactancia (LAC) fue mayor en AO (16,4 vs 14,2 McalEM/vaca/ día $P = 0,04$) cuando las vacas tuvieron menor número de estaciones de alimentación (EA) (247 vs 328 ± 19 n°/hora, $P < 0,05$), lo cual sería un indicador de que las vacas de AO fueron más selectivas a esta escala. Las vacas en AO pastorearon más cerca de los árboles al medio día y lo hicieron más lejos durante la noche en relación a vacas de BO, lo que indicaría una mejor estrategia de adaptación a las temperaturas del verano.

Como en LAC, el consumo de forraje en gestación temprana (GTE) fue mayor en AOF comparado con BO (18,1 vs 15,1; $P = 0,004$). El número de EA (205 vs 249 ± 36 n°/hora, $P < 0,05$) y la TB (47 vs $53 \pm 1,9$ bocados/minuto, $P < 0,05$) fueron menores en AO comparado con BO lo cual indica una estructura de la pastura que provocaría restricción en la tasa de consumo en BO. Las vacas de BO tuvieron mayor TC (1 vs 10 ± 1 min/día $P < 0,05$), área explorada (50.1 vs 68.5 % de la parcela) y pastorearon más lejos de los árboles, una estrategia en búsqueda de sitios con mayor altura de forraje donde la tasa de consumo sea menos restrictiva. Las vacas en AO registraron mayor



número de sesiones de pastoreo (AO: 5,4 vs BO: $4,6 \pm 0,27$, veces/día $P=0,04$) y número de veces que alternan entre pastoreo y descanso/rumia (AO: 5,4 vs BO: $4,6 \pm 0,27$, veces/día $P=0,04$) comparado con BO, asociado a bocados de elevada masa de forraje que provocan necesidad de rumia explicado por los elevados niveles de MF y ALT en registrados en esta estación en AO (4041 ± 200 kgMS/ha). Se podría hipotetizar que en AO los procesos digestivos modificaron la estrategia diaria de pastoreo.

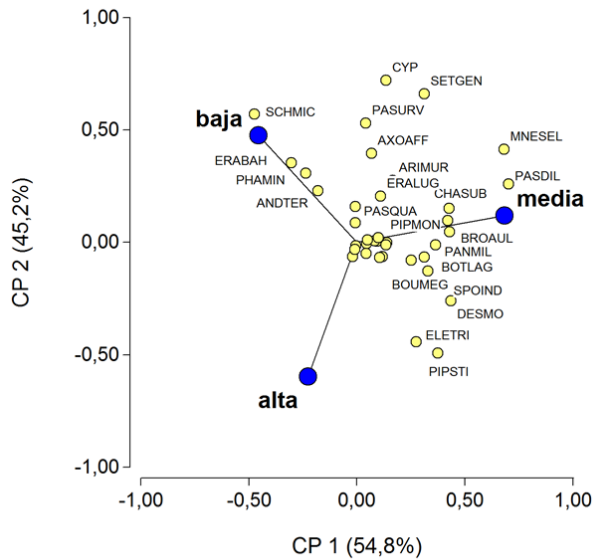
La OF no afectó el consumo de energía en gestación tardía (GTA) mientras que se registró mayor distancia a árboles y agua durante el pastoreo en las sesiones AM, medio día y PM, y el área explorada por vaca (6.35 vs 4.98 ± 0.51 ; $P<0,05$) y el % del área explorada (50.9 vs 43.36 ± 4.4 ; $P<0,05$) fueron mayores en AO comparado con BO. La estructura de la pastura en AO provocó una situación de mejores expectativas lo cual conjuntamente con el mejor balance de energía de las vacas permitió que las vacas en AO mantuvieran la inversión en búsqueda de forraje. Las vacas en BO parecen tomar una estrategia de reducción del área explorada, pero con una baja selectividad y alta utilización de dicha área como lo indica el incremento en la tasa de bocados TB (AO= 43 vs BO= 56 ± 4 ; bocados/minuto $P<0,05$).

El incremento en la OF mejoró de la estructura del campo natural, la cual, no se asoció a cambios en el tiempo diario de pastoreo y descanso/rumia, mientras que modificó el número de sesiones de pastoreo, caminata diaria, área explorada y la distancias a árboles en las sesiones de pastoreo, y a escala de sesión de pastoreo modificó las estaciones de alimentación y la tasa de bocado (Machado et al, 2019). Los cambios en la caminata, el área explorada, la distancia a árboles, el número de EA y la tasa de bocados, indican cambios en el patrón espacio temporal de pastoreo ante reducciones en los atributos que describen el forraje.

A escala de cafetería, la preferencia por gramíneas representantes de los tipos funcionales de plantas (TFP) de Campo natural se modificó entre estaciones del año. Los vacunos mezclaron las 4 especies TFP en diferentes proporciones durante verano e invierno, con objeto de igualar la cantidad de MS y nutrientes digestibles totales (Viullez et al, 2019). Esta información, de carácter científico ha sido divulgada a través de seminarios, publicaciones y defensas finales de tesis de MSc de Fagro Uruguay (Machado, et al, 2019; Viullez et al, 2019).

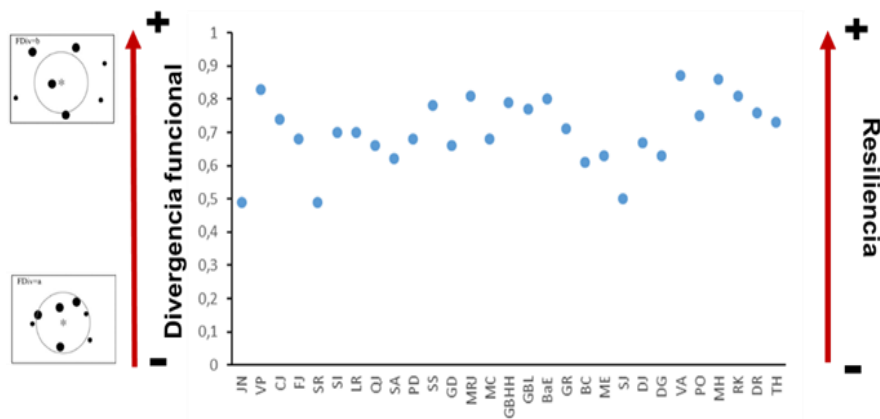
Determinación de la relación entre los patrones espaciales de diversidad estructural y funcional de plantas y aves con la intensidad de pastoreo.

Tanto la diversidad estructural y funcional de plantas, como la diversidad de aves silvestres, mostraron relaciones con la intensidad de pastoreo (IP). En el caso de las plantas forrajeras, se identificaron especies indicadores de la IP, como la cola de zorro (*Schizachíryum microstachyum*, SCHIMIC en los gráficos), que tiende formar doble estructura, debido a que el ganado evita consumirla si dispone de especies de mayor calidad forrajera, indicando una IP baja en los predios en que esta especie fue predominante (Gráfica 7). En tanto, la cola de lagarto (*Mnesithea selloana*, MNESEL) y el pasto miel (*Paspalum dilatatum*, PASDIL) serían especies indicadoras de una IP media (Gráfica 7). En los predios con IP alta, no se identificaron especies de plantas forrajeras indicadoras (Gráfica 7).



Gráfica 7. Análisis de Componentes Principales de la composición botánica de los predios evaluados en Entre Ríos (n=28) en función de la IP, utilizando distancia Euclídea. IP baja: < 0,2 kg PV/kg MS; IP media: > 0,2 y < 0,6 kg PV/kg MS; IP alta: > 0,6 kg PV/kg MS.

A pesar de esta asociación de la composición botánica de plantas forrajeras con la IP de los predios, la diversidad funcional, estimada mediante un índice de divergencia funcional (FDiv), fue alta en todos los predios, independientemente de su IP (Gráfica 8). Este resultado indicaría una resiliencia predominantemente alta de los sistemas a la presión del pastoreo (Gráfica 8).



Gráfica 8. Distribución de la divergencia funcional (FDiv) en los predios evaluados en Entre Ríos (n=28). A la derecha del gráfico, se representa un gradiente de resiliencia de los sistemas, basado en el índice de divergencia funcional evaluado.

Cuando analizamos la estructura de la vegetación completa, incluyendo plantas herbáceas, arbustos y árboles, identificamos diferencias esperables entre los predios evaluados en Argentina (n=30) y los predios evaluados en Uruguay (n=8), en función de su ubicación espacial. Los predios ganaderos argentinos, ubicados en bosques y sabanas la ecorregión del Espinal, presentaron múltiples grados de arbustización, característica de esta ecorregión, que resultó prácticamente



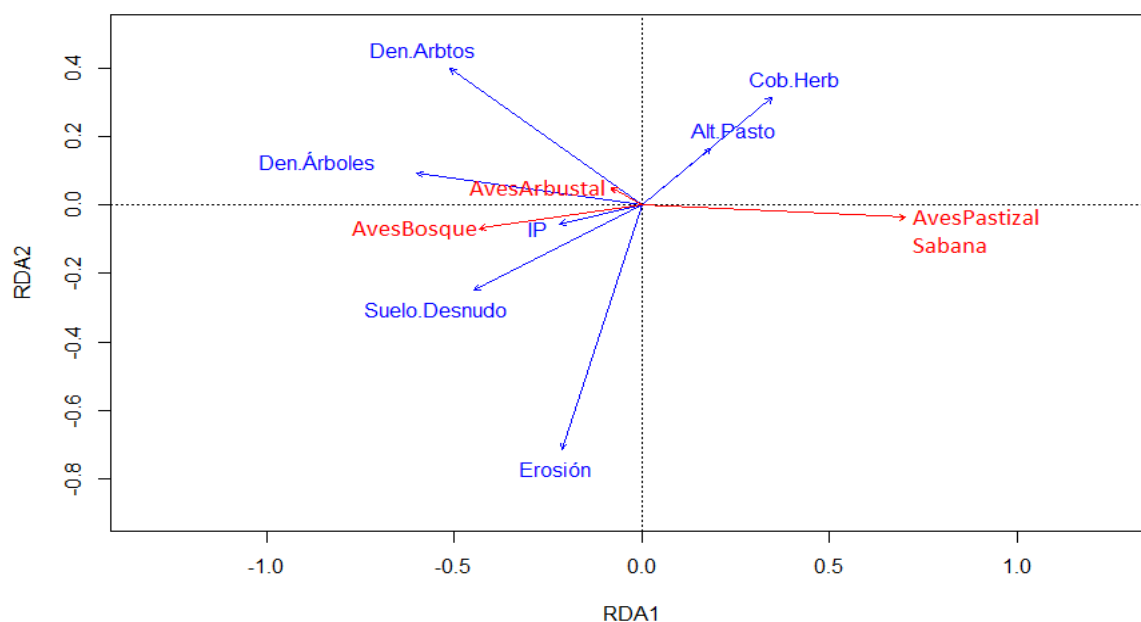
ausente en los pastizales uruguayos, ubicados en pastizales de la ecorregión pampeana. Asimismo, en los predios argentinos, la cobertura de árboles fue mayor ($34 \pm 16.2 \%$) que en los predios uruguayos ($1.6 \pm 1.9\%$). Estas diferencias en la estructura de la vegetación influyeron de manera global en la ocupación de las especies de aves de áreas abiertas. En Argentina, la mayoría de las aves especialistas de pastizales y sabanas (*Nothura maculosa*, *Ammodramus humeralis*, *Rhynchotus rufescens*, *Anumbius annumbi*, *Colaptes campestris* y *Tyrannus savana*), respondieron positivamente al aumento en la altura o cobertura de los pastos, pero se relacionaron de manera negativa con la cobertura de árboles y arbustos (Tabla 1). Constituyeron excepciones *Rhynchotus rufescens*, que respondió positivamente a la cobertura de arbustos, y *Vanellus chilensis*, que no estuvo relacionado con la altura o cobertura de los pastos. Las dos especies generalistas de áreas abiertas (*Mimus saturninus* y *Zonotrichia capensis*), mostraron respuestas diferentes: la primera prefirió pastos cortos, mientras la segunda ocupó sitios con baja cobertura de pastos y mayor cobertura de árboles y arbustos. En Uruguay, en tanto, la mayoría de las especies (*Rhynchotus rufescens*, *Anumbius annumbi*, *Colaptes campestris*, *Tyrannus savana* y *Progne tapera*) respondieron negativamente al aumento en la altura del pasto y positivamente a la cobertura de árboles, presencia de matas de pastos altos, y sitios para posarse. Por el contrario, *Nothura maculosa*, respondió positivamente al aumento en la altura del pasto, mientras *Vanellus chilensis* evitó campos de pastos altos (Tabla 1).

Tabla 1. Respuestas especie-específicas a la estructura de la vegetación, en bosques y sabanas de Argentina, y pastizales de Uruguay.

Especies	Argentina – variables de vegetación*				Uruguay - variables de vegetación *			
	Altura pastos	Cobertura pastos	Cobertura árboles	Cobertura arbustos	Altura pastos	Cobertura árboles	Presencia matas altas	Presencia perchas
<i>Ammodramus humeralis</i>	+		-		^	^	^	^
<i>Anumbius annumbi</i>		+	-	-				+
<i>Colaptes campestris</i>		+	-	-	-	+	+	-
<i>Mimus saturninus</i>	-		-	-		+	+	
<i>Nothura maculosa</i>	+		-		+			
<i>Progne tapera</i>	^	^	^	^			+	+
<i>Rhynchotus rufescens</i>		+		+	-			



Los resultados del análisis de redundancia (RDA), realizado con los datos de aves de los predios argentinos, muestran que la cantidad de variación capturada por las variables ambientales y la IP fue de un 56,4% para la abundancia de aves en los distintos gremios de requerimientos de hábitat analizados (arbustal, bosque y pastizal-sabana). La abundancia de aves de bosque, estuvo directamente asociada con la densidad de árboles y arbustos, el suelo desnudo y la IP, y de manera inversa con la cobertura del estrato herbáceo y la altura del pasto. La abundancia de aves de sabana y pastizal, en tanto, mostró un patrón totalmente opuesto, estando asociada directamente con la cobertura del estrato herbáceo y altura del pasto e inversamente con la densidad de árboles y la de arbustos, el suelo desnudo y la IP (Gráfica 9). En consecuencia, en ambientes de bosques y sabana, como los del Espinal entrerriano, los predios con alta IP y menor altura y cobertura de pastos beneficiarían a las aves de bosque, mientras disminuirían las aves de sabana y pastizal.

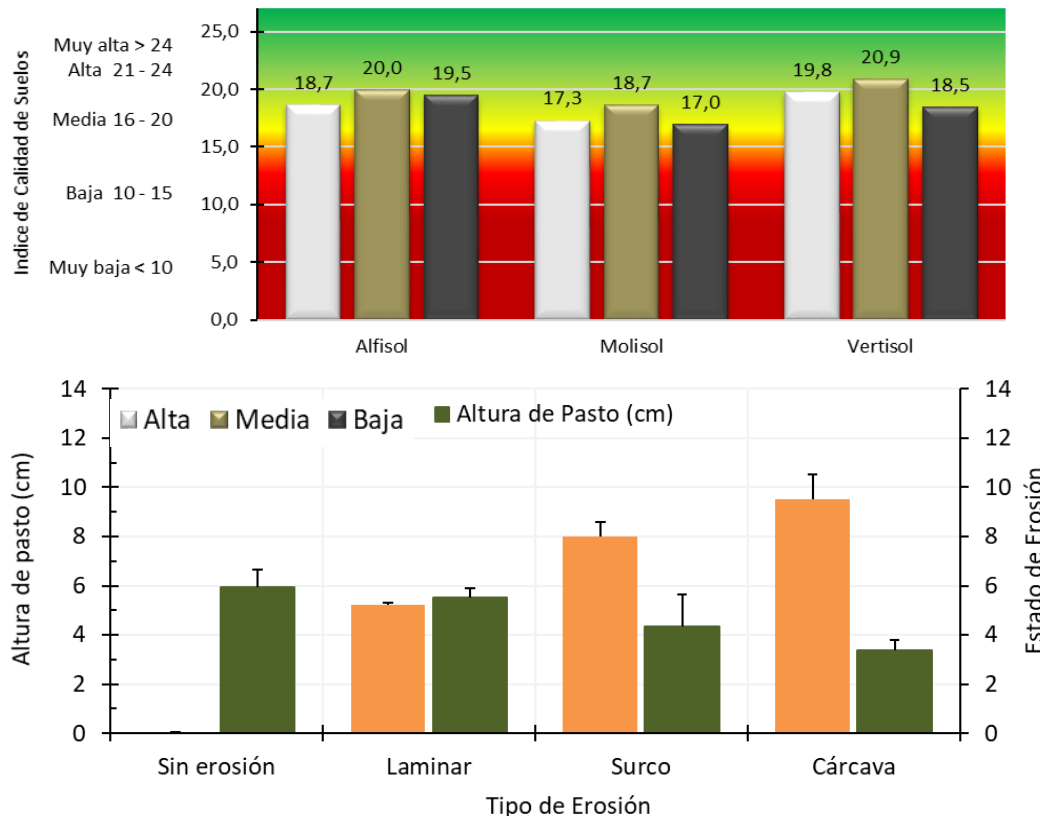


Gráfica 9. Análisis de redundancia (RDA) para la distribución de la abundancia de aves separadas por gremios de preferencia de hábitat sobre las variables ambientales. Den.Árboles: densidad de árboles; Den.Arbtos: densidad de arbustos, Cob.Herb: cobertura herbácea, Alt.Pasto: altura del pasto, Suelo.Desnudo: porcentaje de suelo desnudo; Erosión: grado de erosión del suelo; IP: intensidad de pastoreo.

Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, carbono y nutrientes en suelo, eficiencia en el uso del agua y calidad de suelo en respuesta a la intensidad de pastoreo.

Los indicadores de calidad y erosión de suelo, y del contenido de carbono acumulado en el suelo y la vegetación, medidos en 28 predios ganaderos familiares del centro-norte de Entre Ríos (Argentina), estuvieron relacionadas de manera variable con la intensidad de pastoreo, identificada en este caso por la altura del pasto (debido a las características puntuales de las mediciones). Por un lado, los suelos presentaron un leve deterioro de su calidad, con valores generalmente por encima de la calidad media (Gráfica 10a). Estos valores fueron similares en

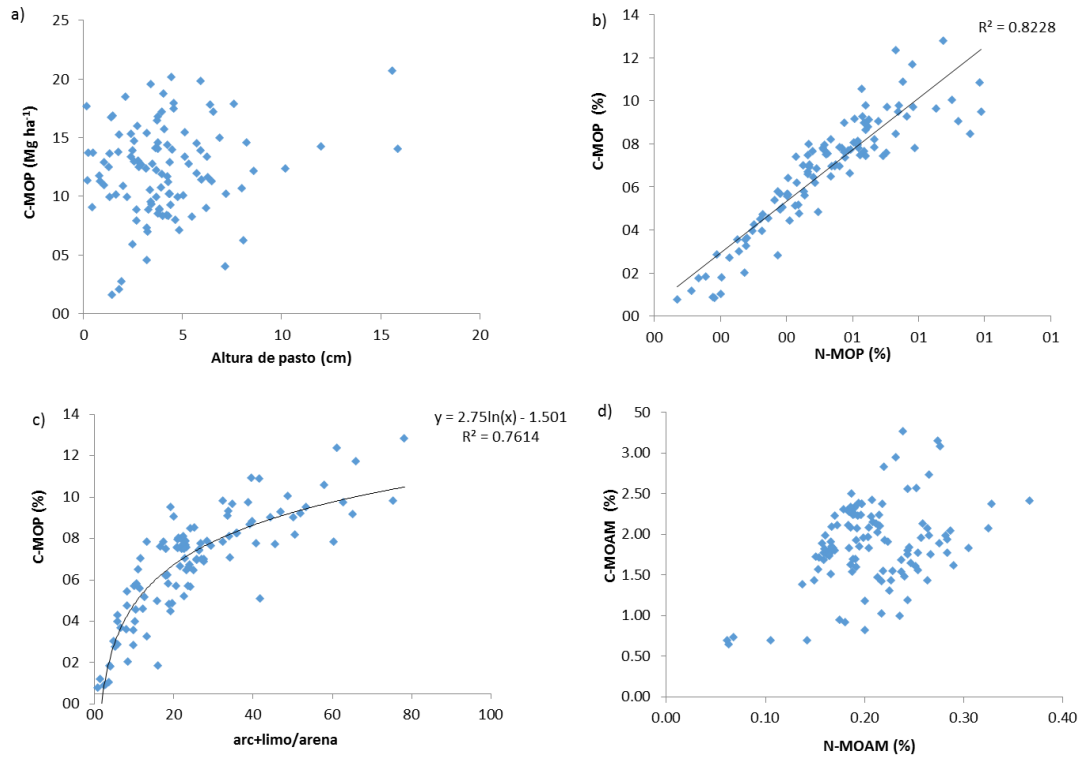
suelos de tipo Alfisol y Vertisol, y ligeramente menores en suelos de tipo Molisol (Gráfica10a), indicando una baja relación entre la calidad de suelo y tipo de suelo. De manera similar, los mayores valores de calidad de suelo se encontraron en sitios con accesibilidad media del ganado, aunque las diferencias con los sitios de alta y baja accesibilidad fueron bajas, indicando también una escasa relación entre el grado de accesibilidad de los sitios al ganado y su calidad de suelo. No obstante, en los predios se observaron diversos tipos y grados de erosión hídrica que, en algunos casos se asemejó a lotes de producción agrícolas (grado de erosión ≥ 6 , Figuras10 a y b). El estado (índice) de erosión registrado fue mayor en predios con una menor altura promedio del pasto y tipos de erosión más severos (surco y cárcavas, Gráfica10b).



Gráfica 10. Índice de calidad expeditiva (a) y grado de erosión (b) de suelos evaluados en 28 predios ganaderos familiares del centro-norte entrerriano (La Paz y Feliciano, Entre Ríos, Argentina). Como referencia, se utilizan valores de estos indicadores en bosques nativos entrerrianos (Wilson y col. 2016).

El contenido de carbono asociado a la materia orgánica del suelo (C-MOS) fue, en promedio, de $65,5 (\pm 2,63) \text{ Mg ha}^{-1}$ (Megagramos o Toneladas métricas) hasta los 30 cm de profundidad. El 80 % del stock de carbono se almacenó en la fracción de materia orgánica asociada a minerales (C-MOAM), y el resto en la materia orgánica particulada (C-MOP), siendo el C-MOP más variable entre los sitios de muestreo evaluados ($CV_{MOP}=30,3$ vs $CV_{MOAM}: 17,8$). Esta variabilidad en los contenidos de C-MOS y en sus fracciones (C-MOP y C-MOAM) no fue explicada por la altura del pasto en los sitios de muestreo evaluados (Gráfica11 a). Sin embargo, el C-MOP se asoció positivamente con el N-MOP ($R^2= 0,82$, Gráfica11b.) hasta los 30 cm del perfil, mientras que C-

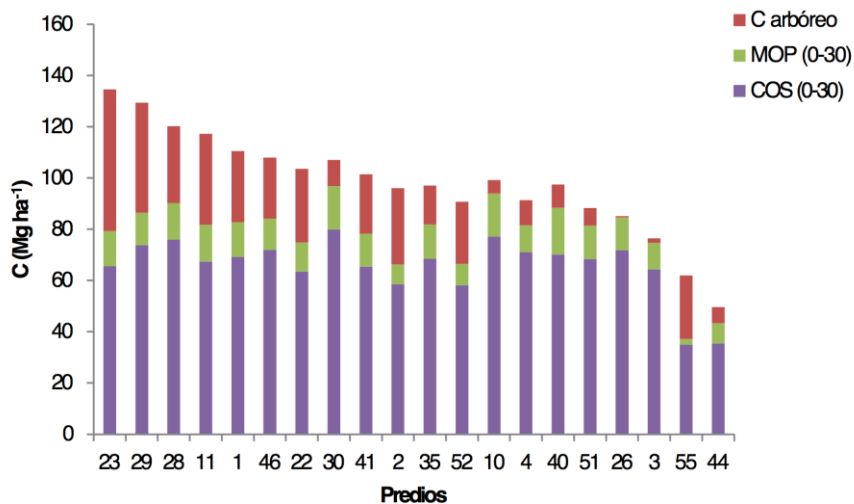
MOAM y N-MOAM, se asociaron positivamente solo para el estrato de 0-5 cm de profundidad ($R^2=0,33$), y no en el conjunto hasta los 30 cm (Gráfica11d). Finalmente, sólo la concentración de C-MOP se asoció positivamente a la proporción (arcilla limo) /arena, denotando la variabilidad de la misma entre los sitios y a su vez indicando un fuerte control de las texturas sobre el C-MOP. Dicha relación se dio a partir de una función logarítmica positiva ($R^2=0,76$; Gráfica11c.).



Gráfica 11. a) Variaciones del C-MOP en función de la altura de pasto. En la figura, sólo se muestra la relación de MOP, pues es la fracción del suelo en que se esperaría encontrar cambios. Un patrón similar se observó para C-MOS y C-MOAM. b) Variaciones del C-MOP en función del N-MOP, c) Variaciones del C-MOP en función de la relación arcilla+limo/arena del suelo, y d) Variaciones del C-MOAM en función del N-MOAM hasta los 30 cm del perfil de suelo. Los gráficos que no incluyen líneas de regresión, se debe a una falta de relación estadísticamente significativa ($R^2 \leq 0.6$, $p > 0.05$).

El C total promedio almacenado, considerando suelo y estrato arbóreo, fue de 86 Mg/ha. Del C total, en promedio solo el 22 % se almacenó en el estrato arbóreo, aunque esta proporción varió entre predios (Gráfica12). Asimismo, el C de la vegetación fue más variable entre predios (Tabla 2).

Considerando los dos mayores compartimentos que almacenan el C en los sistemas de bosques (estrato arbóreo y suelo, Nadler et al. 2001), el C total promedio almacenado fue de 86 Mg/ha. Del C total, en promedio solo el 22 % se almacenó en el estrato arbóreo, aunque esta proporción varió entre predios (Gráfica12). Asimismo, el C de la vegetación fue más variable entre predios (Tabla 2).



Gráfica 12. Carbono (C) almacenado por predio en el suelo y en la biomasa arbórea, discriminando el C en la materia orgánica asociada a minerales (C-MOS) y particulada (C-MOP).

Tabla 2. Medidas estadísticas de las variables asociadas al C de suelo y de la vegetación arbórea para los 20 sitios analizados

	C_COS	C_MOP	C arbóreo
Media (Mg ha ⁻¹)	65,54	12,15	20,55
E.E.	2,63	0,82	3,26
CV (%)	17,95	30,29	70,89
Mín (Mg ha ⁻¹)	34,98	2,17	0,52
Máx (Mg ha ⁻¹)	79,86	18,23	55,24

La emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI, específicamente, óxido nitroso N₂O), el stock de carbono en el suelo y vegetación, la calidad y erosión del suelo, y la infiltración del agua, evaluadas en predios ganaderos entrerrianos, estuvieron relacionadas de manera más o menos clara con la intensidad de pastoreo, según la variable y escala analizadas. El flujo medio de emisión de N₂O del suelo, evaluado a escala experimental, no mostró diferencias significativas entre sitios de alta y baja accesibilidad del ganado (bosque abierto y cerrado, respectivamente), en ninguno de los dos ciclos de muestreo realizados (Diciembre 2017-Marzo 2018 y Diciembre



2018-Febrero 2019, Tabla 3). Esta relación fue independiente de las precipitaciones acumuladas registradas en la zona de influencia del estudio (Colonia Avigdor, Entre Ríos) durante el período de medición de emisiones de N₂O, las cuales fueron muy contrastantes entre sí (36 mm entre Dic 2017 y Mar 2018 y 469 mm entre Dic 2018 y Feb 2019, respectivamente - Fuente: red pluviometría Dirección de Hidráulica ER). En base a los resultados hallados, los valores medios de emisión de N₂O serían de 0.80 gr N₂O ha⁻¹ dia⁻¹ para el primer ciclo de muestreos, y 0.66 gr N₂O ha⁻¹ dia⁻¹ para el segundo ciclo, con un valor medio total de emisión de N₂O de 16 gr N-N₂O ha⁻¹ mes⁻¹, sin diferenciar entre los ciclos de muestreo y el nivel de accesibilidad. En cambio, el contenido de NO₃ (nitratos) y el Espacio Poroso Lleno de Agua (EPLLA) del suelo, que acompañaron las mediciones de N₂O, difirieron significativamente entre los ciclos de muestreo y el grado de accesibilidad al bosque. En el primero ciclo de muestreo (Dic 2017-Mar 2018), el contenido de nitratos del suelo, promedio de todos los momentos de muestreo, fue mayor (más del doble) en el sitio de baja accesibilidad respecto al sitio de alta accesibilidad al pastoreo (Tabla 3). La misma relación entre el contenido de NO₃ del suelo y la accesibilidad se encontró en el segundo ciclo de muestreos, aunque en este caso, la diferencia entre sitios fue relativamente menor (Tabla 3). Cabe destacar que el contenido medio de nitratos fue mayor en el primer ciclo de muestreos que en el segundo, independientemente del nivel de accesibilidad del sitio al pastoreo. Finalmente, el EPLLA promedio de todos los momentos de muestreo mostró diferencias significativas por ciclo de muestreo (P<0.0001) y por sitio (P<0.0001). En el primer ciclo de muestreos, la EPLLA promedio de todos los momentos de muestreo mostró valores aproximadamente siete veces menores, con respecto al segundo ciclo (Tabla 3), lo cual está estrechamente relacionado con las precipitaciones ocurridas durante ambos años. Teniendo en cuenta todos los momentos y ciclos de muestreo, la EPLLA fue significativamente mayor en el sitio de con baja accesibilidad (bosque cerrado) con respecto al sitio de alta accesibilidad (bosque abierto, Tabla 3). Finalmente, no se registró interacción significativa entre la emisión de N₂O y el contenido de NO₃ y EPLLA en los sitios y momentos de muestreo evaluados.

Tabla 3. Emisión de N₂O, temperatura del aire, contenido de nitratos del suelo a 5 cm (NO₃⁻) y EPLLA en cada ciclo de muestreo en los sitios de accesibilidad contrastante para el ganado (Alta – bosque abierto y Baja-bosque cerrado). Predio de productor ganadero familiar ubicado en Colonia Avigdor (Entre Ríos, Argentina).

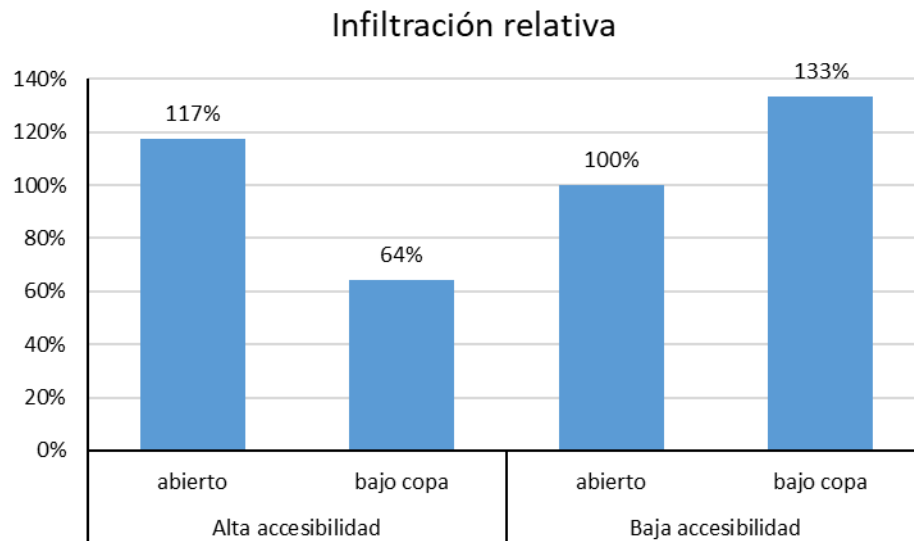
Ciclo de Muestreos	Accesibilidad	N ₂ O (gr ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Temperatura (°C)	NO ₃ (ppm)	EPLLA (%)
Dic 2017-Mar 2018	Alta-Bosque abierto	0.77	31.03	57.69	7.21
	Baja-Bosque cerrado	0.9	29.66	106.8	14.64



Dic 2018-Feb 2019	Alta-Bosque abierto	0.71	29.46	A*	37.43	B	62.74	B
	Baja-Bosque cerrado	0.6	26.84	B	60.67	A	71.11	A

*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) entre sitios de muestreo ubicados en bosque abierto y cerrado, en cada ciclo de muestreos del experimento.

La infiltración relativa de agua fue ligeramente menor en los sitios de alta accesibilidad (90%, bosque abierto) respecto a los sitios de baja accesibilidad (116%, bosque cerrado, Gráfica13). Asimismo, en los sitios de alta accesibilidad, hubo una diferencia marcada entre muestreos realizados a cielo abierto respecto a muestreos realizados bajo la copa de los árboles, siendo significativamente mayor en los primeros respecto a los segundos (Gráfica13). Finalmente, en los sitios de baja accesibilidad (bosque cerrado), las diferencias fueron menores y en dirección inversa (Gráfica13).



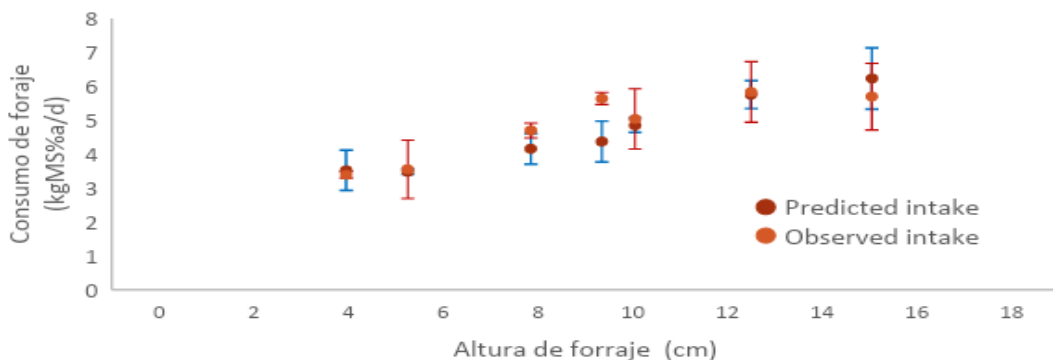
Gráfica 13. Valor relativo de infiltración de agua en dos sitios de bosque nativo con accesibilidad contrastante para el ganado y diferente grado de cobertura de los árboles (a cielo abierto y bajo copa de árbol). Predio de productor ganadero familiar ubicado en La Paz (Entre Ríos, Argentina).

Modelación predial y de paisaje de las relaciones entre intensidad de pastoreo, producción secundaria, resultado económico, biodiversidad y desempeño ambiental de ganaderos

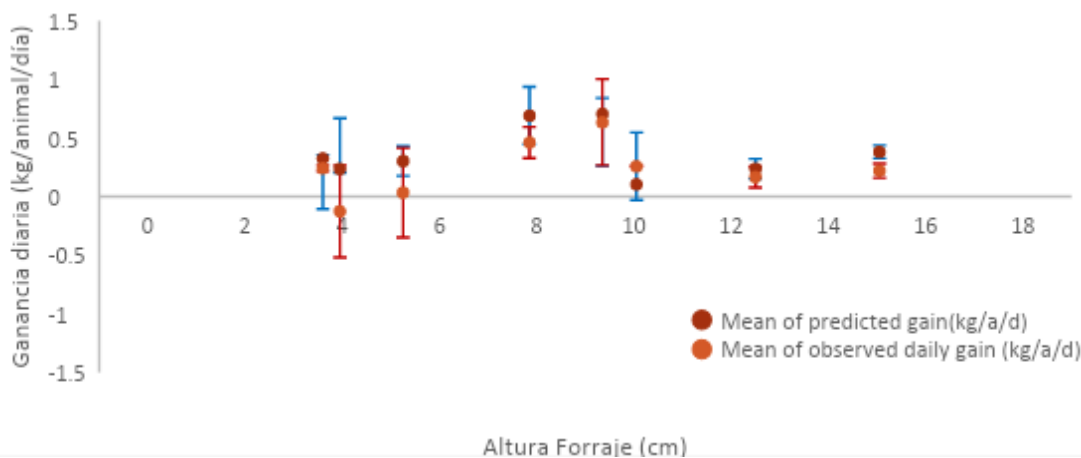
Se encontró un correcto ajuste entre las predicciones de altura del campo natural sometido a diversos niveles de Oferta de Forraje y las predicciones del modelo matemático Paspalum (Modernell et al, 2019). La subrutina de consumo y ganancia diaria de peso de vacunos en pastoreo de campo natural se validó con la información local y regional (Ruggia et al, 2019). El



“diálogo” entre los resultados experimentales y el modelo de simulación permitió mejorar las predicciones que el modelo Paspalum realiza de las principales variables del estado del ecosistema ganadero sobre campo natural: cantidad de forraje, el consumo de forraje (Gráfica14) y la ganancia diaria de peso vivo (Gráfica15)



Gráfica 15. Media y desvío estándar de los datos observados y predichos de consumo (kgDM/día) en función de la altura de forraje (cm) (Ruggia et al, 2019)



Gráfica14. Media y desvío estándar de los datos observados y predichos para ganancia media diaria (kg/a/day) por altura de forraje (cm) (Ruggia et al, 2019)

Este trabajo, permitió emplear el modelo Paspalum en el análisis de SGF dado que contribuye a cuantificar y predecir los cambios en el consumo de energía obtenidos ante modificaciones a corto y largo plazo en la altura del campo natural. Fue posible emplear el Paspalum para identificar escalas de tiempo a la cual las principales variables de estado como la cantidad de forraje y BCS del rodeo se modifican en función de los procesos centrales como tasa de crecimiento y consumo de forraje (Modernell et al. 2019; Ruggia et al, 2019; Dupuy et al, 2019). La información se difundió a través de artículos científicos, tesis de PhD de la University of Wageningen Holanda (Ings. Agrs Pablo Modernell y Andrea Ruggia), publicaciones en resumen y a través de su empleo en capacitación técnica para análisis de sistemas.

Co-innovación en predios ganaderos familiares

Los SGF encuestados en Uruguay arriendan casi la mitad de la superficie productiva, emplean un 12 por ciento del área mejorada total (AMT), con elevados niveles de carga animal total y obtienen niveles medio-bajos de producción de carne vacuna (63-70 kg carne vacuna/ha) y ovina (Tabla 4).

Tabla 4. Estructura, índice de aplicación de técnicas a la cría y resultado productivo de los SGF encuestados en Uruguay (Línea de Base, Promedio y desvío estándar) (Paparamborda, 2017).

Variable	Media ± D.E	Mínimo	Máximo
SP(ha)	225 ± 188	9	1018
T. Propiedad/. T Explotada	0,57 ± 0,42	0	1
AMT	0,12 ± 0,20	0	1
CT UG ha ⁻¹	1,05 ± 0,45	0	2,5
COUG ha ⁻¹	0,27 ± 0,27	0	2,12
CV UG ha ⁻¹	0,79 ± 0,45	0	2,5
L/V	3,36 ± 5,24	0	35,9
PCV kg ha ⁻¹ 2013	63,6 ± 33,1	10,2	159,9
PCV kg ha ⁻¹ 2014	72,2 ± 53,3	11,6	158,9
PCV kg ha ⁻¹ 2015	68,9 ± 37,0	10,2	160,2
PCO kg ha ⁻¹ 2013	16,5 ± 17,1	0	74,5
PCO kg ha ⁻¹ 2014	14,1 ± 16,5	0	72,8
PCO kg ha ⁻¹ 2015	13,1 ± 16,9	0	77,8



PL kg ha ⁻¹ 2014	6,1 ± 5,5	0	30,7
PL kg ha ⁻¹ 2013	6,2 ± 5,7	0	30,7
IT. Cría Vacuna	24 ± 24	0	79


Referencias: SP: superficie de pastoreo/ Rel. T. Propiedad/T. T Explotada: relación tierra en propiedad / tierra explotada; AMT: área mejorada total/ Relación área mejorada / Superficie total de pastoreo; Rel. L/V: Relación N^o cabezas adultas ha⁻¹ Lanares / Vacunos; PCV: Producción Carne Vacuna; PCO: Producción Carne Ovina; CT: Carga animal total/ CO: carga ovina/ CV: carga vacuna/ PL: Producción Lana; IT: Índice de Técnicas (escala 0 a 100). DE: Desvío standard de la media.

El 70 % de los SGF encuestados en Uruguay lleva adelante la cría vacuna con entore continuo, sin revisión de toros y con baja o nula incidencia del control del amamantamiento. La elevada carga animal, con forma precaria de tenencia de la mayoría de la tierra explotada, sumado a una escasa incorporación de prácticas de manejo de la cría vacuna y del campo natural contribuyen a explicar los magros niveles de producción de carne vacuna y ovina de los SGF (Paparamborda, 2017; Tabla 4).

En Argentina, en tanto, las 55 encuestas realizadas arrojaron un resultado similar. En este caso, los 55 productores entrevistados en el centro-norte de Entre Ríos, Argentina se agruparon, en función de sus características socio-económicas y de manejo ganadero, en tres grupos netamente diferenciados entre sí (Tabla 5). Tanto el “Grupo 1” como el “Grupo 2” comprendieron productores ubicados mayoritariamente en el departamento La Paz; con un tamaño medio de predio de alrededor de 200 ha; un stock aproximado de 150-200 Vaca (EV)/predio, y un índice de cría, que integra prácticas como el entore continuo y la revisión de toros (Paparamborda, 2017) relativamente bajo (30, sobre un máximo de 80). Ambos grupos se diferenciaron entre sí, porque los productores del Grupo 1 eran mayoritariamente propietarios de la superficie trabajada con producción ganadera, y tenían una mayor cantidad de ovejas en sus predios en relación con las vacas (Tabla 5). El “Grupo 3”, en tanto, comprendió productores de ambos departamentos abarcados en el proyecto (La Paz y Feliciano), que se caracterizaron por una mayor superficie ganadera, un mayor porcentaje de re-cría e internada, un mayor stock ganadero (aprox. 600 EV/predio), y un mejor índice de manejo (53 de 80 máximo, Tabla 5).

Tabla 5. Características principales de los tres grupos de productores ganaderos familiares identificados en el centro-norte de Entre Ríos (Argentina), en función de sus características socio-económicas y de manejo ganadero.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	n=21 (38%)	n=15 (27%)	n=14 (25%)

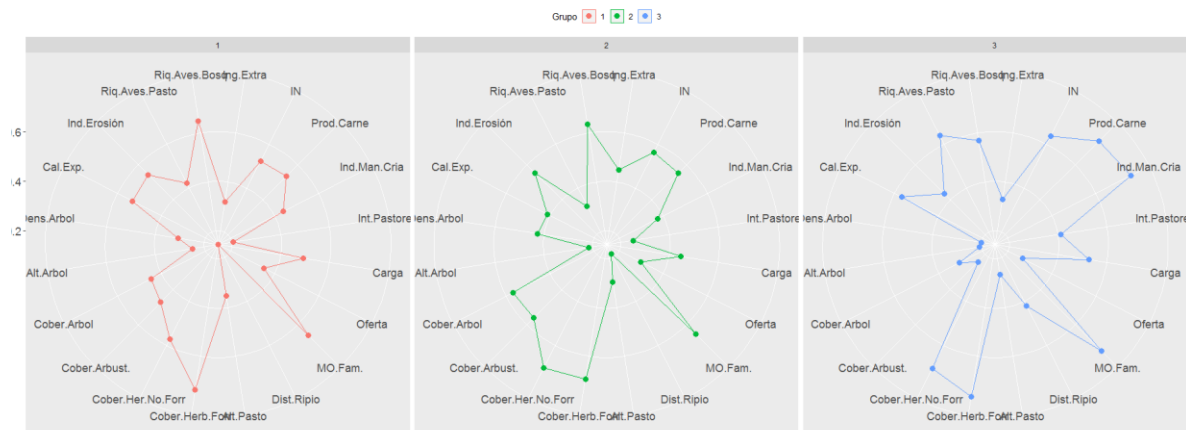


Ubicación (%)			
La Paz	84	80	43
Feliciano	16	20	57
Sup. Ganadera	251±204	167±88	656±480
% propio	98	40	74
MANEJO GANADERO			
Cría (%)	100	100	79
Recría (%)	29	27	50
Invernada (%)	5	7	29
Ovinos (%)	57	20	100
Relación ovino/vacas	0,8	0,26	1,19
Stock ganadero (EV TOTAL)	199,7	145,99	589,87
Carga Ganadera Total (EV Total/ha ganaderas)	1,0	0,92	0,96
Índice manejo de cría	30	30	53

Los tres grupos de productores identificados en base a sus características socio-económicas y de manejo productivo, se diferenciaron también en función de sus resultados productivos, económicos y ambientales. Los productores del Grupo 1, se distinguieron por una mayor cobertura de herbáceas no-forrajeras, aves de pastizal e índice de erosión de suelos que el resto de los grupos, siendo similares al Grupo 2 en otros aspectos, como los niveles de altura del pasto, la cobertura de herbáceas forrajeras, y la riqueza de aves de bosque (Gráfica16). El Grupo 2, en tanto, se diferenció de los otros dos grupos por un mayor porcentaje de cobertura de árboles y arbustos (Gráfica16). Finalmente, el Grupo 3 se distinguió claramente de los otros dos grupos, por un mayor ingreso neto, mayor índice relativo de cría, menor índice de erosión y mayor calidad



expeditiva de suelos, menor riqueza de aves de bosque y mayor riqueza de aves de pastizal (Figura16).



Gráfica 16. Gráficos radiales o de telaraña, explicitando las similitudes y diferencias entre tres grupos de productores ganaderos familiares del centro-norte de Entre Ríos, en función de sus características productivas, económicas y ambientales. Todas las variables están estandarizadas, para poder relacionarlas y graficarlas de manera conjunta. Abreviaturas de las variables (en sentido de las agujas del reloj): IngExtra=ingresos extraprediales (%); IN=Ingreso Neto; ProdCarne=Producción de carne/unidad de superficie (kg PV/ha); IndManCria=Índice de manejo de cría; IndPastoreo=Intensidad de Pastoreo; Carga=número de animales/unidad de superficie; Oferta= biomasa de gramíneas/unidad de superficie (kg MS/ha); MOFam=mano de obra familiar (%); DistRipio= distancia a camino mejorado por ripio (transitable); AltPasto=altura promedio de los pastos naturales en los predios; CobHerbForr=Cobertura de herbáceas forrajeras (%), CobHerNoForr=Cobertura de herbáceas no forrajeras (%); CoberArbust=Cobertura de arbustos (%); CoberArbol= cobertura de árboles (%); AltArbol= altura promedio de los árboles; DensArb=densidad de árboles; CalExp=índice de calidad expeditiva de los suelos; IndEros=índice de erosión; RiqAvesPasto= número de especies de aves típicas de pastizales y sabanas; RiqAvesBosq= número de especie de aves típicas de bosque.

Estudiar el efecto de los modelos de gestión de la intensidad de pastoreo sobre el resultado físico, económico y ambiental. Modelos conceptuales y matemáticos de relaciones entre intensidad de pastoreo y resultados productivos, económico, y biodiversidad.

En Uruguay, más del 50 % de los predios fueron clasificados como No Gestores y solo el 23% como gestores espacio temporal del pastoreo (Paparamborda, 2017). Dichos modelos presentaron relación con los niveles de producción de carne vacuna por unidad de superficie (Tabla 6).

Tabla 6. Producción de carne vacuna (PCV en kg ha⁻¹), ovina (PCO en kg ha⁻¹) y de lana (PL en kg ha⁻¹) según los modelos de gestión espacio-temporal del forraje.

Tipo de gestor	PCV ha ⁻¹	PCO ha ⁻¹ 14	PL ha ⁻¹
No gestor	66,03 A	16,54 A	6,77 A

Gestor	71,28 AB	13,72 A	4,39 A
Gestor espacio temporal	91,67 B	10,58 A	5,31 A


Referencias: En cada columna, promedios con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$)

Caracterización de la trayectoria física, económica y ambiental que recorren dichos ganaderos cuando son sometidos a un proceso de co-innovación. Identificación y cuantificación de la línea base, la trayectoria y los niveles de cambio de los ganaderos familiares.

Durante el proceso de co-innovación (CO) no se modificó la estructura de los predios en cuanto a la Superficie de pastoreo, carga vacuna y total, no obstante, se redujo el área mejorada total, la carga ovina y relación Lanar /vacuno (Tabla 7).

Tabla 7. Cambios en la estructura, niveles de producción y en resultado económico entre la Línea de Base y la Co-innovación de los SGF (Promedio de mínimos cuadrados de ANOVA, error estándar).

Variables	Línea de Base	Co-innovación	Error Estándar	P > F
SP (ha)	253	249	6	ns,
AMT (%)	27	23	1	P > 0.003
Estructura CV (Ug/ha)	0,7	0,7	0.01	ns
CO (Ug/ha)	0.09	0.06	0.01	P > 0.003
CT (Ug/ha)	0.84	0.83	0.01	ns
LV	0.86	0.65	0.04	P > 0.003
Destete (%)	0.69	0,79	0.02	P > 0,007
Preñez (%)	0,53	0.83	0.04	P > 0.0001
Producción PCV (kg/ha)	87	98	2.6	P > 0.0008
PCO (kg/ha)	6.5	4.7	0.96	ns

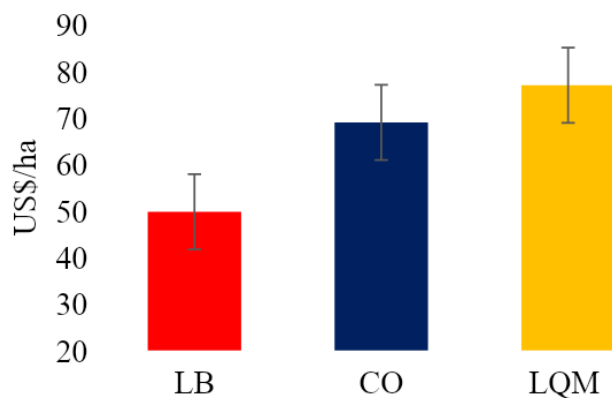


	PL (kg/ha)	2.0	1.9	0.5	ns
	PBV (U\$S/ha)	122	147	5	P> 0.002
	PBO (U\$S/ha)	7.5	7,5	1.13	ns
Económica	PBL(U\$S/ha)	6	4	0.4	P> 0,002
	PBT (U\$S/ha)	139	152	6	ns
	CT (USS/ha)	87	87	2.7	ns
	IN (U\$S/ha)	52	74	5	P> 0.001

Referencias: Línea de base: Promedio de los ejercicios 14-15, 15-16 y 16-17. /Co-innovación: Promedio de los ejercicios 17-18; 18-19. /Promedio mínimos cuadrados y error estándar de la estimación del modelo propuesto. /P: Probabilidad de significación P> F./ns: no significativa.

SP: superficie de pastoreo/ Rel. T. Propiedad/T. T Explotada: relación tierra en propiedad / tierra explotada; AMT: área mejorada total/ Relación área mejorada / Superficie total de pastoreo; Rel. L/V: Relación N° cabezas adultas ha⁻¹ Lanares / Vacunos; PCV: Producción Carne Vacuna; PCO: Producción Carne Ovina; CT: Carga animal total/ CO: carga ovina/ CV: carga vacuna/ PL: Producción Lana; IT: Índice de Técnicas (escala 0 a 100). DE: Desvío standard de la media. PBV. Producto bruto vacuno (U\$S/ha), PBO y PBL Producto bruto ovino y lana respectivamente, PBT Producto bruto total CT costos totales e IN Ingreso Neto (U\$S/ha).

El promedio de IN (50 dólares /ha) de la LB, resultó similar a los obtenidos por SGF de Uruguay (Albicette et al, 2016) pero superior al obtenido por SGF representados por la Encuesta reportada en el presente proyecto (Paparamborda, 2017). Las mejoras en la PCV y en los precios obtenidos porque se ofertaron mejores animales al mercado, contribuyen a explicar el incremento en el PBV (Tabla 7). En promedio, los costos totales no se modificaron, por lo tanto, las mejoras en el PBV se “trasladaron” al Ingreso neto y contribuyen a explicar gran parte del 42 por ciento de incremento en el IN del proceso de co-innovación con respecto a la línea de base (LB) (Gráfica17).



Gráfica 17. Cambios en el ingreso neto entre la línea de base, todos los SGF de la co-innovación y los SGF que efectivamente mejoraron (LQM) como producto de la COI.

Referencias LB: Línea de base (promedio ejercicio años 16-17); CO: co-innovación (ejercicios años 17-18); LQM: SGF que mejoraron el IN entre LB y CO

Por cada unidad de mejora en el porcentaje de destete vacuno se incrementó 114 kg/ha ($P < 0.001$) la PCV y 1,4 U\$S/ha el PBV. Esto confirma, que los rediseños orientados a mejorar la eficiencia reproductiva constituyeron una eficaz herramienta para mejorar el resultado físico y económico. Los modelos de regresión que explicaron el IN confirman que la reducción de los CT e incrementos en el PBV (Tabla 7), lo cual, resultó lógico dado que el IN resulta de sustraer los CT al PBT, pero también refleja la orientación de los rediseños prediales donde se buscó incrementar la producción con los mismos recursos, lo cual, implica mantención o reducción en los CT. Las mejoras del PBV asociadas al incremento en la PCV y destete contribuyeron de manera significativa a la mejora del IN. La precipitación durante Setiembre- Marzo y el número de días con heladas en Junio- Setiembre, y las relaciones de precios del stock vacuno no parecen haber tenido un impacto determinante en dichos resultados.

Los SGF representativos de los que más tiempo llevan integrados al proceso de co-innovación (CO) fueron clasificados como gestores espacio temporal del campo natural, con un superior índice de prácticas de la cría vacuna que los no coinovadores (NOCO) (Dupuy et al, 2019). Dicha clasificación contribuye a explicar las mejoras en las variables de estado del ecosistema cría vacuna en campo natural: la altura de forraje (NOCO = $3,4 \pm 1,2$ vs CO = $7,5 \pm 0,6$ cm), en la BCS (NOCO = $4,0 \pm 0,5$ vs CO = $4,9 \pm 0,5$) y kilos de destete por vaca entorada (Tabla 8) (Dupuy et al, 2019). En predios CO, el porcentaje de preñez resultó en ambos años de 100% (Tabla 8). La producción de carne por unidad de superficie fue 97 superior en CO con respecto NOCO (Tabla 8).



Tabla 8. Resultados reproductivos y productivos de SGF que NOCO y CO durante el período 2017-2018 (Dupuy et al, 2019)

SGF ¹	Kilogramos de ternero destetado/vaca entorada ²	de ³ Porcentaje de preñez 2018 (%)	Producción de carne vacuna Kg/Ha ⁴
NOCO1	106	71	68,0
NOCO1	111	92	
CO	195	100	134
CO	218	100	

¹ Sistemas Familiares Ganaderos (Paparamborda, 2017)

² Kilogramos de ternero destetado por vaca entorada a los 205 días postparto

³ Porcentaje de vacas preñadas por ultrasonografía

⁴Producción de carne vacuna: Diferencia de inventario±ventas±compras/has dedicadas a la ganadería

Los resultados de los SGF rediseñados se encuentran distante del potencial que permite estimar la investigación analítica y resultados de algunos SGF que la incorporan sobre cría y recría de vacunos en campo natural (Do Carmo et al, 2018; Do Carmo et al, 2019; Claramunt et al, 2019). Sobre el mismo problema: bajo porcentaje de destete vacuno, el rediseño identificó las técnicas que transformadas en prácticas mejoran el porcentaje destete, la PCV y el IN predial. Esto confirma la necesidad de trabajar a escala de SGF con un sólido abordaje ecológico y metodológico que sustente la intensificación ecológica de los SGF. Las mejoras del IN se relacionan con incrementos en el PBV y la producción de carne por unidad de superficie, las cual se basan en mejoras en el porcentaje de destete (por aplicación de las técnicas propuestas por el Modelo de Fagro) y la producción de carne por animal. Esto genera más kilos de peso vivo de superior valor lo cual explica el PBV. Los niveles de oferta de forraje de este SGF coinovador y gestor espacio temporal resultaron similares a los “óptimos” identificados por la investigación analítica (NOCO 3 vrs CO 6 kilos de MS/kg de peso vivo, Do Carmo et al, 2018). Dichos cambios contribuyen a explicar los niveles de producción de carne por unidad de superficie, ingreso neto predial y en la resiliencia observado por dichos modelos de producción ante variabilidad climática y económica (Dupuy et al, 2019)

Sin embargo se observaron diferencias entre SGF en: i) la capacidad de análisis cuantitativo e integración de información para identificar de forma certera los cuellos de botella de cada



sistema productivo y sus causas principales; ii) la capacidad de comunicar, enseñar, desafiar y entusiasmar a la familia con las posibilidades de cambio y cómo lograrlo; iii) la capacidad de adaptarse y responder rápidamente a los desafíos planteados por la dinámica de los sistemas y los planteamientos de los productores. Todos estos temas dejan planteados desafíos para continuar trabajando con el objetivo de mejorar la eficiencia y efectividad de este enfoque de trabajo, condición imprescindible para poder escalarlo como una propuesta general para los SGF del Uruguay y Argentina.

Articulación internacional e interinstitucional

Actividades de coordinación y trabajo. Reuniones de coordinación y trabajo de la Plataforma. Gestión de la plataforma.

Se llevaron a cabo 8 reuniones binacionales en las cuales, fueron ajustadas las principales hipótesis, protocolos de colección de datos y espacios de trabajo de cada uno de los grupos de investigación. Dados los antecedentes, se definió que en Uruguay se fortalecieran los experimentos analíticos de pastoreo, la integración de la información experimental a los modelos de simulación y el análisis de sistemas que abarcó el diseño y análisis de la encuesta y el trabajo de co-innovación. Mientras que en Argentina se enfatizó en cuantificar procesos asociados a la provisión de servicios ecosistémicos de SGF con diversa intensidad de pastoreo y porcentaje de arbustización y la caracterización de SGF de la provincia de Entre Ríos. Ambos grupos avanzaron en la modelación conceptual y matemática sobre el funcionamiento de SGF en pastoreo de campo natural. Estos grupos avanzaron mediante reuniones periódicas locales.

Actividades de análisis y síntesis de la información. Reuniones de análisis y síntesis de información con técnicos y productores que participan en la co-innovación.

Se llevaron a cabo jornadas anuales por país de análisis y síntesis de la información generada. Por otra parte, la información formó parte del proceso de tesis de grado, MSc y PhD de diversos estudiantes integrados al proyecto. Producto de estas se publicaron artículos científicos en revistas arbitradas, resúmenes en congresos arbitrados y de ponencias brindadas por el equipo de investigación.

Se llevaron a cabo 4 reuniones anuales de síntesis de información con los productores del proyecto en Uruguay y Argentina en las cuales se analizaron la marcha y resultados de los programas de rediseño planteados. La experiencia de co-innovación de Uruguay fue analizada e intercambiada con el equipo de INTA lo cual potenció el empleo de esta herramienta en Argentina. Se llevaron a cabo jornadas con productores en Argentina para explicita el enfoque de co-innovación y se procedió a la realización de un curso donde se expusieron los aspectos prácticos y teóricos de dicha metodología.

El grupo de Argentina entrenó y apoyo las determinaciones de aves que se llevaron a cabo en Uruguay y diseño el análisis estadístico de la información en su conjunto.



Actividades de presentación de resultados del proyecto. Jornadas de presentación de resultados en predios SGF, congresos, seminarios de postgrado, técnicas.

Ganadería Familiar de Cría en Argentina y Uruguay. Reunión del equipo de trabajo del Proyecto FONTAGRO. 30 Mayo 2018. Actas de reuniones

<https://inta.gob.ar/noticias/ganaderia-familiar-de-cria-en-argentina-y-uruguay-reunion-del-equipo-de-trabajo-del-proyecto-fontagro>

<http://www.revistachacra.com.ar/nota/19836-fontanagro-un-proyecto-para-ganaderia-sustentable/>

<https://inta.gob.ar/videos/reunion-proyecto-fontagro-ganaderia-familiar-de-cria-en-argentina-y-uruguay>

1) Seminario: “Innovación para promover la competitividad de la ganadería en campo natural en el siglo XXI”. Avances a escala experimental en Argentina y Uruguay. INIA Las Brujas. Uruguay. Marzo 2018.

<http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-las-brujas/innovaci%C3%B3n-para-promover-competitividad-de-la-ganader%C3%ADa-en-campo-natural-en-el-siglo-xxi>

<https://concienciaambiental.org/2018/03/26/co-innovacion-en-ganaderia-familiar/>

2) Jornada: “Innovación para promover la sustentabilidad de la ganadería en campo natural en Argentina y Uruguay” La Paz. Agosto/2018. <https://inta.gob.ar/noticias/sustentabilidad-ganadera-en-campo-natural-se-realizo-jornada-en-la-paz> ; https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_programa_jornada_lapaz_8ago2018.pdf; <https://es-la.facebook.com/INTAparana/?rc=p>

3) Jornada: Integrando la producción y el ambiente en la cría vacuna en campo natural: beneficios del monte nativo y evaluación de la condición corporal en el rodeo. <https://inta.gob.ar/videos/inta-eea-parana-integrando-la-produccion-y-el-ambiente-en-la-cria-vacuna-en-campo-natural-beneficios-del-monte-nativo-y-evaluacion-de-la-condicion-corporal-en-el-rodeo>

4) 3er Seminario Internacional de Ganadería Familiar y Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires (Argentina). 20 y 21 de Marzo de 2019.

Jornadas de campo para presentar resultados de avances a productores, técnicos y estudiantes:



1) [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/jornada de campo este nino rodriguez.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/jornada_de_campo_este_nino_rodriguez.pdf)

<http://www.fagro.edu.uy/index.php/estacion-experimental-bernadro-rosengurtt/noticias-eebr/3477-1er-curso-de-ganaderia-familiar-agroecologia-y-campo-natural>

<http://www.fagro.edu.uy/index.php/noticias-principales/3519-jornada-de-campo-recorriendo-el-predio-de-la-familia-castiglioni-con-la-consigna-trayectorias-para-mejorar-el-resultado-economico-de-la-ganaderia-del-basalto-superficial>

2) Seminario: “Innovación para promover la competitividad de la ganadería en campo natural en el siglo XXI”. Avances a escala experimental en Argentina y Uruguay. INIA Las Brujas. Uruguay. Marzo 2018.

<http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-las-brujas/innovaci%C3%B3n-para-promover-competitividad-de-la-ganader%C3%ADa-en-campo-natural-en-el-siglo-xxi>


<https://concienciaambiental.org/2018/03/26/co-innovacion-en-ganaderia-familiar/>

3) Jornada: “Innovación para promover la sustentabilidad de la ganadería en campo natural en Argentina y Uruguay” La Paz. Agosto/2018. <https://inta.gob.ar/noticias/sustentabilidad-ganadera-en-campo-natural-se-realizo-jornada-en-la-paz> ;
<https://inta.gob.ar/sites/default/files/>

[inta programa jornada lapaz 8ago2018.pdf](inta_programa_jornada_lapaz_8ago2018.pdf); <https://es-la.facebook.com/INTAparana/?rc=p>

4) Jornada: Integrando la producción y el ambiente en la cría vacuna en campo natural: beneficios del monte nativo y evaluación de la condición corporal en el rodeo. <https://inta.gob.ar/videos/inta-eea-parana-integrando-la-produccion-y-el-ambiente-en-la-cria-vacuna-en-campo-natural-beneficios-del-monte-nativo-y-evaluacion-de-la-condicion-corporal-en-el-rodeo>

5) 3er Seminario Internacional de Ganadería Familiar y Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires (Argentina). 20 y 21 de Marzo de 2019.



6) Jornadas de campo para presentar resultados de avances a productores, técnicos y estudiantes:

[http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/jornada de campo este nino rodriguez.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/jornada%20de%20campo%20este%20nino%20rodriguez.pdf)

<http://www.fagro.edu.uy/index.php/estacion-experimental-bernadro-rosengurt/noticias-eebr/3477-1er-curso-de-ganaderia-familiar-agroecologia-y-campo-natural>

<http://www.fagro.edu.uy/index.php/noticias-principales/3519-jornada-de-campo-recorriendo-el-predio-de-la-familia-castiglioni-con-la-consigna-trayectorias-para-mejorar-el-resultado-economico-de-la-ganaderia-del-basalto-superficial>

Seminarios

Seminario: Sistemas de producción ganaderos familiares, funcionamiento y resultados. Seminario “Innovación para promover competitividad de la ganadería encampo natural en el siglo XXI Uruguay 2018”

Seminario Técnico Ganadería Familiar y Desarrollo Rural en Brasil 2018.

Conferencia

P. Soca e I. Paparamborda, 2018. Intensificación ecológica de la ganadería familiar en campo natural. 2 Seminario Técnico Internacional “Pecuaria Familiar e Desemvolvimiento Rural” “Ganadería Familiar y Desarrollo Rural”. 21 y 22 de Marzo de 2018. Parque Juventino Correia Moura. Avenida Rio Branco Sindicato Rural Dom Pedrito. RS

Sonia Canavelli y P. Soca 2019 La intensificación ecológica y la co-innovación como herramientas de trabajo en sistemas ganaderos familiares de Argentina y Uruguay. 3er Seminario Internacional de Ganadería Familiar y desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, SENASA, INTA PAF, Facultad de Agronomía Uruguay, Unipampas, EMATER, RS, Brasil, UFRGS, Brasil. La Plata, Buenos Aires - 20 de marzo de 2019

Reuniones presenciales

Argentina: Reuniones del grupo completo (5 total): INTA- AER Feliciano (17 Marzo 2016), INTA - EEA Paraná: 21 Dic 2015, 24 Feb 2016, 8 Jun 2016, 22 Feb 2017. Reuniones grupo parcial: 13 (total)



Uruguay: Reuniones del grupo completo (3 en total) Fagro Udelar. Abril 2016-2017 y Setiembre de 2016.

Ambos países (4): EEA Concepción del Uruguay (19 y 20 Oct 2016, 27 y 28 Mar 2017), EEA Paraná (22 Dic 2015, 22 Ene 2016).

Reuniones virtuales (Skype) entre ambos países: 4 (2016), 3 (2017)

Articulación con el Centro Regional de Geomática (CEREGEO, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos) mediante la participación de docentes investigadores en el proyecto (4).

Vinculaciones internas (intercambios de investigadores, reuniones internas, etc.):

Reunión Técnica Grupo Aves de Uruguay y Argentina. EEA Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). 28-30 de Agosto de 2018.

Reuniones técnicas de vinculación de los integrantes del equipo del CEREGEO en reuniones internas y en eventos organizados en el marco del proyecto. (6)

Visita a predios localizados en las Sierras del Este y departamento Rocha en Uruguay. Intercambio de experiencias del proceso de co-innovación en Uruguay y Argentina, Marzo 2018 Uruguay

Visita a predios localizados en los departamentos de Feliciano y La Paz en Entre Ríos Argentina. Intercambio de experiencias del proceso de co-innovación en Uruguay y Argentina. Agosto 2018 Argentina

Discusión

La cuantificación de relaciones entre intensidad de pastoreo (IP), niveles de producción de carne, resultado económico y los servicios ecosistémicos (SE) del campo natural a diversas escalas (Parcela, predio, región) de un Bioma que representa 40 millones de has y 100000 SGF en la región Sur de América Latina, confirmó la relevancia estratégica de este proyecto en la economía y desarrollo ambiental de Uruguay y Entre Ríos, Argentina.

La mejora en la gestión espacio-temporal de la intensidad del pastoreo permitió incrementar la producción y el ingreso neto predial, y mejorar parcialmente algunos de los servicios ecosistémicos del campo natural. Estos resultados, coinciden con los obtenidos en Uruguay (Aguerre et al., 2018) y en Francia (Dumont et al, 2007), los cuales, han sido revisados en su aporte al modelo de conceptual de la intensificación ecológica para la innovación de ecosistemas



pastoriles (Dumont et al, 2020). A diferencia de la experiencia europea, donde la intensificación se lleva a cabo en base a un modelo de extensificación en el empleo de insumos (reducción en el empleo de nitrógeno, en los niveles de carga animal), la promoción y restauración de pasturas perennes y de la utilización de genotipos locales de vacunos adaptados (Dumont et al, 2007), en nuestro proyecto, la IE se basó en la mejora conjunta de la producción, consumo y eficiencia de uso de campo natural (Do Carmo et al, 2016). Este modelo, constituye un camino donde es posible desarrollar una estrategia ganar-ganar entre economía-ambiente, sin modificar sistemas y seres humanos que lo gestionan.

Las estimaciones de la IP u OF de los SGF de Uruguay y Entre Ríos Argentina, permitió confirmar que una mayoría de los SGF llevan a cabo una cría vacuna a mantenimiento de funciones vitales, limitados niveles de porcentaje de preñez, producción de carne por ha e ingreso neto predial (Paparamborda, 2017). En ambos países, los SGF funcionan con un desbalance entre la producción de forraje y los requerimientos de energía del rodeo de cría, lo cual, condiciona el limitado consumo de energía por parte de los animales a lo largo del ciclo productivo. Este desbalance tiene dos causas principales, que por lo general interactúan: 1) la elevada carga animal o IP y 2) la ausencia de gestión de los requerimientos de energía de la vaca a lo largo del ciclo productivo (Paparamborda, 2017). Dichos resultados resultaron coincidentes con modelos planteados desde la ecología, donde el pastoreo y la carga animal, constituyen las principales medidas de manejo a través de la cual es posible regular el flujo de captación y transformación de energía solar en producto animal (Briske y Heitschmidt, 1991). No obstante, los modelos dominantes de innovación en la región, han postulado que el empleo de insumos como la suplementación, pasturas mejoradas y cambios en la infraestructura como subdivisiones, aguadas y sombra permitiría incrementar los niveles de carga animal y los ingresos prediales de los SGF. Las estadísticas oficiales de la región (OPYPA, 2019) y los relevamientos realizados por el Proyecto, confirman que dichos supuestos no se cumplieron. Sin modificar la cantidad de forraje del CN ofertado al rodeo y la gestión de la energía y, por ende en la PPNA del campo natural, el agregado de insumos no generaría un incremento en producto animal, aumentaría los costos de producción y empeoraría el resultado económico, lo cual, en un marco de variabilidad climática y económica constituye una amenaza más que solución a la innovación de SGF. Por lo tanto, nuestro proyecto confirmó que para la innovación de los SGF debemos de considerar una ruta de cambio técnico que basada en la gestión del CN auto propulse la innovación y donde, a partir de “nuevos ecosistemas”, se avance hacia una ganadería de precisión con intensificación ecológica.

Cuando la gestión del CN se orientó con base a controlar la oferta de forraje (OF, kilogramos de forraje por kilogramo de peso vivo animal) (Sollenberger et al., 2005, Claramunt et al, 2018), sin modificaciones en el área de pastoreo, la carga animal resulta en una variable de respuesta. Los experimentos de pastoreo con vacas de cría, confirmaron que un incremento de la OF de Campo Natural de 2.5 a 5 kg MS/kg PV mejoró la altura, producción primaria y de carne por unidad de superficie (Do Carmo et al., 2018; Claramunt et al. 2017). Este diseño es inédito en Uruguay y a nivel internacional, y confirma que es posible incrementar la OF y mejorar en forma simultánea la producción, consumo y eficiencia de uso del CN. Parte de estos resultados (mejor producción y consumo de forraje) resultaron coincidentes con experimentos que a largo plazo evalúan el



efecto de incrementos en la oferta de forraje sobre campo natural sobre la recría vacuna en pastoreo de campo natural llevados a cabo en el sur de Brasil (Nabinger et al., 2009). Nuestros resultados, también confirman que es posible que un incremento en la OF durante otoño mejore la eficiencia de conversión del CN en kilos de ternero por vaca entorada, explicado por mejoras en el consumo de energía, los niveles de hormonas metabólicas (IGF1, Claramunt et al, 2018), la adaptación a las restricciones de invierno, y la conducta vaca-terneros ante flushing y destete temporario. Con un pequeño incremento en el consumo de forraje provocado por incrementos de OF del campo natural en otoño, se provocaron “señales” metabólicas y de conducta que orientan la partición de nutrientes a lo largo del ciclo de la vaca (Claramunt et al, 2018) las cuales resultaron similares a los experimentos de nuestro grupo (Soca et al, 2013). No obstante, las modificaciones en la conducta madre-hijo durante el postparto, cuando las vacas fueron sometidas a señales que intentan modificar la partición de la energía como el flushing y destete temporario resulta una novedad en la literatura internacional (Claramunt et al, 2019).

Nuestro proyecto confirmó que es posible mejorar un 40 % el ingreso neto de los SGF en Uruguay y comenzar a tipificar, diagnosticar y rediseñar SGF de Entre Ríos, Argentina, donde se acoplan positivamente las mejoras en producción de carne, ingreso neto y provisión de servicios ecosistémicos. Los resultados de la co-inovación en Uruguay coinciden con un trabajo de investigación en siete sistemas ganaderos criadores sobre campo natural de la región Este del Uruguay (Albicette et al., 2017) donde a partir del enfoque de co-innovación (Dogliotti et al. 2014) se demostró cómo es posible, a partir de los mismos recursos productivos que disponen los predios, mejorar el ingreso neto familiar. Al cabo de tres años (2012-2015) los predios pasaron de 0,92 a 0,85 UG/ha, redujeron la relación lanar vacuno de 2,6 a 1,5 y modificaron la gestión espacial y temporal de la intensidad de pastoreo. La preñez en vacunos pasó de 76 a 91 %, la producción de carne aumentó de 99 kg carne equivalente/ha/años a 121 kg de carne equivalente/ha/año, en tanto que el ingreso neto familiar pasó de 58 a 90 U\$S/ha/año (Aguerre et al., 2018). Las mejoras resultan explicadas por el incremento en la altura del forraje y la OF que pasó de 3.3 a 5.6 kgMS/kgPV, en la condición corporal y los kilos de ternero destetados en SGF participantes de la CO (Dupuy et al, 2019).

Sobre el mismo problema, de bajo porcentaje de destete vacuno, el rediseño de manejo en los predios identificó las técnicas que transformadas en prácticas mejoran el porcentaje destete, la producción de carne vacuna (PCV) y el IN predial. Esto confirma la necesidad de trabajar a escala de SGF con un sólido abordaje ecológico y metodológico que sustente la intensificación ecológica. A escala predial, la carga animal y/o de oferta de forraje (OF) resultaron buenos estimadores de la IP. No obstante, nuestro proyecto también confirmó que, además de cuantificar los niveles de carga animal u OF, los análisis de los SGF deben de incorporar la gestión espacio-temporal del campo natural y la relación con prácticas de manejo del rodeo de cría que modulan la relación consumo-requerimientos de Energía del rodeo (Do Carmo et al, 2016; Paparamborda, 2017, Dupuy, 2020). Las mejoras del ingreso neto (IN) se relacionan con incrementos en el producto bruto vacuno (PBV) y la producción de carne por unidad de superficie, las cuales reflejan las mejoras en el porcentaje de destete, por cambios en la OF y manejo de la energía de la vaca de cría (Soca y Orscaberro, 1992) y en la producción de carne por animal. Este enfoque generó un incremento en los kilos de peso vivo de superior valor monetario que se expresó en PBV. La PCV



y costos totales explicaron el 70 por ciento de la variación en IN. Los niveles de oferta de forraje de un SGF co-innovador y gestor espacio temporal resultaron similares a los “óptimos” identificados por la investigación analítica (NOCO 3 vrs CO 6 kilos de MS/kg de peso vivo, Do Carmo et al, 2018). Dichos cambios contribuyen a explicar los niveles de producción de carne por unidad de superficie, ingreso neto predial y en la resiliencia observado por dichos modelos de producción ante variabilidad climática y económica (Dupuy et al, 2019).

Las relaciones, en su mayoría positivas, encontradas entre servicios ecosistémicos como calidad y erosión de suelo, C en suelo y diversidad de aves del pastizal con la altura del campo natural, resultaron similares a lo reportado por grupos de investigación en ecología del pastoreo en la región (Nabinger, 2016). Por ejemplo, un aumento en la altura del campo natural (hasta niveles de 12 cm) durante un largo plazo (superior a 15 años), mejoró en forma simultánea la PPNA, producción secundaria, el contenido de MO en el suelo y la diversidad de especies (Nabinger, 2016). En nuestro proyecto, la composición de plantas forrajeras de los predios evaluados fue similar a la hallada en estudios previos en la misma región (Casermeiro et al. 2003, Cruz et al. 2019, Pizzio et al. 2016). En tanto, la diversidad funcional, fue superior a la informada por otros autores en pastizales con similar régimen de uso (Cruz et al. 2010, Torok et al. 2016, Lezana et al. 2019), indicando una alta resiliencia de los sistemas a la presión de pastoreo. Este resultado, que demuestra la resiliencia del pastizal sometido a elevadas IP, justifica la magnitud y velocidad de los cambios en los niveles de PPNA y producción de carne por hectárea que se obtienen cuando incremento la OF en reducida cantidad (Claramunt et al, 2018). La diversidad vegetal presente en el campo natural no limitaría las mejoras a obtener cuando cambiamos la gestión del pastizal, lo cual resulta similar a lo planteado por modelos teóricos que analizan IP y diversidad (Milchunas y Lauenroth, 1993). Si bien los SGF han sido gestionados con elevada carga animal desde hace años, los estudios de diversidad de este proyecto confirman que la misma no ha sido afectada permanentemente y constituye una propiedad sistémica “emergente” que contribuye a explicar la magnitud y velocidad de respuesta cuando los pastizales son sometidos a cambios en la OF.

La revisión sobre SE asociados a los campos naturales para la región del Bioma Pampa (Uruguay y partes de Brasil, Paraguay y Argentina) mencionan al pastoreo o el manejo del pastoreo como una de los “drivers” que afecta estos SE (Modernell et al, 2018). No obstante, la mayoría de los trabajos evalúan pastoreo y exclusión (del pastoreo), siendo muy escasos los trabajos que plantean a la intensidad de pastoreo o gradientes de intensidad de pastoreo como tratamientos a evaluar (Piñeiro, 2017; Modernell et al, 2018). Respectos a los SE de provisión, los resultados de este proyecto coinciden con lo reportado a nivel nacional y regional donde un cambio en la IP asociado a reducción en la OF mejoró la producción primaria y secundaria (Nabinger et al., 2009, Claramunt et al., 2017; Do Carmo et al., 2018).

De manera similar, los resultados hallados al analizar la riqueza y abundancia de aves de pastizal y sabana en relación con la intensidad de pastoreo indicarían el potencial del manejo ganadero orientado a mejorar la condición del pastizal, fundamentalmente en relación con su altura y cobertura, como un instrumento para aumentar la producción ganadera y propiciar la conservación de aves en estos ambientes. Los resultados hallados, en los cuáles se corroboraron patrones de relaciones entre la estructura de la vegetación y la abundancia de aves, condicen



con estudios previos realizados en predios ganaderos de la regiones similares (pastizales) donde se corroboró que a valores altos o medios de altura y cobertura del pasto se registró mayor abundancia de aves de pastizal y sabana (Isacch & Martínez 2001, Dias et al. 2014) o mayor abundancia de especies obligadas de pastizal o especies de interés de conservación (Aspiroz & Blake 2016). Estos resultados demuestran la utilidad de la intensidad del pastoreo como una herramienta para promover la diversidad de aves presentes en los predios, mediante su influencia en la heterogeneidad de la estructura de la vegetación, tanto en ambientes típicos de bosques y sabanas, como el Espinal de Entre Ríos, como en los pastizales de Uruguay.

La mayoría de las especies de aves estuvieron fuertemente asociadas con la estructura de la vegetación, y su presencia (a nivel de especies) brindó información sobre la intensidad de pastoreo en los predios. La perdiz común, estuvo positivamente asociada con la altura de los pastos, indicando una negativa respuesta a un aumento en la intensidad de pastoreo, tanto en Argentina como en Uruguay. En cambio, el carpintero campestre, la perdiz colorada, el tero común y el chingolo en Uruguay, y la calandria grande en Argentina, estuvieron relacionados negativamente con la altura del pasto, indicando una posible relación positiva con el aumento en la intensidad de pastoreo. Sin embargo, las respuestas de estas especies fueron diferentes en ambientes más cerrados y altamente pastoreados, como los bosques nativos y sabanas de Argentina, comparados con los pastizales más abiertos y menos intensamente pastoreados de Uruguay. En Argentina, algunas especies estuvieron presentes en predios con alta cobertura de pastos (chingolo ceja amarilla, perdiz colorada, leñatero, y tijereta), pero la altura de los árboles o la cobertura de arbustos limitó la presencia de otras especies especializadas en pastizales y sabanas en estos predios. Por el contrario, en los pastizales uruguayos, la presencia de árboles, perchas o matas de hierbas altas favoreció la ocurrencia de varias especies de sabana, como el carpintero campestre, el leñatero, la tijereta, la calandria grande y la golondrina parda. Consecuentemente, el manejo de la intensidad de pastoreo en los predios parecería ser una herramienta adecuada para diseñar predios ganaderos que promuevan tanto la productividad ganadera como la conservación de la diversidad de aves. El punto crítico aquí es encontrar los compromisos entre ambos objetivos, que permitan satisfacer las expectativas de los múltiples actores involucrados en la producción ganadera en campo natural. Esto es particularmente importante en los SGF, en los cuáles el aumento en la productividad es crítico para la sostenibilidad de estos sistemas de producción.

De manera similar, el presente proyecto identificó relaciones directas entre la IP y la calidad y erosión el suelo. El área del centro-norte de Entre Ríos, abarcada por este estudio, fue sujeta a un proceso de deforestación en los últimos años en el que la superficie cubierta por bosques nativos experimentó una reducción de casi un 20 % en el período 1991-2011 (Sabattini et al., 2017). El reemplazo del bosque nativo por agricultura incrementó, de manera directa, los procesos de degradación y erosión del suelo (Sione et al., 2016; Wilson et al., 2016b; Wilson et al., 2018). No obstante, la pérdida de importantes superficies de masas forestales nativas se presume afectaría también la calidad de suelos de los montes remanentes, debido a incrementos en la carga animal que integren parte del ganado desplazado por la agricultura. De hecho, la calidad de suelos en el presente proyecto para 60% de los montes con actividad ganadera fueron similares a los valores de sitios agrícolas reportados por Wilson et al. (2018), indicando el deterioro del monte debido a la actividad ganadera con elevada IP. Esta pérdida de calidad de



suelo fue más marcada en los suelos molisoles y vertisoles. A modo de referencia, en un sitio de bosque nativo sin ganadería (Sitio piloto “Arroyo Estacas”, La Paz, del Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación de Argentina), se reportó un índice de calidad de suelos en categorías altas a muy altas para los tres órdenes de suelos, alfisoles, molisoles y vertisoles (Wilson et al., 2018). Respecto a la erosión del suelo, los sitios con monte nativo sin ganadería de este sitio “testigo” no presentaron indicios de erosión hídrica (Wilson et al., 2018), mientras que los sitios de monte con ganadería relevados por este proyecto evidenciaron procesos de erosión hídrica de diferente magnitud, con valores de estado de erosión levemente inferiores a los sitios agrícolas.

Otro servicio ecosistémicos de soporte y regulación que brinda el campo natural en el que se realiza ganadería de cría, es el secuestro de carbono (Sala and Paruelo, 1997). No obstante, hay pocos estudios que demuestran el potencial de los pastizales naturales de los Biomas Campos-Pampa y Espinal de secuestrar carbono antes diferentes niveles de intensidad de pastoreo. En el caso del Espinal, del total del C almacenado en los bosques, se considera que en promedio el 42% se almacena en la biomasa viva (aéreo y raíces) y un 44% en el suelo, aunque existen diferencias en los compartimentos según se trate de bosques de clima templado, boreales o tropicales (Pan et al., 2011). El C determinado en este proyecto en el compartimento arbóreo fue muy variable (desde un mínimo de 0,5 a un máximo de 55 Mg C ha⁻¹), y levemente inferior a valores reportados para la biomasa arbórea aérea en el Chaco árido (1,5 y 78 Mg ha⁻¹ para individuos con DAP menor y mayor a 10 cm respectivamente, Baumann et al., 2017). La gran variación observada en los valores de C almacenados en la biomasa forestal aérea posiblemente se deba a que se incluyeron sitios con diferentes densidades y diámetros de árboles, desde ambientes más de tipo sabanas, con árboles aislados, hasta ambientes con distintos niveles de sucesión secundaria y otros con menor intervención del bosque, donde se esperaría que un mayor stock de C en la biomasa forestal. Este gradiente, indicaría que existe gran potencial para secuestrar C en el estrato arbóreo de los bosques de Espinal, sobre todo en los ambientes de mayor degradación, donde se podría esperar una mayor regeneración del bosque (Pan et al., 2011).


Los valores medios de stock de C en la materia orgánica del suelo (C-MOS) estuvieron levemente por debajo de los valores medios hallado por Piñeiro et al. (2009) en sitios bajo pastoreo de los pastizales del Río de la Plata, siendo similares a los que los autores hallaron puntualmente en zonas de bajos pastoreadas (69 Mg ha⁻¹) y no pastoreadas (60 Mg ha⁻¹). Asimismo, en el presente estudio no se encontró un patrón en el stock de C-MOS (o sus fracciones) asociado a la intensidad de pastoreo. En un reciente metaanálisis, Abdalla et al. (2018) observaron que el incremento de intensidad del pastoreo en general conduce a una reducción del C-MOS, aunque su impacto está asociado al clima, habiendo incrementos (+7,6%) particularmente en ambientes de climas cálidos y húmedos, donde los pastizales están dominados por especies C4. Esto nos conduce a plantear que cuando se implementan incrementos en la OF, la fracción C MOS se modificaría en forma positiva como se reporta en Uruguay luego de 3 años de co-inovación (Aguerre et al. 2018). Finalmente, la interdependencia entre el carbono y el ciclo del nitrógeno, demostrada en los pastizales del Bioma Pampa en relación a cambios debidos al pastoreo por el ganado doméstico (Piñeiro et al. 2006), fue explorada en este proyecto al analizar el stock de C respecto a otras variables, como la concentración de N y la textura del suelo. En el caso de N, es esperable que este ejerza un control sobre el C-MOS, de modo de tratar de equilibrar la relación C/N de la materia orgánica del suelo (MOS, Neff et al., 2002; Prescott, 2010). Así, uno de los



mecanismos por lo que el C-MOS aumentaría en los sistemas bajo pastoreo es debido a que existe un incremento del N en el suelo debido a su ingreso a partir de las heces y la orina (Piñeiro et al., 2010, 2009). Esta relación positiva entre la concentración de N y el stock de C se encontró en este proyecto en la fracción más lábil del mismo (C-MOP). Asimismo, se observó una relación positiva de la fracción lábil (C-MOP) con los suelos de textura más finas, lo cual podría asociarse a una mayor capacidad de agregación que éstos suelos presentan en relación a los suelos más arenosos, y por lo tanto con mayor potencial de protección del C-MOP en los agregados del suelo (Six et al., 2002).

Sumado a la provisión de valores originales de stock de C para el Espinal, este proyecto reportó también valores de emisión de óxido nitroso (N_2O), uno de los gases de efecto invernadero, en potreros de predios que reflejan el funcionamiento de los SGF, con un valor promedio de emisión de N_2O de $16 \text{ gr N-N}_2O \text{ ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ durante la estación estival de dos años consecutivos, con regímenes de precipitaciones diferentes. En Argentina, valores similares a los hallados en este proyecto fueron hallados por Della Chiesa et al. (2018), quienes encontraron que la emisión en un pastizal natural estuvo entre valores de $7\text{-}18 \text{ gr ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ en los meses de verano. Sin embargo, se han reportado valores mayores de emisiones como los encontrados por Du et al. (2006) en pastizales templados de China, quienes reportaron valores en la misma estación de 50 a $300 \text{ gr N-N}_2O \text{ ha}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ así como también, Beek et al. (2011) reportaron valores más altos con respecto a nuestros valores promedio en campos con pastoreo (c.a. $3.2 \pm 2.9 \text{ kg N - N}_2O \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$). Por otra parte, Van Beek et al. (2011) reportaron valores promedio en campos con pastoreo más altos con respecto a nuestros valores (c.a. $3.2 \pm 2.9 \text{ kg N - N}_2O \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) al igual que Perdomo et al. (2009), quienes informaron valores menores a $5 \text{ gr N- N}_2O \text{ ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ para pasturas naturales de Uruguay. Las emisiones de N_2O provenientes del proceso de nitrificación son generalmente menores que las que se generan durante la desnitrificación (Castaldi, 2000; Smith et al., 2003). Los valores de EPLLA hallados en este estudio podrían indicar que la emisión de N_2O estuvo gobernada por nitrificación (Zhu et al., 2013), siendo ésta una explicación de los valores bajos de emisiones de N_2O encontrados con respecto al resto de los informados en la bibliografía.

La consolidación de una plataforma de investigación con experimentos analíticos, trabajos prediales de investigación y co-innovación donde confluyen instituciones como INIA (Uruguay), INTA (Argentina) y Udelar (Uruguay), desarrollada en un espacio de cooperación con grupos de investigación de excelencia de institutos y universidades de primer nivel, constituye uno de los principales hallazgos de este proyecto. Este modelo de innovación no se ha generalizado en la región, y resulta central para continuar avanzando en la intensificación ecológica, dado que es una herramienta clave en el modelo de escalamiento y aplicabilidad del cambio técnico. Y coincide con el enfoque de algunos grupos de investigación sobre desarrollo de ecosistemas en otras regiones (e.g., Europa, Dumont et al, 2020). La investigación en los predios de productores permitió que los resultados que emergen sugieran mejoras que sean compatibles con la forma en la cual los productores toman sus decisiones (Doré et al., 1997), lo que puede facilitar procesos de aprendizajes a partir del entendimiento del funcionamiento predial y cuantificación de los resultados de las prácticas de producción. Implementado de este modo, el proyecto logró generar un cambio en el ecosistema de producción donde el análisis del sistema, la identificación de su funcionamiento y la relación del mismo con los resultados productivos, económicos y



ambientales, integrado con una propuesta de co-innovación de los SGF, generó aprendizaje y cambio técnico que mejoró el ingreso neto en los SGF. De esta manera, se constituyó una poderosa plataforma que permite plantear proyectos de desarrollo de SGF en Uruguay y Argentina.

Conclusiones

La primera conclusión que surge del proyecto es la confirmación que la ganadería sobre campo natural del Bioma Pampas y Espinal puede ser sometida a procesos de intensificación ecológica para mejorar la economía y los SE en los SGFs, con base en políticas públicas basadas en un modelo de trabajo donde se conjuguen una propuesta técnica para mejorar los ingresos de la cría en campo natural basada en sólida investigación analítica y la co-innovación, que aborda los SGF en base a complejidad de los SGF, el aprendizaje social de los involucrados y monitoreo continuo de los resultados. El conocimiento y cuantificación de la estructura, gestión y niveles de producción física de los SGF de Uruguay y Entre Ríos Argentina, logrado en este proyecto, permitió conocer la línea de base, los problemas y las razones por las cuales la ganadería presenta limitados ingresos económicos, limitada provisión de SE y escasa sostenibilidad. Un planteo de atenuación de los problemas que genera la variabilidad climática en estos SGF debería, consecuentemente, modificar el modelo ganadero de producción dominante en la región.

La velocidad y magnitud de los cambios que genera la co-innovación permite recomendar este marco teórico para abordar sistemas y problemas complejos, como es la innovación de la ganadería en campo natural. Para ello, resulta sumamente potente acoplar una sólida propuesta técnica, basada en experimentos analíticos, con el trabajo predial basado en la co-innovación, donde confluyen un correcto diagnóstico y rediseño de SGF. En este proyecto, este acople permitió incorporar en la complejidad de los SGF la gestión humana, con el objeto de mejorar el ingreso neto de los productores en corto tiempo, sin modificar los recursos disponibles. Este modelo de intensificación ecológica de los SGF en Uruguay y Argentina permitiría, consecuentemente, mejorar significativamente su sostenibilidad económica, ambiental y social. De este modo, su escalamiento a grandes regiones ganaderas del Bioma Pampas y Espinal (entre otros), podría contribuir a mejorar el balance entre economía y ambiente en la región, y ser la base de nueva ganadería de precisión y desarrollo de, por ejemplo, una denominación de origen, como “CARNE DE CAMPO NATURAL CON PROMOCION DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS”.

El enfoque de co-innovación aplicado en este proyecto confirma, también, la necesidad del trabajo detallado a escala de predio. Frente a un mismo problema común a los SGF abarcados por el proyecto (bajo porcentaje de destete vacuno), el rediseño identificó las técnicas que transformadas en prácticas mejoran el porcentaje de destete, la producción de carne vacuna y el ingreso neto predial. Esto confirma la necesidad de trabajar a escala de SGF con un sólido abordaje metodológico, que sustente la intensificación ecológica de los SGF. Sin embargo, se observaron diferencias entre SGF en: i) la capacidad de análisis cuantitativo e integración de



información para identificar de forma certera los cuellos de botella de cada sistema productivo y sus causas principales; ii) la capacidad de comunicar, enseñar, desafiar y entusiasmar a la familia con las posibilidades de cambio y cómo lograrlo; iii) la capacidad de adaptarse y responder rápidamente a los desafíos planteados por la dinámica de los sistemas y los planteamientos de los productores. Todos estos temas dejan planteados desafíos para continuar trabajando con el objetivo de mejorar la eficiencia y efectividad de este enfoque de trabajo, condición imprescindible para poder escalarlo como una propuesta general para los SGF del Uruguay y Argentina.

El proyecto logró generar, en su transcurso, un cambio en los sistemas de producción de los SGF, donde el análisis de sistemas, la identificación de su funcionamiento y su relación con resultados económicos y ambientales, integrada en propuestas de co-innovación de los SGF habría generado aprendizaje y cambio técnico que mejoraría el ingreso neto y, de esta manera, permitiría plantear proyectos de desarrollo de SGF en Uruguay y Argentina. La vinculación entre una propuesta técnica probada científicamente y un marco teórico como la co-innovación permitió acelerar los procesos de cambio de los SGF. La incorporación del enfoque de co-innovación potenció también el perfil de investigadores y extensionistas involucrados en el proyecto, dado que contribuye a la generación de hipótesis y propuestas donde el foco lo constituyen las personas y el SGF que manejan.

Finalmente, las relaciones encontradas entre la diversidad de plantas y aves con la intensidad de pastoreo, nos permiten proponer, de manera incipiente y pendiente de validación a campo, la utilización de especies de plantas y aves, como indicadoras de la intensidad de uso ganadero en los predios. Asimismo, refuerzan la estrecha relación entre la intensidad de uso ganadero y su impacto en la biodiversidad, sosteniendo la utilidad de su manejo como una herramienta adecuada para el diseño de predios ganaderos con alta productividad y biodiversidad. De este modo, en este proyecto generamos información que demuestra la importancia de los productores ganaderos familiares como guardianes del capital natural que contienen los pastizales, bosques y sabanas en los que desarrollan sus actividades.



Referencias Bibliográficas

- Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D.R., Jones, D.L., Evans, C.D., Jones, M.B., Rees, R.M., Smith, P. 2018. Agriculture, Ecosystems and Environment Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 253, 62–81. doi:10.1016/j.agee.2017.10.023
- ACochran, W. 2000. *Técnicas de muestreo* (15 ed.). México: Compañía Editorial Continental.
- Albicette, M.M., Leoni, C., Ruggia, A., Scarlato, S., Albín, A. y Aguerre, V. 2017. A co-innovation approach in family-farming livestock systems in Rocha - Uruguay: three-year learning process. *Outlook on agriculture*, 46(2), 92-98.
- Albicette, M.M., Scarlato, S. y Aguerre, V. 2016. Co-innovación para promover sistemas ganaderos familiares más sostenibles en Uruguay. Análisis de tres años de cambios en la dimensión social de la sostenibilidad. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales* 1(2).
- Alkemade R, R. S. Reid, M. van den Berg, J. de Leeuw, and M. Jeuken. 2013. Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences (PNAS)* 24, 110: 20900-20905; <https://doi.org/10.1073/pnas.1011013108>
- Álvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tiftonell, P. y Groot, J.C.J. 2015. Constructing typologies, a way to deal with farm diversity: general guidelines for the Humidtropics. Report for the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. Plant Sciences Group, Universidad de Wageningen, Holanda.
- Azpiroz, A. B., Blake, J. G. 2016. Associations of grassland birds with vegetation structure in the Northern Campos of Uruguay. *The Condor* 118: 12-23.
- Baumann, M., Gasparri, I., Piquer-Rodríguez, M., Gavier Pizarro, G., Griffiths, P., Hostert, P. and Kuemmerle, T. 2017. Carbon emissions from agricultural expansion and intensification in the Chaco. *Global Change Biol.* 23, 1902–1916. doi:10.1111/gcb.13521
- Briske, D.D., Sayre, N.F., Huntsinger, L., Fernandez-Gimenez, M., Budd, B., Derner, J.D., 2011. Origin, persistence, and resolution of the rotational grazing debate: integrating human dimensions into rangeland research. *Rangeland Ecol. Manage.* 64, 325–334
- Cardozo G, Jaurena M & Do Carmo M. 2015. Herbage allowance a management tool for re-design livestock grazing systems: four cases of studies 5th International Symposium for Farm Designs Systems. Montpellier France. September 2015
- Carriquiry M., A.C. Espasandin, A. L. Astessiano, A. Casal, M. Claramunt, M. Do Carmo, V. Gutierrez, J. Laporta, A. Meikle, R. Perez-Clariget, S. Scarlato, A. I. Trujillo, C. Viñoles, P. Soca. 2013. Oferta de forraje del campo natural y resultado productivo de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: II. Respuesta metabólica y potencial productivo del ternero. En: Quintans G, Scarsi A (Eds). Seminario de actualización técnica: Cría Vacuna. Montevideo: INIA. 119-134 p.
- Casermeiro J., E. Spahn, D. Bendersky, P. Schlund, M. Revora y B. Chiapino. 2003. Diagnóstico del estado y uso de los recursos naturales de pequeños productores del centro norte de Entre Ríos. *Revista Científica Agropecuaria* 7(2): 29-35.
- Casermeiro, J., Spahn, E., Bendersky, D., Schlund, P., Revora, M., Chiapino, B. 2003. Diagnóstico del estado y uso de los recursos naturales de pequeños productores del centro norte de



- entre ríos. *Revista Científica Agropecuaria*, 7(2), 29-35.
- Chapin III, F. S., Sala O. E. & Huber-Sannwald, E. 2001. Global biodiversity in a changing environment: scenarios for the 21st century. Springer Science & Business Vol. 152.
- Chernoff, H. 1973. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American statistical Association*, 68(342), 361-368.
- Claramunt M., A. Fernández-Foren P. Soca. 2018. Effect of herbage allowance on productive and reproductive responses of primiparous beef cows grazing on Campos grassland. *Animal Production Science* 58, 1615-1624.
- Claramunt M., A. Meikle, P. Soca. 2019. Metabolic hormones, grazing behaviour, offspring physical distance and productive response of primiparous beef cows grazing at two herbage allowances. *Animal*. Publicado on line 26-12-2019
- Cruz, P., De Quadros, F. L. F., Theau, J. P., Frizzo, A.; Jouany, C., Duru, M. & Carvalho, P. C. 2010. Leaf Traits as Functional Descriptors of the Intensity of Continuous Grazing in Native Grasslands in the South of Brazil. *Rangeland Ecology & Management*: 63(3), 350-358.
- Cruz, P., Duru, M., Therond, O., Theau, J. P., Ducourtieux, C., Jouany, C. & Ansquer, P. 2002. Une nouvelle approche pour caractériser les prairies naturelles et leur valeur d'usage. *Fourrages*, 172, 335-354.
- Cruz, P., Lezana, L., Durante, M., Jaurena, M., Figari, M., Bittencourt, L., ... & de Quadros, F. L. F. 2019. Una clasificación funcional de 63 Poáceas comunes de los pastizales naturales de Sudamérica. *Ecología Austral*, 29(2), 239-248.
- Cruz, P., Lezana, L., Durante, M., Jaurena, M., Figari, M., Bittencourt, L., ... & de Quadros, F. L. F. (2019). Una clasificación funcional de 63 Poáceas comunes de los pastizales naturales de Sudamérica. *Ecología Austral*, 29(2), 239-248.
- Cuadras, C. y Salvo-Garrido, S. 2018. Predicción multivariante basado en distancias. <http://www.ub.edu/stat/personal/cuadras/Capdbufror70sin.pdf>
- Della Chiesa, T., Piñeiro, G., & Yahdjian, L. 2019. Gross, Background, and Net Anthropogenic Soil Nitrous Oxide Emissions from Soybean, Corn, and Wheat Croplands. *Journal of environmental quality*, 48, 16-23.
- Della Chiesa, T., Piñeiro, G., & Yahdjian, L. 2019. Gross, Background, and Net Anthropogenic Soil Nitrous Oxide Emissions from Soybean, Corn, and Wheat Croplands. *Journal of environmental quality*, 48(1), 16-23.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dias, R. A., Bastazini, V. A., & Gianuca, A. T. 2014. Bird-habitat associations in coastal rangelands of southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* 104: 200-208.
- Diaz, S., Noy-Meir, I., Cabido, M. 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits?. *Journal of Applied Ecology*, 38, 497-508.
- DIEA. 2014. Censo General Agropecuario 2011: Resultados definitivos. Recuperado de <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011>



- Dogliotti, S., García, M.C., Peluffo, S., Dieste, J.P., Pedemonte, A.J., Bacigalupe, G.F., Scarlato, M., Alliaume, F., Alvarez, J., Chiappe, M. & Rossing, W.A.H. 2014. Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 126, 76-86.
- Do Carmo, M., Claramunt, M., Carriquiry, M. y Soca, P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *Journal Animal Science*, (94), 84-92.
- Do Carmo, M; G. Cardozo, M. Jaurena and P. Soca, 2019. Demonstrating control of forage allowance for beef cattle grazing Campos grassland in Uruguay to improve system productivity. *Tropical Grasslands-Forrajeros Tropicales* (2019) Vol. 7(1):35-47
- Dogliotti, S., García, M.C., Peluffo, S., Dieste, J.P., Pedemonte, A.J., Bacigalupe, G.F., Scarlato, M., Alvarez, J., Chiappe, M., Rossing, W.A.H. 2014. Co-innovation of family farm systems: a systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems* 126:76-86.
- Du, R., Lu, D., Wang, G. 2006. Diurnal, seasonal, and inter-annual variations of N₂O fluxes from native semi-arid grassland soils of inner Mongolia. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(12), 3474-3482.
- Dupleich, J. A and G. Vicente. 2012. La agricultura familiar en el Dpto. La Paz. En: *Experiencias de extensión actuando en los territorios*. INTA EEA Paraná. Serie Extensión n° 67:37-49.
- Dupuy, F. 2019. Improving sustainability in cow calf grazing Systems by managing plant-animal relationship in Campos grassland in Uruguay, *Proceeding 6 th International Symposium for Farm Designs Systems*, Montevideo, Uruguay.
- Durante, M. Lezana, L., Oesterheld, M. 2014. Estimación de la productividad primaria neta aérea forrajera a partir de sensores remotos en pastizales del centro norte de Entre Ríos. 37° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal, CABA, octubre de 2014.
- Engler P., M. Rodríguez, R. Cancio, M. Handloser and L. Vera. 2008. Zonas agroecológicas homogéneas de Entre Ríos. *AEES INTA* n° 6.
- Fuente de precipitaciones en la localidad de Colonia Avigdor, Entre Ríos. <https://www.hidraulica.gob.ar/redPluviometrica.php>. Ingreso: diciembre de 2019.
- Gazzano, I., & Achkar, M. 2014. Transformación territorial: análisis del proceso de intensificación agraria en la cuenca del área protegida Esteros de Farrapos, Uruguay. *REVISTA BRASILEIRA DE AGROECOLOGIA*, 9(2).
- Grime, J. P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86(6), 902-910.
- Grime, J. P. 2006. Trait convergence and trait divergence in herbaceous plant communities: mechanisms and consequences. *Journal of Vegetation Science*, 17(2), 255-260.
- Herrera L, C. Nabinger, F. Weyland y A. Parera. 2014. Caracterización de los pastizales del Cono Sur, servicios ecosistémicos y problemática actual de conservación. Pp. 21-39 en Parera, A., I. Paullier y F. Weyland (ed.) *Índice de contribución a la conservación de pastizales naturales del cono sur. Una herramienta para incentivar a los productores rurales*. 181 pp.
- Herrero-Jáuregy and M. Oesterheld. 2018. Effects of grazing intensity on plant richness and diversity: a meta-analysis. *Oikos* 127: 757-766.
- Isacch, J. P., and M. M. Martínez. 2001. Estacionalidad y relaciones con la estructura del hábitat de la comunidad de aves de pastizales de paja colorada (*Paspalum quadrifarium*)



- manejados con fuego en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitología Neotropical* 12:345–354.
- Kassambara, A. and Mundt, F. (2017). factextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factextra>
- Kéry, M., y Schaub, M. 2012. Bayesian population analysis using WinBUGS: a hierarchical perspective. Access Online via Elsevier.
- Lezama, F., Baeza, S., Altesor, A., Cesa, A., Chaneton, E. J. & Paruelo, J. M. 2013. Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. *Journal of Vegetation Science*, 25(1), 8-21.
- Lezana, L. 2019. Efecto de la frecuencia de pastoreo y la fertilización sobre la productividad y la composición funcional de las gramíneas dominantes de un pastizal natural del este de Entre Ríos. Tesis Maestría en Recursos Naturales. Escuela para Graduados Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 79 pág.
- Loydi, A. & Distel, R. A. 2010. Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecología Austral*, 20(3), 281-291.
- Mason, N. W., Macgillivray, K., Steel, J. B. & Wilson, J. B. 2003. An index of functional diversity. *Journal of Vegetation Science*, 14(4), 571-578.
- Mason, N. W., Mouillot, D., Lee, W. G. & Wilson, J. B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111(1), 112-118.
- Milchunas, D. G. & Lauenroth, W. K. 1993. A quantitative assessment of the effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 63(4), 327-366.
- Moon, K. (2018). ggiraphExtra: Make Interactive 'ggplot2'. Extension to 'ggplot2' and 'ggiraph'. R package version 0.2.9. <https://CRAN.R-project.org/package=ggiraphExtra>
- Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., Pinto, C. E., Mezzalana, J. C., Brambilla, D. M., & Boggiano, P. 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 19, 27-34.
- Neff, J.C., Townsend, A.R., Gleixner, G., Lehman, S.J. 2002. Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. *Nature* 419, 915–917. doi:10.1038/nature01136
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333.
- Paparamborda, I. 2017. ¿Qué nos dicen las prácticas de gestión del pastoreo en los predios ganaderos familiares sobre su funcionamiento y resultado productivo?. Tesis de Maestría., Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Perdomo, C.; Irisarri, P.; Ernst O. 2009. Nitrous oxide emissions from a Uruguayan argiudoll under different tillage and rotation treatments. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 84, 119-128.
- Pereira, G. 2003. La ganadería en Uruguay. Una contribución a su conocimiento. Montevideo, Uruguay, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias.




- Piñeiro, Diego. Formas de Resistencia de la Agricultura Familiar: el caso del N.E. de Canelones. Editorial Banda Oriental. 1984.
- Piñeiro, G., Paruelo, J.M., Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., Oesterheld, M., 2009. Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2003. doi:10.1029/2007GB003168
- Piñeiro, G., Paruelo, J.M., Oesterheld, M., Jobbágy, E.G. 2010. Pathways of Grazing Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen. *Rangeland Ecology & Management* 63, 109–119. doi:10.2111/08-255.1
- Pizzio, R., Herrero-Jauregui, C., Pizzio, M. & Oesterheld, M. 2016. Impact of stocking rate on species diversity and composition of a subtropical grassland in Argentina. *Applied Vegetation Science*, 19(3), 454-461.
- Prescott, C.E. 2010. Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry* 101, 133–149. doi:10.1007/s10533-010-9439-0
- Rossing, W.A.H., Dogliotti, S., Bacigalupe, G.F., Cittadini, E., Mundet, C., MariscalAguayo, V., Douthwaite, B., Alvarez, S., 2010. Project design and management based on a co-innovation framework. In: *Building Sustainable Rural Futures: The Added Value of Systems Approaches in Times of Change and Uncertainty –IFSA 2010*, Viena, Austria, pp. 402–412
- Ruggia, A., Scarlato, S., Cardozo, G., Blumetto, O. y Garcia, F. 2014. Co-innovation in family livestock systems in eastern Uruguay. III: Impact on farming systems sustainability. En: *Congresso da sociedade brasileira de sistemas de produção* (507-513). Foz do Iguaçu-Brasil.
- Sala, O. E., and J. M. Paruelo. 1997. Ecosystem services in grasslands. Pages 237-252 in G. C. Daily, editor. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C
- Serrano Martínez, I., Giráldez García, F., Lavín González, P., Bernués J.A. y Ruiz Mantecón A. 2004. The identification of homogeneous groups of cattle farms in the mountains of León, Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(4), 512-523
- Sione, S.M.J.; Wilson, M.G.; Lado, M.; Paz González, A. 2016. Evaluation of soil degradation produced by rice crop systems in a Vertisol, using a soil quality index.- *CATENA*, Vol. 150, marzo 2017, pp. 79–86. doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.011
- Six, J., Conant, R.T., Paul, E.A., Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241, 155–176. doi:10.1023/A:1016125726789
- Smith, K. A.; Ball, T.; Conen, F.; Dobbie, K. E.; Massheder, J. y Rey A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *Eur. J. Soil Sci.* 54, 779-791.
- Soca, P. y Orcasberro, R. 1992. Propuesta de Manejo del Rodeo de Cría en base a Estado Corporal, Altura del Pasto y Aplicación del Destete Temporal. En: *Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas en Predios Ganaderos* (54-56). Cerro Largo, Uruguay, Estación Experimental M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la



República

- Soca, P., Espasandín, A.C. y Carriquiry, M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Serie FPTA-INIA N°48.
- Soca P, Claramunt M, Do Carmo M. 2007. Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: Propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Revista Ciencia Animal* (3): 3-22.
- Sollenberger L, Moore J, Allen V, Pedreira C. 2005. Reporting herbage allowance in grazing experiments. *Crop Science*. 45: 896–900.
- Tanentzap, A.J. and D.A. Coomes. 2012. Carbon storage in terrestrial ecosystems: do browsing and grazing herbivores matter?. *Biological Reviews* 87:72–94.
- Theau, J. P., Cruz, P., Fallour, D., Jouany, C., Lecloux, E. & Duru, M. 2010. Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes. *Fourrages*, 201, 19-26.
- Trindade, J.K. da, Neves, F.P., Pinto, C.E., Bremm, C., Mezzalira, J.C., Nadin, L.B., Genro, T.C.M., Gonda, H.L. and Carvalho, P.C. de F. 2016. Daily forage intake on natural grassland: response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecology & Management* 69:59-67.
- Van Beek, C. L., Pleijter, M., & Kuikman, P. J. 2011. Nitrous oxide emissions from fertilized and unfertilized grasslands on peat soil. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 89(3), 453-461.
- Van Beek, C. L., Pleijter, M., & Kuikman, P. J. 2011. Nitrous oxide emissions from fertilized and unfertilized grasslands on peat soil. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 89(3), 453-461.
- Vos, P. et al. 2000. *Environmental Monitoring and Assessment* 61:317–344.
- Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wilson, M.G.; Sasal, M.C.; Gabioud, E.; Paz Gonzalez, A.; Sione, S.; Oszust, J. 2016b. Indicadores de calidad de suelo para manejo de bosques con ganadería integrada (Entre Ríos).- En: Cholaky, C.G.; Cisneros, J.M. (eds.): XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Ordenamiento territorial: un desafío para la ciencia del suelo: resúmenes y mesas redondas. UniRío Editora, Río Cuarto, p. 61. ISBN 978-987-688-172-2
- Wilson, M.G.; Sasal, M.C.; Therburg, A.; Gaitán, J.; Rickert, A.A.; Sione, S.; Bonelli, L.; Moscardi, C. 2016a. Índice de Calidad Explotativa de Suelo (ICES) para Monitoreo y Evaluación de Degradación de Tierras.- En: Cholaky, C.G.; Cisneros, J.M. (eds.): XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Ordenamiento territorial: un desafío para la ciencia del suelo: resúmenes y mesas redondas. UniRío Editora, Río Cuarto, p. 60. ISBN 978-987-688-172-2
- Wilson, M.G; Sasal, M.C.; Gabioud, E.; et al. 2018. Sitio Piloto: CUENCA ARROYO ESTACAS (Departamento La Paz, Entre Ríos) Informe Técnico Final. Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación -CONICET Resolución 2885/2016. Disponible en: <http://www.desertificacion.gob.ar/sitiospiloto/evaluacion-y-monitoreo/?sp=116&pag=informes>
- Wingeyer A.B., Amado T., Perez Bidegain M., Studdert G., Perdomo Varela C., Garcia F. 2015. Increasing Agricultural Production Impact on Soil Quality in Argentina, Bolivia, Southern



Brazil, Paraguay and Uruguay: A Review. Sustainability 7:2213-2242.
doi:10.3390/su7022213.

Wolf H (2019). `_aplpack`: Another Plot Package (version 190512). <URL: <https://cran.r-project.org/package=aplpack>>.

Zhu, X.; Burger, M.; Doane, T. A. y Horwath, W. R. 2013. Ammonia oxidation pathways and nitrifier denitrification are significant sources of N₂O and NO under low oxygen availability. Proc. Nat. Acad. Sci. 110, 6328-6333.



Publicaciones del Proyecto

Artículos completos en revistas arbitradas

- Claramunt Martín, Fernández-Foren Andrea, Soca Pablo. 2017. Effect of herbage allowance on productive and reproductive responses of primiparous beef cows grazing on Campos grassland. *Animal Production Science*, <https://doi.org/10.1071/AN16601>
- Do Carmo M, Sollenberger L.E., Mariana Carriquiry, Pablo Soca 2018 Controlling herbage allowance and cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grassland. *The Professional Animal Scientist*, 34 (1), 32 – 41.
- Do Carmo, M., Cardozo, G., Jaurena, M., Soca, P. 2018. Demonstrating control of forage allowance for beef cattle grazing Campos grassland in Uruguay to improve system productivity. *Tropical Grassland – Forrajes Tropicales* 7(1): 35-47.
- Do Carmo, M., M. Claramunt, M. Carriquiry, and P. Soca. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems1. *J. Anim. Sci.* 94(Suppl6):84-92. doi:10.252
- Wingeyer, A.B. 2018. Global approach to land use sustainability. www.impact.pub Pp.26-27.

Lista de presentaciones o seminarios realizados

- Astessiano, Ana Laura; Dickson, Martín; Claramunt Alberto Casal Mariana Carriquiry y Pablo Soca 2017 Effect of Pre and Postpartum Herbage allowance of grassland on reproductive parameters of primiparous beef cows. “Animal Science and Technology: Ensuring Food Security” American Society of Animal Science (ASAS) and Canadian Society of Animal Science (CSAS), Baltimore, MD, EEUU. 8-13 de Julio de 2017.
- Caram, N., Casalás, F. C., Anfuso, V., Cadenazzi, M., Soca, P., Zanoniani, R., Boggiano, P. Calidad de la dieta a diferentes intervenciones de un Campo natural. In: Resumen de ponencias al X Encuentro de Ganaderos y VII Congreso de Pastizales Naturales. Noviembre, 2016. Virasoro, Corrientes. Argentina.
- Caram, N., Casalás, F. C., Anfuso, V., Cadenazzi, M., Soca, P., Zanoniani, R., Boggiano, P. Descripción de comunidades vegetales a través del valor pastoral en diferentes niveles de intervención del campo natural y su preferencia por novillos holando. In: Resumen de ponencias al X Encuentro de Ganaderos y VII Congreso de Pastizales Naturales. Noviembre, 2016. Virasoro, Corrientes. Argentina.
- Caram, N., Casalás, F. C., Cadenazzi, M., Zanoniani, R., García Favre, J., Soca, P., Boggiano, P. Leaf tensile strength of nine perennial grasses at two herbage allowance in Uruguayan Campos. In: Jornada de Investigación, Noviembre, 2018. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay
- Casalás, F. C., Caram, N., Anfuso, V., Cadenazzi, M., Soca, P., Zanoniani, R., Boggiano, P. Actividad en pastoreo de novillos bajo diferentes intervenciones de Campo natural. In: Resumen de




- ponencias al X Encuentro de Ganaderos y VII Congreso de Pastizales Naturales. Noviembre, 2016. Virasoro, Corrientes. Argentina.
- Casalás, F. C., Caram, N., Anfuso, V., Cadenazzi, M., Soca, P., Zanoniani, R., Boggiano, P. Tasa de bocados y bocados totales de novillos a diferentes niveles de intervención de un Campo natural. In: Resumen de ponencias al X Encuentro de Ganaderos y VII Congreso de Pastizales Naturales. Noviembre, 2016. Virasoro, Corrientes. Argentina.
- Claramunt M., Meikle A., Soca P. 2018. Effect of herbage allowance on metabolic hormones, reproductive response and calf weight of primiparous beef cows with temporary suckling restriction and flushing grazing Campos. 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Clermont-Ferrand, Francia. 2-6 Setiembre
- Claramunt M., Meikle A., Soca P. 2019 Metabolic hormones, reproductive response, and calf weight of primiparous beef cows with temporary suckling restriction and flushing grazing Campos at two herbage allowances. En revisión Domestic Animal Endocrinology.
- Claramunt M. and P Soca. 2017 Effect of herbage allowance on forage mass, insulin and IGF-I concentrations during gestation and lactation of primiparous beef cows grazing campos. "Animal Science and Technology: Ensuring Food Security" American Society of Animal Science (ASAS) and Canadian Society of Animal Science (CSAS), Baltimore, MD, EEUU. 8-13 de Julio de 2017
- Claramunt, M. Do Carmo and P. Soca, 2019. Scaling-up results of herbage allowance grazing experiments on cow-calf systems production and economic response on campos native pastures 6th international Symposium for Farming Systems Design, ;Montevideo. Uruguay. Agosto 2019.
- Dardanelli, S; Aldabe, J; Calamari, NC; Canavelli, SB; Barzan, F; Goijman, AP; Lezana, L; Soca, P; Blumetto, O. 2019. Birds as environmental indicators for the design of sustainable livestock systems. 6th Symposium Farming Systems Design 2019. Montevideo, Uruguay. Agosto 2019.
- Do Carmo M, Costa N., Orcasberro S, Pablo Soca 2017. Efecto de la oferta de forraje sobre la carga animal anual y estacional en Campos. En XXIV Reunion del grupo técnico en forrajeras del cono sur. Tacuarembó, Uruguay.
- Do Carmo M, Ruggia, A. , Soca, P. , Cardozo, G. 2018. Prediction of herbage mass in Campos grasslands based on herbage height. En 10 International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Clermont-Ferrand, Francia. Advances in Animal Biosciences 9 (3): p119 DOI: 10.13140/RG.2.2.14695.70563
- Do Carmo M, Santiago Scarlato, Pablo Soca 2016. Foraging strategy of lactating beef cows grazing Campos grassland with changes in herbage allowance and cow genotype En Proceedings of 5th Grazing Livestock Nutrition Conference, Park City, Utah, USA.
- Do Carmo M, Soca, P. , Cardozo, G. 2018. The management of herbage allowance improves beef cattle productivity in Campos grazing systems. En 10 International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Clermont-Ferrand, Francia. Advances in Animal Biosciences 9 (3): p452
<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/534EC354FE5AB94AA77905505CF6> DOI: 10.13140/RG.2.2.34828.36480



- Do Carmo M, M Claramunt y P. Soca, 2019 The contribution of herbage allowance experiments to re-design management of stocking rate in Campos grazing systems 6th international Symposium for Farming Systems Design, ;Montevideo. Uruguay. Agosto 2019.
- Gómez J., A. Casal, M. Do Carmo, P. Soca and M. Carriquiry. 2019. Heat production and energy efficiency in early lactation of spring-calved beef cows grazing Campos biome. 6th EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition. Belo Horizonte, Brasil. Enviado.
- Gómez J., Casal A., Soca P., Do Carmo M., Claramunt M., Orcasberro S., Machado F., Carriquiry M. 2018. Estimación del gasto energético en vacas de cría pastoreando diferentes ofertas de forraje de campo natural. Veterinaria (Montevideo) VI Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal. Tacuarembó, Uruguay: 71.
- Lezana, L. 2018. Presentación de avances a escala experimental del Proyecto "Plataforma de innovación para la sustentabilidad de sistemas ganaderos familiares en Uruguay y Argentina"(FONTAGRO). Seminario: "Innovación para promover competitividad de la ganadería en campo natural en el siglo XXI". INIA Las Brujas, Canelones, Uruguay. 15 Marzo 2018.
- Lezana, L; Durante, M; Boffa, S; Fonseca, J; Canavelli, S; Kemerer, A; Calamari, N; Wingeyer, A; Bordagaray, M. 2018. Intensidad de pastoreo en predios ganaderos de cría del espinal entrerriano. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Villa La Angostura, Octubre de 2018.
- Lezana, L; Soca, P.; Canavelli, S.; Dardanelli, S.; Calamari, N.; Wingeyer, A. 2019. Explorando el manejo adaptativo del pastoreo como herramienta para incrementar la sustentabilidad de la ganadería de cría en campo natural en Argentina y Uruguay. Mesa Debate. Congreso Argentino de Agroecología. Mendoza, septiembre de 2019.
- Lezana, L, Canavelli, S. 2019. Propuesta para potenciar la multifuncionalidad de los sistemas ganaderos en campo natural. Seminario Regional IPCVA "Ganadería y compromiso". Paraná, octubre de 2019.
- Machado F., M R. Claramunt, Do Carmo M Franco J., Gomez J. , Orcasberro S , Pablo Soca 2017. Effect of herbage allowance on grazing behavior at different scales of lactating beef cows grazing native grassland. En 54 Reuniao anual da sociedade brasileira de zootecnia. Foz do Iguaçu, Brasil.
- Soca, P., M. Do Carmo, C. Genro and S. Scarlato 2017. Body condition change and foraging strategy of gestating beef cows in response to herbage allowance and cow genotype. "Animal Science and Technology: Ensuring Food Security" American Society of Animal Science (ASAS) and Canadian Society of Animal Science (CSAS), Baltimore, MD, EEUU. 8-13 de Julio de 2017
- Soca, P., Do Carmo, Genro TC S Scarlato 2017 Body condition change and foraging strategy of gestating beef cows in response to herbage allowance and cow genotype. En ASAS-CSAS Annual Meeting, Baltimore, USA.
- Soca, P., S Scarlato, Do Carmo M 2016. Foraging strategy of gestating beef cows grazing Campos grassland with changes in herbage allowance and cow genotype. En Proceedings of 5th Grazing Livestock Nutrition Conference, Park City, Utah, USA.



- Paparamborda, I. PRESENTACION EN Seminario: "Innovación para promover competitividad de la ganadería en campo natural en el siglo XXI". INIA Las Brujas, Canelones, Uruguay. 15 Marzo 2018.
- Paparamborda and P. Soca 2019. Spatial and temporal management of grazing. Conceptual and operative tool to diagnose and re-design cow-calf systems in Campos grasslands 6th international Symposium for Farming Systems Design, Montevideo. U Uruguay. Agosto 2019.
- Paparamborda I and P. Soca 2017. Capturing livestock farms diversity in Uruguay: Typology and classification of grazing management. EAAP Annual Meeting 2017, Tallinn, Estonia 30
- Ruggia, A. 2019 Improving management of plant-animal interactions in livestock family systems based on natural grasslands in Uruguay implementing the co-innovation approach. 6th international Symposium for Farming Systems Design, Montevideo. Uruguay. Agosto 2019.
- Ruggia, A., Modernel, P., Rossing, W., Albin, A., Aguerre, V., Scarlato, S., Soca, P., Do Carmo, M., Tiftonell, P., Dogliotti, S. 2019. Modelling livestock grazing systems based on native grasslands - The PASpALuM model 2: Evaluation of animal dynamics module. 6th International Symposium for farming systems design, Montevideo. Uruguay.
- Soca P. Presentación de avances a escala predial del Proyecto "Plataforma de innovación para la sustentabilidad de sistemas ganaderos familiares en Uruguay y Argentina"(FONTAGRO). Seminario: "Innovación para promover competitividad de la ganadería en campo natural en el siglo XXI". INIA Las Brujas, Canelones, Uruguay. 15 Marzo 2018.
- Soca P. y S. Canavelli. 2019 La intensificación ecológica y la co-innovación como herramientas de trabajo en sistemas ganaderos familiares de Argentina y Uruguay. 3er Seminario Internacional de Ganadería Familiar y desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, SENASA, INTA PAF, Facultad de Agronomía Uruguay, Unipampas, EMATER, RS, Brasil, UFRGS, Brasil. La Plata, Buenos Aires - 20 de marzo de 2019
- Soca, P., Claramunt M, Scarlato S., Do Carmo M 2018 Forage intake and foraging strategy of gestation beef cows with changes in herbage allowance and cow genetic group grazing Campos grassland. En 10 International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Clermont-Ferrand, Francia. Advances in Animal Biosciences 9 (3): p368 <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/534EC354FE5AB94AA77905505CF6>
- Soca P. e I. Paparamborda, 2018. Intensificación ecológica de la ganadería familiar en campo natural. 2 Seminario Técnico Internacional "Pecuaria Familiar e Desemvolvimiento Rural" "Ganadería Familiar y Desarrollo Rural". 21 y 22 de Marzo de 2018. Parque Juventino Correia Moura. Avenida Rio Branco Sindicato Rural Dom Pedrito. RS
- Vulliez, A.; Bruni, M.; Trujillo, A.; Soca, P.; Durante, M.; Lezana, L. 2018. Evaluación de la preferencia de tipos funcionales de plantas en rumiantes. Jornadas de Investigación FAGRO.
- Wingeyer, AB; M.G. Wilson, E.A. Gabioud. 2018. Evaluación de la calidad de suelo y estado de erosión en el centro-norte de Entre Ríos. VIII Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo "Gestión Sostenible de Suelos y Aguas". Coruña, España. 25 al 27 de junio de 2018.
- Wingeyer, Ana B.; Wilson, Marcelo G.; Boffa, Susana; Lezana, Lucrecia; Burns, Jorge; Fonseca, Juan; Gregorutti, Viviana C.; Iglesia Roxana, P. y Kemerer Alejandra. 2018. Evaluación de

- 
- la calidad de suelo y estado de erosión en sistemas ganaderos de monte. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pg.659. Tucumán, Argentina. 15 al 18 de mayo de 2018
- Dupuy, M.F.; Soca, P.; del Pino, L.; Sánchez, A.; Paparamborda, I.; Do Carmo, M.; Claramunt, M.; Martinelli, M.; Ruggia, A. 2018. Gestión del pastoreo y su relación con cambios endócrinos y resultados productivos de la cría vacuna en predios familiares sobre campo natural. Jornadas de Investigación Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/index.php/noticias-principales/4332-publicacion-jornadas-de-investigacion-de-la-facultad-de-agronomia-2018>
- Sánchez, A.; Paparamborda, I.; Soca, P. 2019. La coinovación en sistemas ganaderos familiares del Uruguay, y la relación planta-animal. En: International Symposium for Farming Systems Design (6th, 2019, Montevideo-Uruguay).
- Ruggia, A., Modernel, P., Rossing, W., Albin, A., Aguerre, V., Scarlato, S., Soca, P., Do Carmo, M., Tiftonell, P., Dogliotti, S. 2019. Modelling livestock grazing systems based on native grasslands - The PASpALuM model 2: Evaluation of animal dynamics module. 6th International Symposium for farming systems design, Montevideo. Uruguay.
- Dupuy, M.F.; Soca, P.; Paparamborda, I.; Sanchez, A.; Claramunt, M.; del Pino, L.; Ruggia, A. 2019. Improving sustainability in cow calf grazing Systems by managing plant-animal relationship in Campos grassland in Uruguay. Proceedings of the 6th International Symposium Farming System Design. Montevideo, Uruguay.

Anexo Metodológico

1-Cuantificación experimental de beneficios productivos y ambientales del manejo de la intensidad de pastoreo

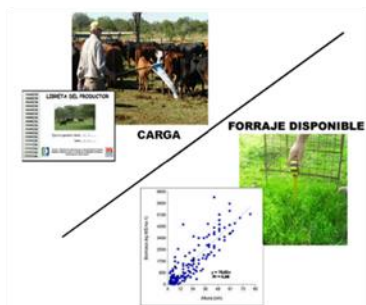
Actividades:

1.1. Cuantificación de la distribución espacio temporal de la cantidad y composición botánica, estructura de la pastura, tipos funcionales de plantas.

A escala de predio, en Argentina, se evaluó la intensidad de pastoreo (IP, kg PV/kg MS) en 28 predios ganaderos familiares del norte de Entre Ríos (Figura). La carga ganadera (kg PV/ha) se obtuvo de los registros de los productores, mientras que el forraje disponible (FD, kg MS/ha) se estimó a partir de evaluación de la altura del pastizal en los predios, en función de la relación lineal entre altura y FD (Figura 1).

a.

IP (kg PV/kg MS) =



b.

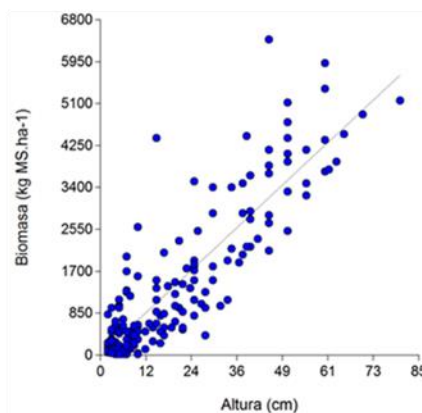


Figura No. 1. a Esquema de variables utilizadas para el cálculo de IP. b. Modelo de regresión lineal simple de la biomasa aérea total en función de la altura de la vegetación.

El forraje disponible (FD, kg MS/ha) se determinó mediante 6 transectas distribuidas al azar en cada predio, donde se midió la altura promedio del pastizal, y se utilizó una regresión lineal ($R^2:0,7$) entre altura y biomasa para calcular FD. La productividad primaria neta aérea (PPNA) se evaluó en 7 de los 28 predios de Argentina. Se instalaron jaulas móviles de $0,25m^2$ (Figura 2) que fueron cortadas estacionalmente durante dos años (2017 y 2018, N=45). Con la información obtenida, se validaron modelos de estimación de la productividad basados en datos satelitales.




Figura No. 2. Jaula de exclusión de pastoreo para evaluación de PPNA

Adicionalmente, se determinó la composición específica y funcional de las gramíneas con potencial forrajero en los predios (Ver metodología de evaluación en la actividad 1.3.).

1.2. Descripción y cuantificación del patrón espacial de pastoreo y el consumo-balance de energía de vacunos a escala de parcela. Modelos de movimiento animal (pastoreo, búsqueda y descanso), consumo y balance de energía de vacas de cría asociados a la intensidad de pastoreo de campo natural.

En pastizales de Basalto, Uruguay, se estableció un experimento que evaluó dos niveles de oferta de forraje (relación kg de forraje / kg peso vivo animal) durante cuatro años consecutivos. Los pastizales de Basalto cuentan con una proporción variable de suelos superficiales que determinan menor disponibilidad de agua en el suelo por lo que son más sensibles a los déficits hídricos. Además, se utilizó como animal experimental, vacas primíparas que están aún en crecimiento y su respuesta reproductiva es más sensible a los déficits nutricionales. El experimento se realizó en la Facultad de Agronomía Salto (EEFAS), Universidad de la República, Uruguay (31° 23' S, 57° 18' W). En base a un diseño de bloques completamente al azar fueron dispuestos dos bloques, que corresponden a dos potreros, con diferencias en la proporción de suelos superficiales (menos de 30 cm hasta la roca de formación del suelo). En cada bloque se dispuso dos tratamientos de oferta de forraje (kg Materia seca / kg peso vivo; Sollenberger et al. 2005). Los tratamientos fueron Alta y Baja oferta de forraje, que en promedio anual fue 2,5 y 4 kg MS / kg Peso vivo y variaron estacionalmente de la siguiente forma: otoño 5 y 3, invierno 3 y 3, primavera y verano 4 y 2 kg MS/kg PV para Alta y Baja oferta de forraje, respectivamente. Se utilizó mensualmente el método "Put-and-take" (Mott y Lucas 1952) para el ajuste de la oferta de forraje modificando la carga animal. El cálculo de la oferta de forraje se realizó en base a estimaciones de la masa de forraje, el peso vivo de las vacas y la producción de forraje basada en reportes existentes para campos de Basalto superficial y profundo de Uruguay (Berretta 2006). Los animales experimentales fueron vacas de raza Hereford de 2 años de edad en su primera gestación, provenientes del rodeo de la EEFAS. Las vacas ingresaron al experimento en otoño (-150 ± 12 días posparto; media ± d.s.) y al destete definitivo de sus terneros (195 ± 12 días postparto) fueron sustituidas por la siguiente generación de vacas. Las vacas experimentales



se mantuvieron en las parcelas experimentales durante todo el período. Para el ajuste de la oferta de forraje se utilizaron animales volantes de la misma raza, estado fisiológico y similar peso vivo que las vacas experimentales (Aiken 2016).

Las vacas fueron bloqueadas por peso vivo, condición corporal y edad gestacional previo al ingreso a los tratamientos (-150 postparto promedio) y fueron distribuidas al azar a los tratamientos. El entore se realizó con monta natural a los 80 ± 12 días postparto durante 80 días con toros examinados previamente (McGowan et al. 1995). En los primeros 2 años se evaluó el efecto de oferta de forraje Alta y Baja en 80 vacas que recibieron al inicio del entore destete temporario durante 12 días con tablilla nasal en los terneros y flushing con 2 kg de afrechillo de arroz durante 22 días a las vacas, integrando la intervención táctica desarrollada anteriormente para vacas primíparas por Soca et al. (2013). En base a estos dos años se estudió el efecto de la oferta de forraje sobre los atributos de la pastura, carga animal, peso y condición corporal de la vaca, niveles de producción y reproducción que fueron publicados por Claramunt et al. (2018). En el marco del presente proyecto, se estudió el estado nutricional de las vacas mediante hormonas metabólicas asociadas al estatus metabólico energético, y que actúan a nivel central y aparato reproductor, y el vínculo en el estado nutricional de la vaca con el comportamiento en pastoreo y maternal.

Las variables se analizaron con modelos lineales mixtos para las variables de distribución continua y modelos lineales generalizados para variables binomiales (reinicio a la ciclicidad, preñez, comportamientos). Se consideró como unidad experimental el individuo (vaca o ternero), o la parcela para las variables de cantidad y altura del forraje, y carga animal.

Durante el período 2016-2019 se evaluó el efecto de los cambios en la oferta de forraje promedio entre 8 y 5 kg MS/kg PV para Alta y Baja respectivamente sobre la carga animal, masa de forraje, el peso vivo y CC de las vacas, así como en el peso del ternero al destete o la ganancia media diaria (ADG) durante el período nacimiento-destete. El estudio se realizó en la Estación Experimental Profesor Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar, departamento de Cerro Largo, Uruguay ($32^{\circ} 35' S$, $54^{\circ} 15' O$). El diseño experimental es de bloques al azar, donde los bloques representan suelos arenosos (Bloque 1: Unidad Zapallar; MGAP, 1976) y arcillosos (Bloque 2: Unidad Fraile Muerto; MGAP, 1976) y se evaluó el efecto de Alta (AO: 8 kg MS/kg PV) y Baja (BO: 5 Kg MS/kg PV) OF promedio anual sobre la productividad de la cría vacuna. En cada bloque, fueron dispuestas dos réplicas de cada tratamiento. La OF (relación entre la masa de forraje y carga animal, kg MS/kg PV; Sollenberger et al. 2005) se modificó entre 12 y 8 para AO y 8 y 4 Kg MS/kg PV para BO durante Primavera y Verano-Otoño respectivamente manteniéndose igual (4 Kg MS/kg PV) para ambos tratamientos durante Invierno. El ajuste de la OF se realizó mediante el método de “put and take” (Mott y Lucas, 1952), donde la cantidad de forraje fue estimada mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975) y del PV

de las vacas “fijas” y “volantes” sin ayuno a la misma hora del día. Las vacas “fijas o experimentales” se mantuvieron durante todo el período experimental mientras que las “volantes” fueron de la misma raza, tamaño, PV, estado corporal, y estado fisiológico que las experimentales.

Con el objetivo de analizar el patrón espacio temporal del pastoreo en vacas de cría frente a cambios en la oferta de forraje se realizó un estudio en el marco de un experimento de pastoreo de largo plazo ubicado en la Estación Experimental Profesor Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar, departamento de Cerro Largo, Uruguay (32 ° 35 'S, 54 ° 15' O) descrito en el ítem xxxxx. En este estudio se estimó la masa de forraje total (MF), masa de forraje verde (MFV) y altura (ALT) y la frecuencia de observaciones de ALT en 0 - 4, 5 - 9, 10 - 15 y >15 cm, que representarían la estructura del campo natural asociada con el consumo de forraje igual o inferior a mantenimiento de una vaca de cría (0-4 cm) y donde la recria vacuna optimizaría la tasa de consumo, selectividad y ganancia diaria de PV respectivamente (Da Trindade *et al.*, 2016).

El estudio del patrón espacio temporal del pastoreo se realizó en Lactancia (LAC)/verano de 2016 y Gestación temprana (GTE)/otoño y Gestación tardía (GTA)/invierno de 2017. Se emplearon 40 vacas de cría de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Bonsmara y Hereford x Aberdeen Angus como animales experimentales (Tabla 1).

Tabla 1. Peso vivo (PV: kg), condición corporal y días de lactancia o gestación.

Estación del Año	Peso vivo (kg)	Condición corporal	Estado Fisiológico
Lactancia /Verano	388 ± 35	3,8 ± 0,27	91 ± 28 días de lactancia
Gestación temprana /Otoño	418 ± 35	3,9± 0,43	89 ± 16 días de gestación
Gestación tardía/Invierno	397± 38	3,8 ± 0,45	182 ± 12 días de gestación

Se combinó el uso de collares MOONITOR® (Brosh *et al.*, 2017) que registran el tiempo de pastoreo (TP), descanso-rumia (DR) y tiempo de caminata (TC) y geolocalizan a la vaca, con observaciones visuales de número de parches, estaciones de alimentación y tasa de bocados (Bailey *et al.* 1996) en los turnos de pastoreo AM y PM. Se colocaron collares durante 8 días consecutivos y se programaron para registrar TP, TDR y TC cada 5 minutos y la geolocalización



cada 1 hora. Con el fin de descartar anomalías en el comportamiento de los animales debido al manejo en los corrales, así como los problemas en el suministro de energía del GPS, se eliminaron los registros correspondientes a los días de colocación del collar. Se calculó el TP, TDR y TC, según el turno de pastoreo matutino (AM), vespertino (PM) y nocturno (noche) en base a registros completos de 4 días (288 registros diarios) durante LAC y 3 días en GTE y GTA. Estos registros correspondieron a 20, 8 y 9 vacas respectivamente. Los turnos de pastoreo se definieron en base a la salida y puesta del sol y fueron de una duración de 7, 8 y 9 horas durante LAC y de 4, 5, 6 y 13,5 horas durante GTE y GTA para AM, PM y noche respectivamente. El TP, DR y TC fueron estimados en base al producto de cada proporción por la duración en minutos del día y turno, lo cual, asume, de acuerdo a la literatura consultada (Hirata et al, 2001) que durante los 5 minutos evaluados el animal se encontraba realizando la misma actividad.

El patrón de pastoreo diario y por sesión se estimó como el número de veces que las vacas intercalaron pastoreo con descanso/rumia por día (PDR), el número total (NST) y de las principales (NSP) sesiones de pastoreo (las cuales fueron estimadas como aquellas superiores a una hora continua de pastoreo) (Gibb et al, 2018).

En base a la información colectada por el geolocalizador que tiene el equipo se estimó: 1) el área diaria explorada en pastoreo por vaca/día mediante el Polígono mínimo convexo, 2) % del área de la parcela que fue explorada por vaca/día, 2) el índice de electividad de Ivlev (Jacobs 1974) por vaca para diferentes zonas dentro del potrero (zona baja, ladera y alto), 3) distancia a árboles o fuente de agua durante el pastoreo, para las sesiones AM, medio día, PM y nocturno y durante el DR.

Se estimó el consumo de forraje en base a los estándares de CIRO (1990).

Se utilizó modelos lineales mixtos para estudiar el efecto de la oferta de forraje en cada período evaluado, considerando la parcela como unidad experimental. Se utilizó el test de Tukey para comparación de medias. Se estudió la asociación entre las variables de comportamiento y el consumo de forraje por regresión múltiple usando el método Stepwise para la selección de variables. Con el objetivo de evaluar la preferencia de los tipos funcionales de plantas de Campo natural y aportar información a modelos de gestión del pastoreo espacio-temporal del campo natural e llevaron a cabo tres aproximaciones metodológicas: pruebas de preferencia (otoño-preliminar, otoño-invierno, primavera-verano), Caracterización química de las especies en las distintas estaciones y estudios de Cinética de fermentación ruminal *in-vitro* con las especies en las distintas estaciones. Las especies se colectaron en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Concepción del Uruguay, Argentina), donde se realizaron las pruebas de preferencia. La caracterización química se llevó a cabo en el laboratorio de nutrición animal de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC, Paysandú, Uruguay) y en el laboratorio de

Utah State University (USU, Utah, Estados Unidos). Por último, la cinética de fermentación ruminal *in-vitro* se realizó en el laboratorio de metabolismo y ecología microbiana de la EEMAC.


Tabla 2. Especies evaluadas y la clasificación por TFP correspondiente según Durante et al. (2012).

Espece	FP
<i>Andropogon lateralis</i> (C4)	D
<i>Nassella neesiana</i> (C3)	C
<i>Paspalum urvillei</i> (C4)	B
<i>Sporobolus indicus</i> (C4)	C

1.3. Determinación de la relación entre los patrones espaciales de diversidad estructural y funcional de plantas y aves y la intensidad de pastoreo

Diversidad funcional de plantas

El pastoreo afecta la riqueza y la diversidad específica de los pastizales (Loydi y Distel, 2010; Lezama *et al.* 2013). La selección por parte de los herbívoros, la capacidad de rebrote de las especies y las consiguientes modificaciones en la competencia entre las especies pastoreadas y no pastoreadas son algunos de los mecanismos que explican los cambios estructurales de la vegetación bajo pastoreo (Milchunas y Lauenroth, 1993). Evaluar los efectos del pastoreo sobre la diversidad funcional de las gramíneas, el grupo florístico dominante del campo natural, aporta información acerca del ensamblaje de especies y sus consecuencias sobre procesos ecosistémicos tales como productividad y ciclado de nutrientes (Chapin *et al.* 2001; Cruz *et al.* 2002). La intensidad de pastoreo (IP) determina cambios que se traducen en menor diversidad funcional, producto de la coexistencia de especies similares, tolerantes a ése régimen de uso (Díaz *et al.* 2001; Cruz *et al.* 2010). En consecuencia, nuestra hipótesis fue que la diversidad funcional del pastizal será menor en predios con alta IP, respecto de predios con baja IP. Para poner a prueba la hipótesis, evaluamos la composición botánica del campo natural en predios ubicados en el este de Argentina (n=28) durante la primavera-verano de 2017-2018, mediante transectas (6 en cada predio), y utilizando el método simplificado de relevamiento botánico propuesto por Theau *et al.* (2010), donde se estima la contribución de las especies a la biomasa en una escala de 1 a 6, en 50 marcos de 0,1 m²/transecta. Se determinaron índices de diversidad biológica (riqueza específica, *r* e índice de diversidad de Shanon-Wiener, *H* y el índice de



similitud de Jaccard, J). Con los valores de abundancia obtenidos en los censos, se realizó un ranking de las especies dominantes, aquellas que representaron el 80% de la abundancia relativa de gramíneas, cada predio. Este criterio se basa en la “hipótesis de relación de masas” de Grime (1998), que considera a la biomasa de las especies dominantes y al valor de sus caracteres funcionales como los responsables del funcionamiento del ecosistema. Cada especie dominante se asoció a sus respectivos caracteres funcionales: área foliar específica (AFE, $m^2.kg^{-1}$) y contenido de materia seca foliar (CMSF, $mg.g^{-1}$), informados en una clasificación funcional realizada por Cruz *et al.* (2019), basada en caracteres evaluados in situ en gramíneas dominantes de Argentina, Uruguay Brasil.

Con la abundancia relativa de las especies dominantes y sus caracteres funcionales, se determinó la divergencia funcional (FDiv), que cuantifica la dispersión de los valores de los caracteres en el espacio multivariado. Este índice refleja cómo se distribuyen las abundancias de las especies en el espacio de los caracteres (Mason *et al.* 2003). Un pastizal con alta FDiv, tendría baja similitud de sus caracteres funcionales y, en consecuencia, alto grado de diferenciación de nicho y baja competencia por recursos (Mason et al. 2005, Grime 2006).

Los resultados de composición específica y funcional se vincularon con la IP. Estableciendo rangos: IP baja: $< 0,2$ kg PV/kg MS (n=2); IP media: $> 0,2$ y $< 0,6$ kg PV/kg MS (n=6); IP alta: $> 0,6$ kg PV/kg MS (n=28).

Aves

Las aves silvestres, asociadas con la estructura de la vegetación en predios ganaderos, se utilizan a menudo como indicadoras de salud ambiental y sostenibilidad. El estudio de especies indicadoras es una herramienta valiosa para el diseño de sistemas ganaderos sostenibles, pues provee información tanto sobre la condición ecológica como de manejo de los predios (Vos et al. 2000). La estructura de la vegetación usualmente está relacionada con la intensidad del pastoreo en sistemas estables de pastoreo (Tanentzap and Coomes 2012, Alkemade et al. 2013, Herrero-Jáuregui and Oesterheld 2018). En consecuencia, asumiendo que la intensidad de pastoreo se relaciona con las especies de aves a través de su efecto sobre la estructura de la vegetación, en el presente trabajo determinamos la relación entre la diversidad estructural y funcional de plantas, la presencia y abundancia de aves y la intensidad de pastoreo. A fin de establecer la relación entre la diversidad de aves silvestres presentes en los predios ganaderos familiares y la intensidad de pastoreo en los mismos, evaluamos la comunidad de aves en 38 predios ubicados en el sud-este de Uruguay y este de Argentina (Fig.). Los predios argentinos (n=30) se ubicaron en la ecorregión del Espinal, caracterizado por la presencia de bosques y sabanas con densidades variables de arbustos y árboles. Los predios uruguayos, en tanto (n=8), se ubicaron predominantemente en pastizales del bioma “Pampa”, con escasa cobertura arbórea y predominancia de pastizales. Durante las primaveras-veranos australes de 2017 al 2019 (Octubre



2017-Febrero 2018; Octubre 2018-Febrero 2019), registramos las aves detectadas y variables de vegetación. Las aves fueron muestreadas utilizando transectas en los pastizales de Uruguay y puntos de conteo en los bosques y sabanas de Argentina. Posteriormente, seleccionamos aquellas especies de aves asociadas con las áreas más abiertas (pastizales y sabanas) en los predios, vinculadas directamente con el uso ganadero, y examinamos las relaciones entre las probabilidades de ocupación de estas especies y la estructura de la vegetación (altura del pasto, cobertura herbácea, presencia de hierbas altas, presencia de sitios para posarse, y cobertura de arbustos y árboles). Analizamos cuatro especies de pastizal (inambú o perdiz común, *Nothura maculosa*; cachilo o chingolo ceja amarilla, *Ammodramus humeralis*; colorada o martineta, *Rhynchotus rufescens*; y tero común, *Vanellus chilensis*); cuatro especies de sabana (leñatero o espinero, *Anumbius annumbi*; carpintero campestre o de campo, *Colaptes campestris*; tijereta, *Tyrannus savanna*; y golondrina parda o parda grande, *Progne tapera*); y dos especies generalistas de áreas abiertas (calandria grande o común, *Mimus sturninus* y chingolo común, *Zonotrichia capensis*). Para ello, estimamos la probabilidad de ocupación de las aves en los sitios, teniendo en cuenta su detección imperfecta (Kéry & Schaub 2012), a través de modelos de ocupación jerárquicos especie-específicos con una aproximación bayesiana, considerando las transectas o puntos anidados dentro de los predios. De este modo, evaluamos la respuesta de las aves a la estructura de la vegetación, la cual está relacionada e influida por la intensidad de pastoreo. Construimos modelos separados para Argentina (aves ~ altura de los pastos + cobertura de los pastos + cobertura de los árboles + cobertura de los arbustos), y Uruguay (aves ~ altura de los pastos + cobertura de los árboles + presencia de matas de hierbas altas + presencia de perchas). Finalmente, utilizamos la información de estructura (abundancia y riqueza) y composición de las comunidades de aves en los predios para generar listados de aves detectadas en cada predio, que fueron comunicadas a los productores propietarios de cada predio, y están siendo actualmente analizadas en relación a variables físicas (ej: cobertura del suelo desnudo) y biológicas (estructura y composición de la vegetación), para establecer la vinculación entre las mismas.

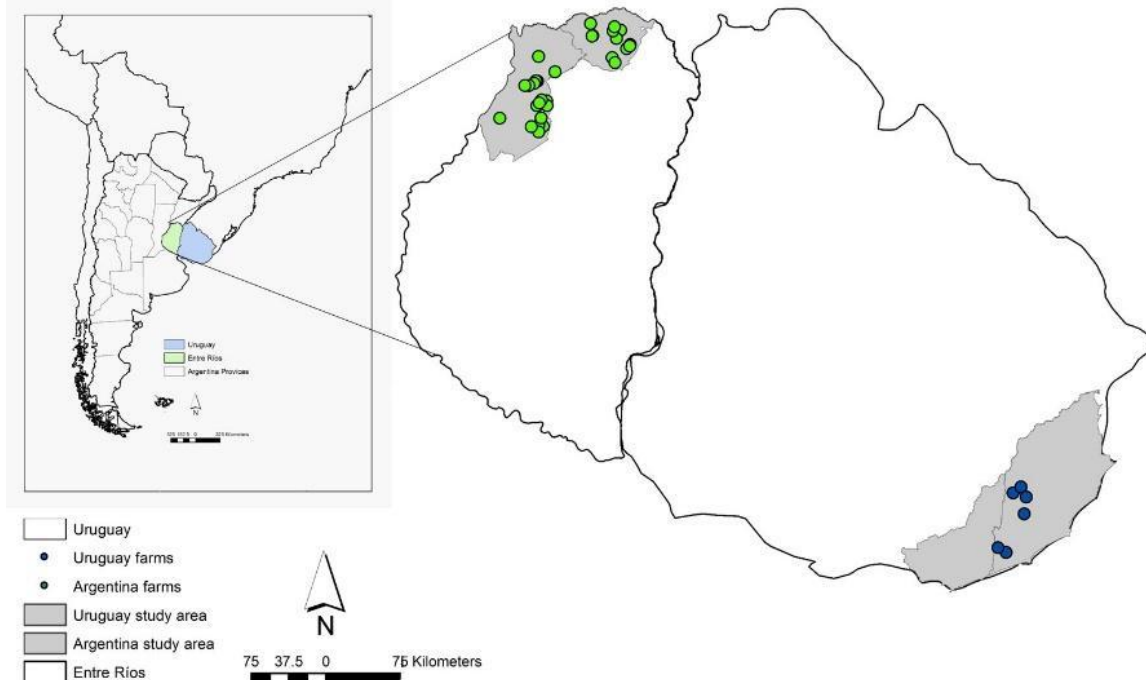



Figura 3. Ubicación de los 36 predios evaluados en Argentina y Uruguay.

Por otro lado, en Argentina, caracterizamos y exploramos también la relación de la comunidad de aves (es decir, todas las especies vistas u oídas en los puntos de muestreo en los predios ganaderos). En todos los predios que contamos con observaciones durante dos campañas consecutivas (Oct 2017-Feb 2018, y Oct 2018-Feb 2019). Puntualmente se realizó un análisis de redundancia (RDA) con el objetivo de explorar la variación entre grupos de aves con requerimientos de hábitat particulares (aves de bosque, de arbustales sucesionales degradados y de sabanas y pastizales) y las variables ambientales (densidad de árboles y arbustos, cobertura del estrato herbáceo, altura del pasto, % de suelo desnudo y erosión) y el índice de pastoreo (IP).

1.4. Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, carbono y nutrientes en suelo, eficiencia en el uso del agua y calidad de suelo en respuesta al manejo de la intensidad de pastoreo. Relación incremento de la oferta de forraje en eficiencia en el uso de la energía y producción de gases de efecto invernadero. Relaciones intensidad de pastoreo con gases de efecto invernadero, eficiencia en el uso del agua, calidad de suelo y confort animal.

Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero (aproximación experimental): En un establecimiento ganadero ubicado en la localidad de Colonia Avigdor, dpto. Bovril - Entre Ríos, se llevó a cabo el experimento durante el periodo estival de dos años consecutivos, 2017/2018 (año 1) y 2018/2019 (año2). Se escogieron dos sitios, según la accesibilidad al pastoreo que representan dos gradientes de intensidad de pastoreo: Moderada IP, en una zona con alta accesibilidad (bosque abierto) y Alta IP, en una zona baja accesibilidad al



pastoreo (bosque cerrado). En ambos sitios, se realizaron mediciones de emisiones de N₂O mediante el método de cámaras estáticas (Conen y Smith, 1998). Para esto, se dispusieron diez cámaras estáticas al azar en cada zona, las cuales constaron de una base fija enterrada en el suelo a 0,05 m de profundidad. Con una frecuencia quincenal se procedió a la extracción de aire que se realizó entre las 8:30 y 12:00 Hs. El aire se colectó con una jeringa al cerrar la cámara y se lo reservó en un vial, el mismo procedimiento se realizó a los 20 minutos y 40 minutos de haber colocado la tapa de la cámara. Una vez colectado el aire en los viales y sellado para su conservación, se determinó la concentración de N₂O en el aire colectado mediante cromatografía gaseosa utilizando un cromatógrafo de gases GC 7890 A (© Agilent Technologies, Inc. 2007-2010).

El flujo de N₂O (μg N-N₂O m⁻² h⁻¹) se calculó a partir de la siguiente formula:

$$\text{Flujo} = \Delta c / \Delta t * V / A * m / V_{\text{molecular}}$$

Donde:

$\Delta c / \Delta t$ es la pendiente del aumento lineal en la concentración de N₂O durante el período de cierre de la cámara.

V es el volumen de la cámara.

A es el área de suelo que cubre la cámara.

m es la masa molecular.

$V_{\text{molecular}}$ es el volumen del gas corregido por la temperatura.

Conjuntamente a la extracción de aire para la determinación de la concentración de N₂O se tomaron muestras de suelo a 5 cm de profundidad para evaluar el contenido de humedad y nitratos al momento de la medición, además de registrarse la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad. Adicionalmente se calculó el Espacio poroso lleno de agua (EPLLA) teniendo en cuenta la humedad del suelo y la densidad aparente del mismo. Finalmente, se realizó un análisis ANOVA para evaluar el efecto de los dos años de experimentación y los niveles accesibilidad al pastoreo. Cuando el ANOVA indicó diferencias significativas, se compararon las medias mediante un test de Tukey ($\alpha=0.05$). EL ANOVA se realizó utilizando el paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2011).

Carbono

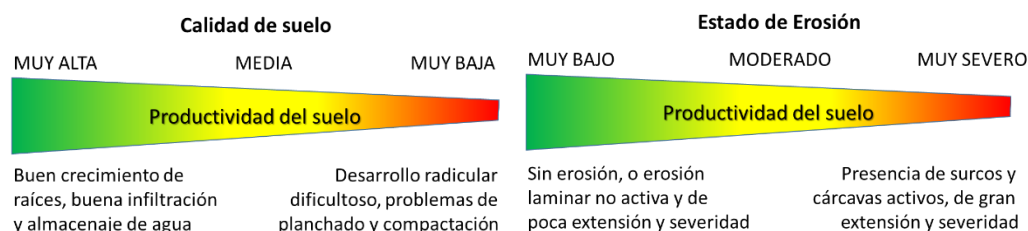
Se muestrearon 20 sitios ubicados en los Departamentos La Paz y Feliciano del norte de Entre Ríos. Los sitios correspondieron a predios ganaderos familiares bajo monte natural. En seis puntos distribuidos al azar en cada predio, se muestreó el suelo (para evaluación de C y densidad



aparente) hasta los 30 cm en estratos de 0-5, 5-15 y 15-30 cm. Se fraccionó el C-MOS en particulada (MOP) y asociada a minerales (MOAM) y se analizó el contenido de C en cada fracción. Se establecieron regresiones entre el C de cada fracción (MOP y MOAM) con la altura de pasto promedio entre los dos años de muestreo el nitrógeno de cada fracción y variables dependientes del tipo de suelo como la relación (arcilla+limo)/arena. Asimismo, en cada uno de los sitios y para los mismos puntos en que se muestreo el suelo, se estimó el carbono almacenado en la biomasa arbórea. En cada punto se establecieron parcelas de 400m² donde se determinó para cada ejemplar arbóreo la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y se utilizaron ecuaciones para estimar la biomasa, considerando a su vez variables de tabla como la densidad de la madera y el coeficiente de forma (Fra, 2000). Luego el contenido de carbono surge del producto de la biomasa por un factor de 0,5 (Bravo et al.,2007).

Calidad de suelo:

Se evaluó la calidad de suelo y el estado de erosión del campo natural en predios ubicados en el este de Argentina (n=28) entre 2017 y 2018, mediante transectas de 100 a 150 m (6 en cada predio) y utilizando el método expeditivo de relevamiento de calidad de suelo y estado de erosión propuesto por el Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (Wilson et al., 2016; Rostagno et al., 2016). Estas metodologías constituyen adaptaciones de los métodos propuestos por FAO para caracterizar la productividad del suelo (Figura 4). Para cada transecta se estimó en una escala de 0 a 4 la limitación a la profundidad efectiva, la profundidad del horizonte A, la cobertura de suelo por mantillo/rastrojo, la cobertura de suelo por costras biológicas y/o físicas, la abundancia de raíces, el tamaño de agregados y la facilidad de ruptura de los mismos, la porosidad visible; el tipo de erosión hídrica presente, el estado, extensión y severidad de la misma. Con estas variables se determinó el índice de calidad de suelos y el índice de estado de erosión para cada transecta evaluada. En cada transecta se relevaron asimismo variables de caracterización y estado de la vegetación (tipo de vegetación, enmalezamiento, accesibilidad para el ganado, y altura de pasto –componente 1-1) y del suelo (orden de suelo, pendiente, entre otros). Para la interpretación de los resultados de los índices se utilizaron los siguientes rangos: Calidad de suelo muy alta >24; alta 21 a 24; media 16 a 20; baja 10 a 15; y muy baja <10; Estado de erosión muy severa >13, severa 11 a 13; moderada 6 a 10; baja 2 a 5; y muy baja 0 a 1. Los resultados de calidad de suelos y estado de erosión se vincularon con la altura de pasto y la accesibilidad para el ganado.






Figura 4. Interpretación de la calidad de suelo y el estado de erosión en términos de la productividad del sistema.

Cuantificación de variables vinculadas al confort animal y la infiltración (aproximación experimental):

En el mismo establecimiento ganadero ubicado en la localidad de Colonia Avigdor, dpto. Bovril - Entre Ríos, donde se llevó a cabo el experimento de emisión de gases de efecto invernadero se realizaron mediciones de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento a 1,5 m de altura con un dispositivo portátil Atmos (Skywatch®, JDC Electronics, Suiza) en las mismas fechas de los muestreos de emisiones de gases (Figura 5a) Las condiciones climáticas estivales se alejan en gran medida de la zona de confort térmico del rodeo bovino y afectan su eficiencia productiva y reproductiva. Con estas variables meteorológicas se estimó el Índice de Temperatura y humedad como aproximación al confort animal. En el mismo establecimiento se realizaron mediciones de infiltración con permeámetros de disco de 12,5 cm de diámetro (Figura 5b). Estas mediciones se realizaron en los sitios de alta accesibilidad (monte abierto) y baja accesibilidad al pastoreo (monte cerrado). En ambos sitios, se realizó una medición de infiltración con 6 repeticiones distribuidas al azar en cada sitio. La determinación se prolongó hasta lograr un flujo constante de infiltración (mm/h), con mediciones cada 5 minutos.



Figura 5. a) Realizando la medición de temperatura de aire, humedad relativa y viento en el monte. b) Medición de infiltración de agua en el suelo con permeámetro de disco.

2. Modelación predial y de paisaje de las relaciones entre intensidad de pastoreo, producción secundaria, resultado económico, biodiversidad y desempeño ambiental de ganaderos

2.1. Desarrollo de un sistema de toma de decisiones sobre la gestión de la intensidad de pastoreo. Modelación de la relación entre intensidad de pastoreo con producción de forraje consumo y selectividad. Desarrollo y mejoras de subrutinas matemáticas para predecir la cantidad de forraje, condición corporal de las vacas, tasa de crecimiento y consumo de forraje en pastoreo.

Cualquier medida de manejo del pastoreo modifica los servicios ecosistémicos que el campo natural aporta (Havstad et al., 2007). La intensidad de pastoreo es una de las medidas de manejo más utilizadas dado el gran impacto que tiene en los resultados productivos y económicos (Do Carmo et al., 2018). Sin embargo, es escasa la información sobre el impacto de cambios en la intensidad de pastoreo sobre: erosión de suelos, composición botánica de tapices



naturales, producción primaria y los mecanismos que la explican, y dinámica de carbono en el suelo y agua en el suelo, y el efecto sobre la avifauna. Este proyecto buscó cuantificar impactos de cambios en la intensidad de pastoreo sobre las variables antes mencionadas. Para integrar la información a nivel de sistema de producción los modelos son herramientas útiles.


Se desarrolló un modelo de simulación que permite cuantificar el impacto de gestionar los sistemas ganaderos con diferentes intensidades de pastoreo, así como la resiliencia de los mismos frente a cambios en precipitaciones. Se validaron ecuaciones matemáticas de diferentes componentes de un sistema ganadero familiar para estimar resultado físico y económico. Se utilizó información experimental generada en Facultad de Agronomía, Udelar en el marco de este proyecto e información de literatura. La validación del componente animal fue presentada en un resumen al Congreso Farming Systems Design, Montevideo 2019.

2.1. Desarrollo de un sistema de toma de decisiones sobre la gestión de la intensidad de pastoreo.

Para validar la subrutina de consumo de forraje y eficiencia de uso de la energía de vacunos en pastoreo de campo natural se evaluó el consumo de forraje y la ganancia diaria de peso vivo se evaluaron utilizando datos de un estudio realizado en la Estación Experimental de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (lat 30 ° 05' S, largo 51 ° 40' W), y 46 m sobre el nivel del mar (Brasil), en un área de pastizales naturales representativos de Bioma Pampa (da Trindade et al., 2016). El tratamiento fue el nivel de asignación diaria de forraje (4, 8, 12 y 16 kg de materia seca (MS) por 100 kg de peso corporal del animal (BW).

El experimento se organizó en un diseño de bloques completos al azar con dos réplicas (potreros). Las diferencias en el tipo de suelo fueron determinantes para los criterios de bloqueo. Se utilizaron vaquillas cruzadas de Angus-Hereford y Nellore de quince meses de edad (196 ± 4 kg de peso corporal). El número de animales se basó en la masa de forraje (FM) presente y la tasa diaria de acumulación de materia seca (DAR) para lograr los márgenes de forraje requeridos. Las evaluaciones en este estudio se realizaron en dos estaciones: verano (del 11 de enero al 7 de marzo de 2009) y primavera (del 27 de octubre al 5 de diciembre de 2009). Las vaquillonas se pesaron, sin ayunar, en cada estación y tuvieron un peso corporal de 174 ± 3.9 kg y 206 ± 4.6 kg en verano y primavera, respectivamente. En cada temporada, se realizaron mediciones para caracterizar la estructura de la pastura y los animales se dosificaron con n-alcanos para estimar la ingesta diaria de materia seca y el valor nutritivo del forraje aparentemente consumido. La estructura de la pastura se evaluó muestreando la vegetación en cada potrero. La FM (kgDM / ha) se determinó mediante la técnica de doble muestreo. La altura del forraje (cm) se midió con un bastón en cinco puntos dentro de cada cuadrante, un mínimo de 50 ubicaciones aleatorias en el área entrepiera en cada potrero.


Para verificar si las asignaciones de forraje se lograron después de los ajustes de almacenamiento, la asignación de forraje real se calculó como: $RFA = ((FM / n + DAR) / SR) \times 100$, donde n = número de días en cada período evaluado, DAR = la tasa diaria de acumulación de MS



en kg DM.ha-1.day-1, y SR = la tasa de almacenamiento en kg BW-1. Ha-1. El DAR utilizado en la ecuación se estimó midiendo cuatro jaulas de exclusión por potrero.

2.2. Caracterizar la composición y estructura del paisaje de los predios ganaderos familiares y vincular estas características con la magnitud y espacialidad de las relaciones entre intensidad de pastoreo-consumo de energía- movimiento animal y biodiversidad a nivel de predio. Protocolos de análisis automatizados para caracterizar la composición y estructura del paisaje de los predios ganaderos familiares. Modelos matemáticos de relaciones entre características del paisaje, intensidad de pastoreo, consumo de energía- movimiento animal, y biodiversidad

En los establecimientos evaluados se delimitaron ambientes en base al porcentaje de cobertura arbórea identificada por interpretación visual a partir de Google Earth a una escala fija habiendo definido previamente los criterios de interpretación y desarrollando un patrón comparativo. Se definieron cinco zonas o ambientes, desde Z1 con más de 75% de cobertura arbórea a Z5 con menos de 5% de cobertura arbórea, generando archivos Shapefile. A fin de cubrir las variaciones que pueden generarse por estacionalidad y condiciones ambientales se descargaron del portal de datos EarthExplorer del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) un total de 180 imágenes del Satélite Landsat 8 de los años 2016 y 2017. Los Path/ Row utilizados fueron 225/81 para cubrir los establecimientos del Departamento de Feliciano, 226/81 y 226/82 para cubrir los establecimientos del Departamento de La Paz. Sobre las imágenes crudas se realizó la corrección atmosférica DOS1 y la transformación de escala digital a unidades físicas. Se recortaron las imágenes utilizando los archivos Shapefile con un script de bash para automatizar el proceso. Para evaluar el efecto de las nubes en el resultado del proceso se utilizó la banda de evaluación de calidad (BQA) y se guardaron todos los resultados para poder utilizar diferentes umbrales de presencia de nubes por píxel. A fin de evaluar descriptores de textura se generaron ventanas de 3x3 a 9x9 píxeles en cada zona y se analizó qué tamaño de ventana es conveniente utilizar para posteriores procesamientos en función de la cantidad de muestras que se dispone en cada caso. Debido al significativo decrecimiento en el número de muestras disponibles a medida que aumenta el tamaño de ventana y a que las coberturas con mayor número de muestras aumentan su participación relativa, los procesos de extracción de características se realizaron sobre las muestras obtenidas a partir de ventanas de 3 por 3 píxeles. Se calcularon los índices espectrales NDVI (Rouse et al., 1973); GNDVI (Gitelson y Mezlyak, 1996); NDVI_m Gitelson 2004; MSI (Hawkins, 1997); la varianza y la entropía para cada una de las bandas Dichos valores juntos con los índices espectrales conforman el conjunto inicial de descriptores/características. A fin de evaluar la separabilidad de las zonas definidas en base a las características obtenidas se realizaron clasificaciones con Random Forest utilizando como variables de entrada el valor del píxel, la varianza, la entropía, el NDVI, el GNDVI, el NDVI_m y el



MSI. Para evaluar el clasificador se utilizaron los pixeles previamente marcados y la técnica de validación cruzada promediando los resultados de 10 predicciones con distintas particiones de los datos (prueba y entrenamiento) hechas al azar.

3. Co-innovación en predios ganaderos familiares

El objetivo general fue promover transformaciones en las prácticas de manejo de los SGF de Uruguay y Argentina para mejorar el 40 % el Ingreso neto con base en un modelo de intensificación ecológica. Como objetivos específicos se propusieron: a) Desarrollar una encuesta a SGF de Uruguay y Entre Ríos Argentina, para conocer su estructura, modos de gestión, resultados productivos y establecer una Línea de Base. b) Desarrollar co-innovación en predios de referencia, promoviendo prácticas de manejo que apunten a la intensificación ecológica. c) Obtener y sistematizar lecciones aprendidas sobre medidas y estrategias que viabilicen la intensificación ecológica a la vez que reduzcan la vulnerabilidad y aumenten la resiliencia en SGF de Uruguay y Argentina.

3.1. Identificación y conceptualización de los modelos de gestión espacio-temporal de la intensidad de pastoreo en predios ganaderos familiares. Base de datos socio-económicos, productivos y tecnológicos de sistemas ganaderos familiares del Norte y Este de Uruguay y provincia de Entre Ríos, Argentina.

Tipificación de predios en base a su estructura, gestión y resultados productivos.


En Uruguay, fueron encuestados 250 productores ganaderos seleccionados por muestreo de la población del Censo General Agropecuario, año 2011, de acuerdo, a su ubicación (Sierras del Este y Cuesta Basáltica), si eran beneficiarios o no de la política pública, y según su nivel de carga animal total (menores a 0,6, de 0,6 a 0,9 y mayores a 0,9 UG ha⁻¹). El método utilizado fue la estimación de tamaño muestral de Neyman (Cochran, 2000). La información de estructura, gestión y resultado productivo se describió en base a promedio, desvío estándar y valores extremos, correlación simple entre variables y modelos de regresión simple y múltiple que expliquen el resultado productivo en función de estructura y gestión (Infostat, Di Rienzo et al., 2014). En el centro-norte de Entre Ríos (Argentina), en tanto, se realizó en 2016 una encuesta a 55 productores ganaderos de los departamentos La Paz y Feliciano. Ambos departamentos concentran 15-30% de la producción bovina y ovina de la provincia (Engler et al. 2008), principalmente realizada en campo natural (bosques, sabanas y pastizales, Calvi and Rodriguez 2014). En Feliciano, se registra la mayor proporción de superficie destinada a ganadería bovina y ovina de la provincia (71% de la superficie del Departamento, Engler et al. 2008). En La Paz, las principales actividades agropecuarias son la ganadería bovina y la agricultura; esta última actividad está en expansión (Dupleich and Vicente 2012). En ambos departamentos, 70% de los productores son familiares, viviendo en sus propiedades o en localidades cercanas (Engler et al.



2008; Dupleich and Vicente 2012). Además de la ganadería, los productores familiares suelen realizar otras actividades vinculadas al bosque, como apicultura, extracción de leña, producción de leche, cría de animales de corral, caza y consumo de frutos silvestres (Casermeiro et al. 2003).

Los productores encuestados fueron seleccionados en base a un listado inicial de productores ganaderos conocidos por extensionistas de INTA de la región (AER La Paz y AER Feliciano, n=255 productores ganaderos). En esta base, se identificaron 55 productores ganaderos familiares que reunían las siguientes características: a) residían en el establecimiento o zonas cercanas (<50 km); b) la ganadería de cría (cría de ciclo completo, con o sin reposición externa) era su principal fuente de ingresos; c) al menos la mitad de la mano de obra utilizada era aportada por el núcleo familiar; d) la principal fuente de forraje del ganado provenía del campo natural (bosque nativo, sabana y/o pastizales); e) suelen incorporar cambios en su sistema de gestión en base a información técnica; y f) podrían estar potencialmente interesados en participar en proyectos de innovación ganadera. Los productores fueron encuestados personalmente por profesionales de la EEA Paraná del INTA, entre Agosto y Diciembre de 2016.

El cuestionario utilizado en las encuestas se basó en cuestionarios previamente utilizados por colegas de Argentina (Encuesta Ganadera Bovina de Carne 2009-2010, Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN)) y de Uruguay (encuesta proyecto “Ganaderos Familiares y Cambio Climático”, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca de Uruguay), para relevamientos de información similares al presente proyecto, e incluyó 49 preguntas acerca de la familia (composición, rango etario, toma de decisiones); la explotación agropecuaria (ubicación, superficie, situación patrimonial, etc.); las características de actividades e ingresos del sistema productivo; la organización del trabajo; la producción ganadera en el último ciclo ganadero (1 Julio 2015- 30 Junio 2016), incluyendo la venta y comercialización de ganado; las prácticas de manejo del rodeo desde el punto de vista del alimento; la sanidad y servicio; el equipamiento y bienes relacionado con la actividad ganadera; las perspectivas actuales y futuras de la producción ganadera en el predio; y datos socio-económicos complementarios (pertenencia a organización de productores, participación en reuniones, acceso a fuentes de información, etc.). Antes de ser implementado, el cuestionario fue evaluado por investigadores (n=4) y agentes de extensión del INTA (n=3), para determinar claridad de las preguntas, posible tiempo de compleción, y otros aspectos del cuestionario, que fueron ajustado consecuentemente. Los datos obtenidos en las 55 encuestas fueron posteriormente digitalizados en una base de datos en Excel, y analizados estadísticamente utilizando Infostat (DiRienzo et al. 2017) y R-(aplpack 2019; factor extra 2017; ggplot2 2016); ggiraphExtra 2018). Inicialmente, se realizó un análisis de conglomerados con las principales características productivas desde el punto de vista ganadero, utilizando como medida de distancia la mediana (Gower) y el método de agrupamiento jerárquico Ward. Este método propone que la pérdida de información que se produce al integrar los distintos individuos en grupos o conglomerados puede medirse a través de la suma total de los cuadrados de las desviaciones entre cada punto (individuo) y la media del conglomerado en el que se integra. Y tiene como ventaja que arma grupos más claros que otros métodos (Cuadras,



C. y Salva-Garrido, S.; 2018). Para la identificación de grupos de productores, se cortó el dendrograma donde la distancia entre dos puntos fue máxima.

Tipificación de predios en base a su estructura, gestión y resultados productivos

Utilizando como base de análisis de la información un modelo conceptual de los sistemas ganaderos familiares de cría desarrollado específicamente en el ámbito del proyecto, se analizaron los resultados productivos, económicos y ambientales de los 28 productores evaluados en el centro-norte de Entre Ríos (Argentina). Los productores se agruparon en función de los tipos identificados en base a características socio-económicas y de manejo (ver más arriba) y, para cada tipo de productor, se analizaron las siguientes variables a escala de predio: a) variables productivas: producción de carne (en Kg/ha), intensidad de pastoreo (kg Peso Vivo/kg Materia Seca), carga animal (# animales/ha), y oferta de forraje (en Kg Materia Seca/ha); b) variables económicas: ingreso neto (en \$/año) y relación de ingresos extra-prediales comparado a los prediales (en %); y c) variables ambientales: altura media de los pastos (en cm), cobertura de herbáceas forrajeras y no forrajeras (en %), cobertura de arbustos (en %), cobertura (en %), altura (en m) y densidad (#/ha) de árboles, calidad expeditiva de los suelos (índice), erosión de suelos (índice), riqueza (número de especies) de aves de pastizal y de aves de bosque; d) variables socio-económicas: distancia al ripio (en km, como indicador del grado de accesibilidad del predio a los centros urbanos) y mano de obra familiar (como % mano de obra familiar dentro del predio en relación a fuera del predio); y e) de manejo productivo (índice de manejo de cría). Las mismas fueron caracterizadas primeramente mediante análisis estadísticos descriptivos, y luego vinculadas entre sí utilizando análisis multivariados. En primer lugar, se exploró la asociación de las quince variables de resultado económico, productivo y ambiental (Tabla 1), utilizando un análisis descriptivo de las “caras de Chernoff (Chernoff 1973). Posteriormente, se construyeron gráficos de araña por cada tipo de productor, vinculando estas 15 variables con cinco variables de características socio-económicas (distancia al ripio; mano de obra familiar; índice de manejo productivo; relación de ingresos extra-prediales comparado a los prediales; y una ambiental (cobertura de árboles).

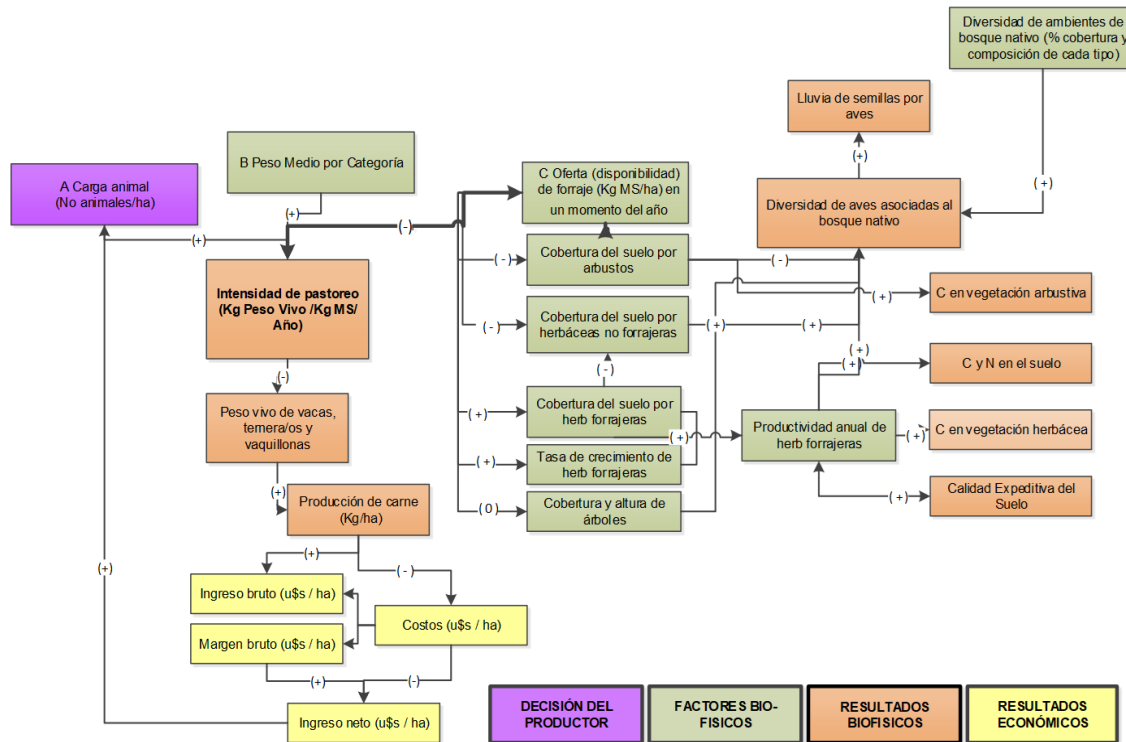


Figura 6. Modelo conceptual de sistemas acoplados hombre-naturaleza, en el que se vinculan las decisiones de los productores con variables (factores y resultados) biofísicos, productivos y económicos.

Tabla 3. Variables de resultado productivo, económico y ambiental, utilizadas para caracterizar los predios según los tres tipos de productores identificados en Argentina.

Parámetro del rostro	Variable
Altura de la cara	Carga
Ancho de cara	IP (Intensidad de pastoreo)
Estructura de la cara	Producción de carne
Altura de la boca	Ingreso Neto
Ancho de boca	Altura pasto
Sonriente	Oferta
Altura de los ojos	Cobertura arbustivas
Ancho de ojos	Cobertura herbáceas forrajeras
Altura del cabello	Cobertura herbáceas no forrajeras
Ancho de cabello	Densidad de arboles
Estilo de cabello	Altura de arboles
Altura de la nariz	Riqueza de aves de pastizal
Ancho de la nariz	Riqueza de aves de bosque
Ancho de la oreja	Calidad expeditiva de suelo



3.2. Estudiar el efecto de los modelos de gestión de la intensidad de pastoreo sobre el resultado físico, económico y ambiental. Modelos conceptuales y matemáticos de relaciones entre intensidad de pastoreo y resultados productivos, económico, y biodiversidad.

A partir de la información del uso espacio-temporal de los potreros, las técnicas de manejo empleadas en la cría vacuna y los niveles de carga animal, fueron definidos (Paparamborda, 2017): No gestor: Entore continuo y/o NO patrón de uso de potreros Gestor: Entore estacional + Patrón de uso de potreros definido igual o mayor a 1 y menor a 3. Gestor espacio temporal. Entore estacional + Patrón de uso de potreros igual o mayor a 3 y carga menor a 1,3 UG ha⁻¹. La relación entre los modelos de gestión y Producción de Carne Vacuna (PCV ha⁻¹) se analizó mediante ANOVA.

Se estudió la relación entre la estructura, gestión del pastoreo, índice de prácticas de cría vacuna (Paparamborda, 2017) y los niveles de las variables de estado (cantidad de forraje, condición corporal del rodode y kilogramos de ternero destetado por vaca entorada) del ecosistema criador sobre campo natural en SGF que representan no (SGF1) o reciente participación (SGF2) e integración a largo plazo (SGF3) en un proceso de coinovación (Dupuy et al, 2019). Se estimaron los niveles de cantidad de forraje mediante el método de doble muestreo, la oferta de forraje en base a los kgMS/kgPV, la condición corporal del rodeo (Vizcarra et al, 1987), el peso vivo de la vaca y el ternero y los niveles de hormonas metabólicas (leptina, IGF_1 e insulina), el porcentaje de destete vacuno y la producción de carne por unidad de superficie (Paparamborda, 2017) de los SGF (Dupuy et al, 2019)

3.3. Caracterización de la trayectoria física, económica y ambiental que recorren dichos ganaderos cuando son sometidos a un proceso de co-innovación. Identificación y cuantificación de la línea base, la trayectoria y los niveles de cambio de los ganaderos familiares.

El proceso de coinovación en 14 y 13 SGF de Sierras del Este y Basalto, Uruguay, fue llevado adelante por dos técnicos extensionistas coordinados por el equipo de profesionales de Fagro (UDELAR, Uruguay). En la caracterización, se reconstruyeron los indicadores productivos de tres ejercicios agrícolas previos a inicio del proyecto y se estableció la línea de base (LB), la cual, orientó el diagnóstico y la propuesta de rediseño predial. Los cambios que ocurrieron durante la co-innovación, fueron analizados como estudios de caso. La comparación entre la línea de base (LB) y el proceso de co-innovación (CO) para variables de estructura, gestión y resultados productivos se resumieron en estadísticas descriptivas y se compararon mediante ANOVA. Los

modelos que mejor explicaron el Ingreso neto y la producción de carne vacuna, ovina y lana se estudiaron mediante el stepwise (JMP; Statistics and Graphics Guide, Release 8, 2008).

En Argentina, en tanto, se caracterizó la línea de base (LB) de 22 predios (10 en Feliciano y 12 en La Paz). Los resultados donde en base a la libreta del productor se estimó los resultados físicos, como carga animal, expresada número cabezas, kg de peso vivo y equivalente vaca por hectárea; la producción de carne en kg producidos por hectárea, e indicadores reproductivos, como porcentaje de destete, reposición de hembras y de toros utilizados y económicos, y los resultados económicos (Figura 7) se estimaron utilizando un registro mensual de información, realizado por los productores, con la ayuda de dos agentes de extensión (uno en La Paz y otro en Feliciano). Los indicadores ambientales, en tanto, se estimaron como parte de las actividades del Componente 1 y 2 del presente proyecto.



Figura 7. Indicadores económicos evaluados en los predios caracterizados en Argentina. Fuente: Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. 2009. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISSN 18 ISSN 1851 ISSN 1851-69554. Articulación internacional e interinstitucional



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

FONTAGRO
Banco interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop
W0502, Washington DC 20577
Correo electrónico: fontagro@iadb.org