



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET



FACULTAD DE
AGRONOMÍA

PRODUCCIÓN GANADERA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE
Y RESTAURACIÓN DEL SUELO EN PASTIZALES URUGUAYOS

Informe de evaluación anual 2021-2022

Entregable 31 (Parte 1)

Setiembre 2022



**Ganadería
y Clima**



Proyecto GCP/URU/034/GFF “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración del suelo en pastizales uruguayos”

Ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y el Ministerio de Ambiente (MA), con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

“Diseño y establecimiento de un sistema de coinnovación para la gestión ganadera climáticamente inteligente y la restauración de tierras a nivel de campo”

Carta de acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) en Uruguay.

Entregable 31 (Parte 1). Informe de evaluación anual 2021-2022.

Elaboración:

Santiago Dogliotti, Gervasio Piñeiro, Pablo Soca, Ignacio Paparamborda, Santiago Scarlato, Victoria Gestido, Santiago Risso, Varinia Figueroa, Luisina Torres, Juan Manuel Piñeiro, Micaela Abrigo, Fabricio Tiscornia (Facultad de Agronomía, Udelar), Verónica Aguerre, Andrea Ruggia (INIA), Isabel Barros, Carolina Gari, Ramón Gutiérrez, Marcello Martinelli, Florencia Meijides, Laura Núñez, Nelson Rivas, Ana Sánchez (Extensionistas GyC)

Revisión:

Soledad Bergós (Coordinadora Nacional), Felipe García (Coordinador Adjunto), Valentín Balderrín (Especialista en Monitoreo y Evaluación), Lucía Pais (Administrativa Contable) y Cecilia Márquez (Responsable de Comunicación) por Proyecto GyC, FAO.

Comunicación y Diseño:

Cecilia Márquez (Responsable de Comunicación por Proyecto GyC, FAO).

Revisión y aprobación final:

Cecilia Jones (MGAP), Carolyn Opio (FAO)

Montevideo, Setiembre de 2022

Contenido

COMPONENTES DEL PROYECTO	8
INTRODUCCIÓN	9
1. 102.	123.
154.	215.
316.	RESULTADOS ENTORRE 21-22
34	
7.	338. PRINCIPALES CONCLUSIONES DEL EJERCICIO 2021-22
	38
9. CONCLUSIONES	42

Siglas y acrónimos

CAF	Cooperativas Agrarias Federadas
CC	Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNFR	Comisión Nacional de Fomento Rural
DIEA	Oficina de Estadísticas Agropecuarias - MGAP
DGDR	Dirección General de Desarrollo Rural - MGAP
DGRN	Dirección General de Recursos Naturales - MGAP
DINACC	Dirección Nacional de Cambio Climático - MA
DINABISE	Dirección Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos - MA
FAGRO	Facultad de Agronomía - Universidad de la República
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GCI	Ganadería Climáticamente Inteligente
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)/Global Environment Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GRAS	Unidad de Agro-Clima y Sistemas de información - INIA
INAC	Instituto Nacional de Carnes
INC	Instituto Nacional de Colonización
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático /Intergovernmental Panel on Climate Change
IPA	Instituto Plan Agropecuario
M&E	Monitoreo y Evaluación
MDR	Mesa de Desarrollo Rural
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MGCN	Mesa de Ganadería sobre Campo Natural
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
MA	Ministerio de Ambiente

NAMA	Acción Nacional Apropriada de Mitigación/Nationally Appropriate Mitigation Action
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional al Acuerdo de París
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OPYPA	Oficina de Programación y Política Agropecuaria - MGAP
SIG	Sistema de Información Geográfico
SNRCC	Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad
UD	Unidad de Descentralización - MGAP
UDELAR	Universidad de la República
UGP	Unidad de Gestión de Proyectos - MGAP

Marco del proyecto Ganadería y Clima

En Uruguay, más del 90 % de su superficie es adecuada para la producción agropecuaria (Uruguay XXI, 2020) y en particular, la pecuaria, ha sido históricamente uno de los rubros principales. Según datos de Uruguay XXI, la carne bovina fue el principal producto de exportación en 2019, representando un 20 % del valor total de las exportaciones.

De acuerdo con datos del Anuario Estadístico de DIEA (2020), 44.355 establecimientos ganaderos ocupan una superficie de 12.871.000 hectáreas, de las cuales aproximadamente el 85% tienen como base forrajera el campo natural. El campo natural, además de ser un valioso recurso para la producción, provee diversos servicios ecosistémicos y posee resiliencia frente a eventos climáticos extremos. Sin embargo, su potencial productivo se ha visto limitado por el sobrepastoreo lo que implica menor productividad de carne por hectárea, erosión de suelos, pérdida paulatina de materia orgánica y degradación de la biodiversidad.

Existen evidencias de que un alto número de predios ganaderos tienen niveles bajos de productividad y reducidos ingresos netos por hectárea. Según datos de la Encuesta Ganadera Nacional de 2016, se constata un bajo nivel de adopción de tecnologías, a modo de ejemplo, sólo un 43,7 % realiza revisión de toros previo al entore, un 42,5 % de los productores declaran tener el toro con el rodeo de cría todo el año y el porcentaje baja a 7,3 % cuando se consulta sobre la realización de diagnóstico de actividad ovárica. Estudios nacionales determinan una productividad media de carne por superficie de pastoreo de entre 70 y 81 kg/ha en el período 2010-2017, constatando además una fuerte brecha entre quienes alcanzan los mejores y los peores desempeños productivos. Entre el percentil 75 y el 25 de desempeño, la diferencia en productividad fue mayor a 65 kg/ha (Aguirre, 2018). Reducir esta brecha en productividad tendría un alto impacto, no solo a nivel de los establecimientos individuales sino de la economía uruguaya.

El sector agropecuario es responsable del 57% de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en Uruguay de acuerdo al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2019, siendo la ganadería el principal responsable por las emisiones de metano. Por lo tanto, la ganadería se presenta como un sector estratégico para acciones de mitigación. Uruguay así lo ha definido en su primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París (NDC) y ha presentado metas desagregadas por gas y por sector, entre ellas la reducción de emisiones de la ganadería vacuna por kilogramo de carne producida.

La GCI propone aumentar la productividad de manera sostenible de forma de contribuir a reducir la vulnerabilidad climática y al mismo tiempo, a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

En este sentido, el MGAP, en colaboración con el MA, con apoyo técnico de FAO y financiamiento del GEF, implementan desde marzo del 2019, el proyecto “Producción ganadera climáticamente inteligente y restauración de suelos en pastizales uruguayos” (GCP/URU/034/GFF), conocido como “Ganadería y Clima”, con el objetivo de promover el aumento sostenible de la productividad y el ingreso neto en los sistemas ganaderos familiares y medianos, y contribuir a mitigar el cambio climático, restaurar tierras degradadas y mejorar la resiliencia en los sistemas a través de un proceso de coinnovación.

Componentes del proyecto Ganadería y Clima

El proyecto está estructurado en 3 componentes que conjuntamente contribuyen al logro del objetivo.

El Componente 1 fortalece el marco institucional y las capacidades nacionales para implementar la gestión de la GCI a gran escala. Dentro de este componente se desarrolla: (I) una Estrategia Nacional de GCI; y (II) una Acción Nacional Apropiaada de Mitigación (NAMA) con su correspondiente sistema de monitoreo, reporte y verificación para el sector carne.

El Componente 2 trata del desarrollo e implementación de prácticas y tecnologías de GCI a nivel de 60 predios comerciales que abarcan 35.000 ha distribuidos en cuatro regiones ganaderas utilizando un enfoque de coinnovación. Establece un sistema de monitoreo para realizar el seguimiento de los impactos de los cambios introducidos en la gestión, sobre las variables relacionadas con las emisiones de GEI, el secuestro de carbono, los cambios en la vegetación y en la calidad del suelo, así como la producción y los resultados socioeconómicos.

Dentro del Componente 3 se establece un sistema de monitoreo y evaluación para una gestión del proyecto basada en resultados, incluyendo recolección de lecciones aprendidas y la gestión y el intercambio de conocimientos. Se implementa además una estrategia de comunicación con el objetivo de generar vínculos y fluidez entre todos los participantes, para comunicar actividades y resultados y asegurar una amplia difusión.

A lo largo de todo el ciclo del proyecto se incorpora de forma transversal a los 3 componentes un enfoque de género. Finalmente, el proyecto establece y mantiene lazos con proyectos anteriores e iniciativas en curso para el desarrollo de una

ganadería sostenible, con el fin de compartir lecciones aprendidas y beneficiarse de las experiencias.

Introducción

La implementación del proceso de coinnovación y la evaluación de los impactos de este proceso sobre las dimensiones sociales, económico-productivas y ambientales requieren en primer lugar establecer la línea de base desde la cual parte cada uno de los establecimientos participantes y luego monitorear su evolución a lo largo del proyecto. Establecer la línea de base es parte del proceso de diagnóstico necesario para elaborar un plan de rediseño para cada establecimiento, construido y acordado con cada familia participante. El monitoreo es parte de la evaluación periódica necesaria para ir ajustando los planes, de acuerdo a los resultados que se van obteniendo. La línea de base y el monitoreo son también relevantes para reportar los impactos de las estrategias de GCI implementadas por el proyecto sobre las variables relacionadas con las emisiones de GEI, el secuestro de carbono, los cambios en la vegetación y la calidad del suelo, así como la producción y los resultados económicos, sociales y de género.

Este documento tiene como objetivo describir y discutir los resultados obtenidos durante el segundo año de trabajo de coinnovación en los predios participantes (ejercicio julio 2021 – junio 2022), comparados con la línea de base establecida en el diagnóstico (promedio de los ejercicios 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020) y con el ejercicio 2020-2021. Teniendo en cuenta que las visitas técnicas a los predios se iniciaron en abril 2020 y que la etapa de diagnóstico y elaboración de planes de rediseño llegó hasta febrero 2021, los resultados obtenidos en el ejercicio 21/22 representan el primer año de impacto de la implementación de la estrategia de intensificación ecológica del proyecto.

1. Metodología general

El proyecto Ganadería y Clima se plantea como principal objetivo contribuir a aumentar la productividad y el ingreso familiar, y a la vez a mitigar el cambio climático, a recuperar el campo natural y a mejorar la resiliencia de los sistemas de producción ganaderos a través de un proceso de coinnovación.

Para ello, el componente 2 se desplegó en el territorio como se presenta en la Figura 1

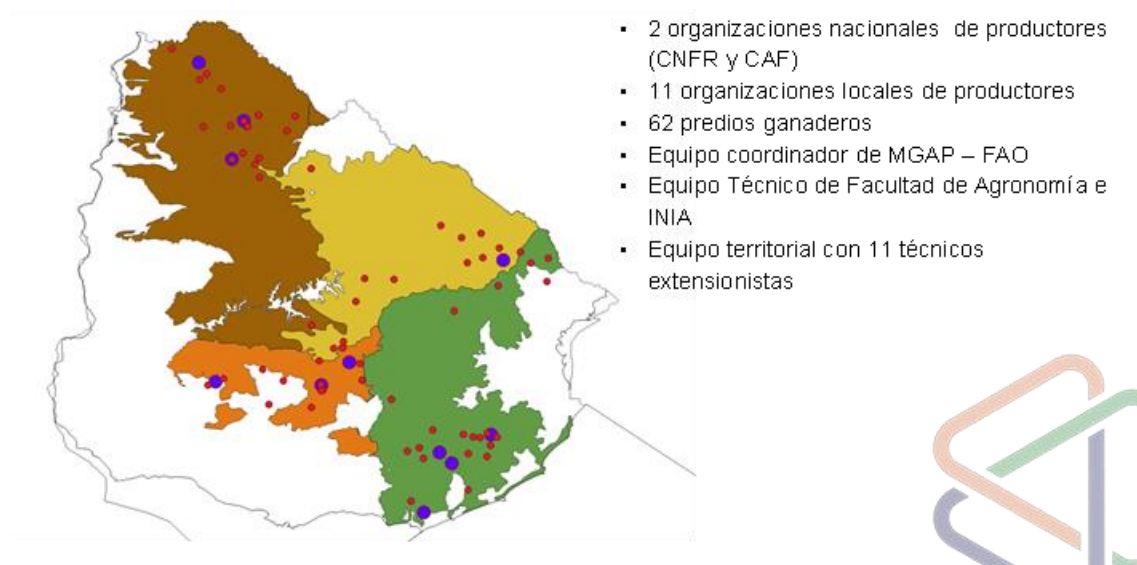


Figura 1. Organización territorial e institucional del componente 2 del proyecto.

El proceso de coinnovación ha completado las siguientes etapas: diagnóstico (abril – octubre 2020), re-diseño (octubre 2020 – febrero 2021), implementación de cambios desde setiembre 2020 hasta la actualidad, y síntesis y evaluación de resultados del primer y segundo año. Todas estas etapas se realizaron en intensa interacción entre las familias de productores/as participantes, los técnicos extensionistas, el equipo técnico de Fagro e INIA, y el equipo coordinador de FAO/MGAP.

Por otra parte, se realiza un seguimiento satelital de la productividad forrajera de los predios, que es usada para los análisis de balance forrajero de cada predio, y una estimación detallada de las emisiones de gases de efecto invernadero de todos los predios participantes. También se realiza en 20 predios del proyecto y 20 vecinos un monitoreo en el terreno de variables ambientales que no se describen en este entregable (Ver Entregable 31 parte 2).

En este informe se realiza un reporte detallado de los resultados productivos, económicos y ambientales del ejercicio 2021-2022, y se analizan los principales factores que explican estos resultados y los cambios respecto a la línea de base establecida en el diagnóstico. Este análisis se basa en la información de 57 predios ya que:

- Desde el inicio del proyecto, 4 predios discontinuaron su participación por diferentes razones y se incorporó un productor nuevo en julio 2021 cuya información no se incluye en este informe.
- Hay 2 predios que se excluyeron de este análisis debido falta de información confiable en algunas de las variables productivas y económicas.

La información productiva y económica se resumió en estadísticas descriptivas (promedios y desvíos estándar) y correlaciones simples entre variables de interés. Se consideró como Línea de base (LB) el promedio de los ejercicios agrícolas 2017-2018; 2018.-2019; 2019-2020 y como Proyecto (Pro) al promedio de 2020-2021 y 2021-2022. El efecto del ejercicio (LB vs. Pro), zona (Norte, Noreste, Centro y Este) y la interacción entre ejercicio*zona, sobre las principales variables de estructura, gestión, productivas, reproductivas y económicas, se estudió en base a modelos lineales. El productor dentro de Zona fue incluido como efecto aleatorio. Las medias de mínimos cuadrados se compararon mediante la prueba T tukey.

Mediante partición de la varianza se estudió la conformación del ingreso neto familiar a precios reales (INF), ingreso neto corregido usando valores constantes de precios del ganado vacuno (INFPK), ingreso bruto (IB) y producción de carne vacuna (PCV) y ovina (PCO) por unidad de superficie (PCVHA y PCOHA) y por animal (PCVUA y PCOUA). Las variables independientes fueron la carga vacuna (CV), carga ovina (CO), porcentaje de área mejorada total (AMT), la producción de carne por unidad animal, los precios por kilo de carne y la gestión del rodeo y majada de cría en base a índice de cría vacuna (ICV) e índice de cría ovina (ICO). El objetivo de calcular el INFPK usando valores de precios del ganado vacuno constantes y estimados como el promedio del valor de las distintas categorías en los tres años de línea de base y en el primer año de proyecto, fue distinguir entre el efecto del impacto del proyecto y el de precios muy favorables durante el ejercicio 21-22.

La relación entre variables de interés se estudió mediante regresión múltiple con base en el procedimiento Stepwise donde se consideró $P \leq 0.10$ para seleccionar variables que explicaron una proporción significativa de la variación. Todos los análisis fueron realizados con el programa JMP ®SAS.

2. Cambios en el porcentaje de agua disponible en el suelo

En los pastizales naturales de Uruguay más del 60% del forraje se produce en primavera y verano. El principal factor que explica la variabilidad en producción de forraje entre años en primavera y verano es el agua disponible en el suelo. Por esta razón es muy relevante describir la evolución del porcentaje de agua disponible en el suelo entre octubre 2021 y febrero 2022 para caracterizar qué tan favorable o desfavorable fue la temporada 2021-2022 para la producción de forraje de los pastizales naturales.

Las precipitaciones de primavera nuevamente estuvieron por debajo de lo normal en prácticamente todo el país, principalmente en diciembre, lo cual resultó en contenidos de agua en el suelo por debajo del promedio histórico en la mayor parte del país desde octubre a enero (Figura 2 y 3). A diferencia del ejercicio 20-21, a principios del 2022 la zona Norte sufrió una sequía más prolongada, incluyendo enero y febrero, mientras que, en otras zonas del país, principalmente la zona Este, los contenidos de agua del suelo se recuperaron en estos meses y fueron buenos durante el otoño. En términos generales podemos concluir que para la gran mayoría de los productores participantes del proyecto fue nuevamente una temporada desfavorable en términos de agua en el suelo para la producción de pasto.

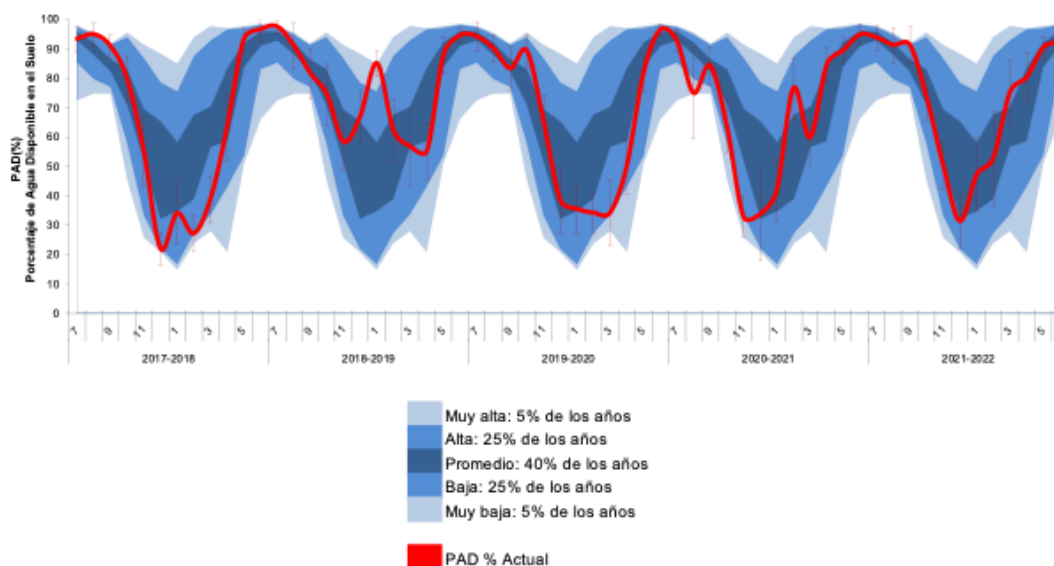


Figura 2. Cambios temporales del porcentaje de agua disponible en el suelo promedio para todos los predios del proyecto durante los últimos 5 años, lo cual incluye la línea base del proyecto y los ejercicios 2020/2021 y 2021/2022 (línea roja).

En tonos de azul se muestran los percentiles históricos (2000-2022) de porcentaje de agua en el suelo. Fuente: INIA GRAS (2022).

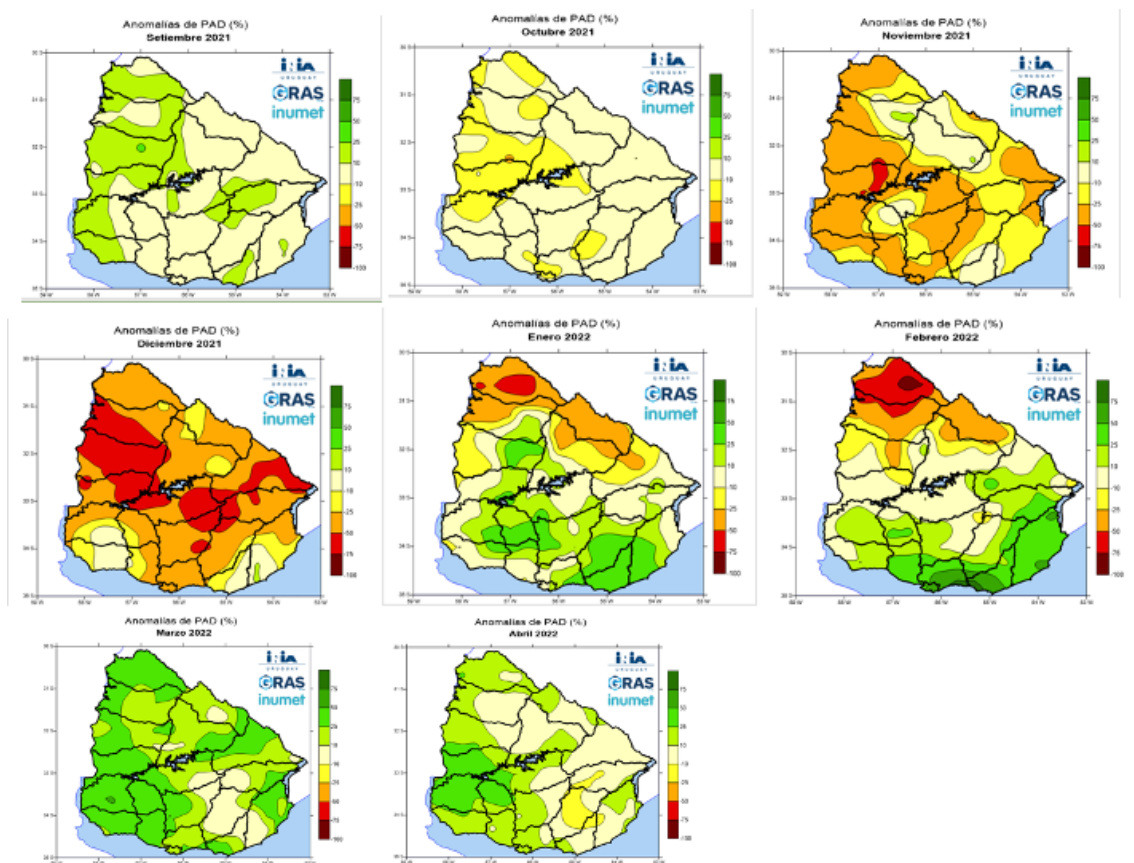


Figura 3. Anomalías espaciales del porcentaje de agua disponible en el suelo desde septiembre de 2021 a abril de 2022, expresado como desvíos del promedio histórico. Fuente: INIA GRAS (2022).

Si analizamos la evolución temporal de agua en el suelo en cada zona vemos, al igual que lo observado en los mapas de la Figura 3, que todas las zonas presentan un déficit hídrico en el suelo marcado durante la primavera 2021, y que en la zona Norte este déficit se prolonga, mientras que en el Centro y Noreste existió una sequía importante principalmente en diciembre. La zona Este en cambio sufrió una sequía leve en octubre-noviembre seguido de un otoño con buenos valores de contenidos de agua en el suelo (valores normales o superiores), mientras que las otras zonas mejoraron sus contenidos de agua a partir de enero del 2022 (Figura 4 y 5). Al igual que el ejercicio pasado, se observa que los contenidos de agua en el suelo de otoño del 2022 fueron en la mayoría de las zonas iguales o superiores al promedio histórico y superiores a la línea base (línea amarilla en Figura 5), que en todas las zonas presentó otoños más secos que lo normal (Figura 5).

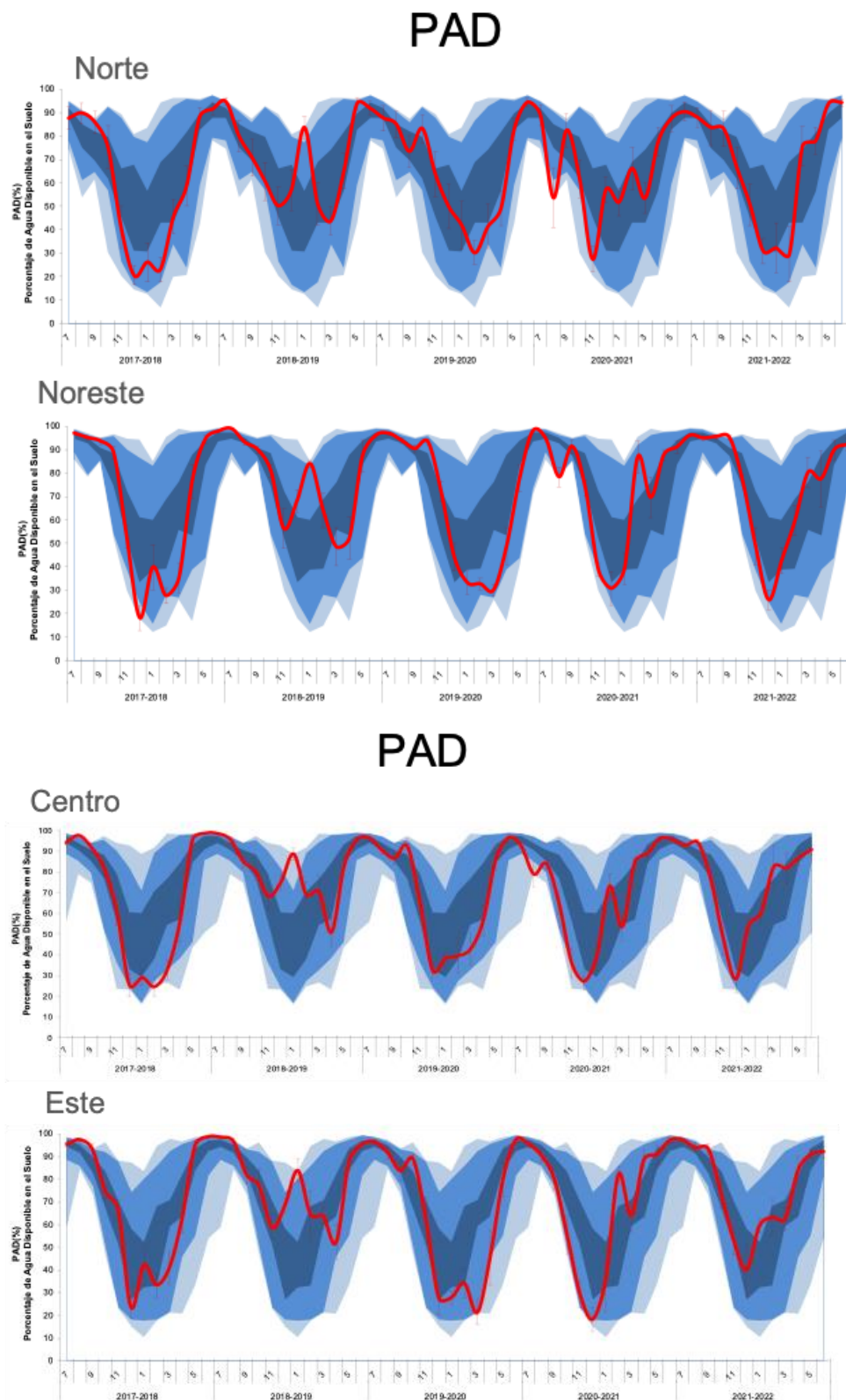


Figura 4. Cambios temporales del porcentaje de agua disponible en el suelo promedio para todos los predios de cada zona del proyecto durante los últimos 5 años, lo cual incluye la línea base del proyecto y los ejercicios 2020/2021 y 2021/2022 (línea roja). En tonos de azul se muestran los percentiles históricos (2000-2022) de porcentaje de agua en el suelo. Fuente: INIA GRAS (2022).

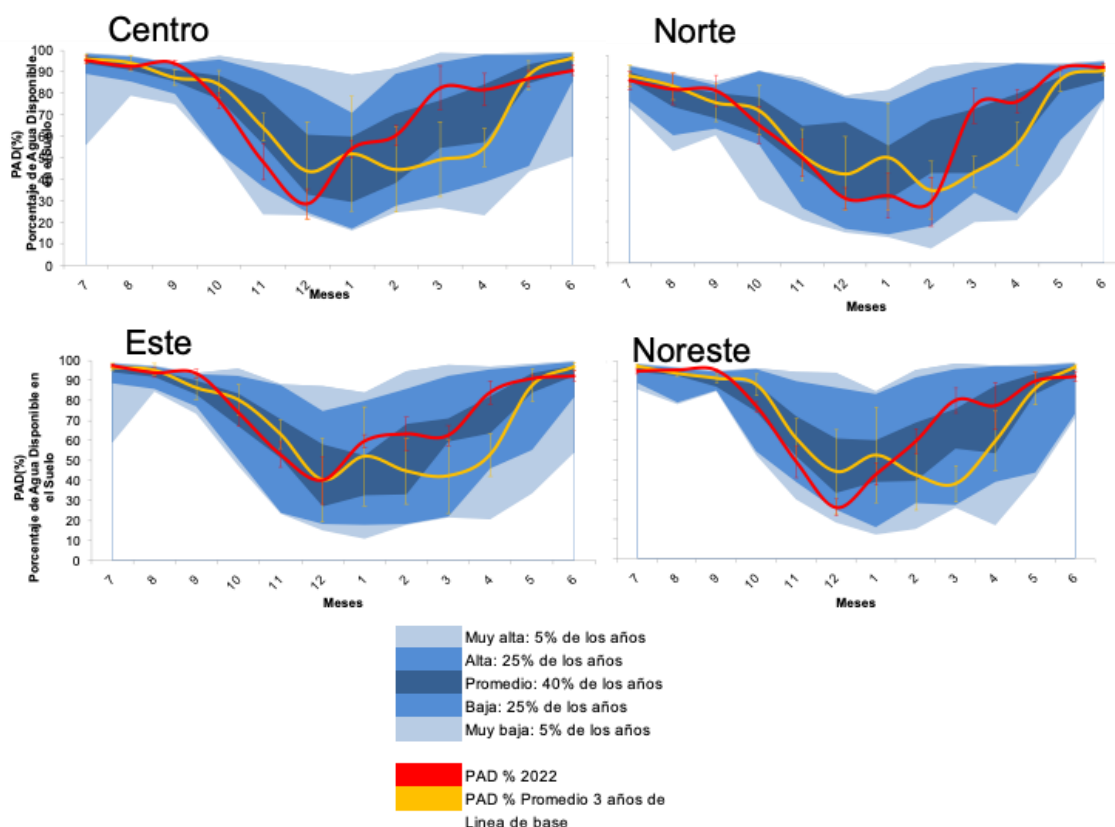


Figura 5. Cambios temporales del porcentaje de agua disponible en el suelo durante el ejercicio 2021/2022 (línea roja) y la línea de base (línea amarilla). En tonos de azul se muestran los percentiles históricos (2001-2022) de porcentaje de agua en el suelo. Fuente: INIA GRAS (2022).

3. Cambios en la producción primaria neta aérea

Las estimaciones de productividad primaria neta aérea (PPNA) o tasa de crecimiento del forraje, realizadas con el satélite MODIS muestran patrones similares a los observados para el contenido de agua en el suelo (Figura 6). En términos generales los dos años del proyecto han tenido una PPNA menor a la línea base. Sin embargo, existieron variaciones y particularidades en cada región. En términos generales la producción para todos los predios del proyecto fue en promedio para la línea de base de 5604 (kg de biomasa/ha.año), y para el ejercicio 2020-21 de 5536 y ejercicio 2021-22 de 5288 (ver cada año en Tabla 1). Estos promedios anuales, muestran diferencias pequeñas, pero como las mismas ocurrieron principalmente en primavera, esto tuvo un impacto muy fuerte en la productividad de los predios en este momento clave, como se detalla más adelante.

Tabla 1. Valores de productividad primaria neta aérea PPNA promedio en distintos ejercicios para cada zona del proyecto (kg MS ha⁻¹ año⁻¹). Prueba Tukey: valores seguidos por la misma letra no tienen diferencias significativas al 5%

Ejercicio	Centro	Este	Noreste	Norte	Promedio
2017-18	5078±182 ab	5435±190 abc	5806±232 bcd	4624±190 a	5236
2018-19	6611±182 d	6213±182 cd	6663±219 d	5497±182 abc	6246
2019-20	5624±170 bc	5256±182 ab	5727±182 bcd	5077±170 ab	5421
2020-21	5576±170 bc	5288±182 ab	5960±182 bcd	5324±170 abc	5537
2021-22	5571±170 bc	5165±182 ab	5775±182 bcd	4640±170 a	5288

Si evaluamos la PPNA de los tres años de la línea base por separado, vemos que, en promedio para todos los predios y zonas, el ejercicio 2017-18 fue un año de muy baja productividad, particularmente durante el verano y otoño. Sin embargo, durante el ejercicio 2019-20, que mostró bajos contenidos de agua en el suelo, la PPNA parece haber sido cercana al promedio histórico 2000-21. Por el contrario, el ejercicio 2018-19 que fue un año húmedo en verano, presentó la PPNA más alta de la serie histórica. A modo general se puede observar que, para la PPNA, tenemos en la línea base un año húmedo, un año seco y un año promedio (Tabla 1, Figura 6). Más allá de las diferencias regionales y entre predios que esconde este promedio general, el mismo sirve para situar la evolución de la PPNA de los predios previo a la implementación del proyecto. En particular podemos concluir que el primer y segundo año de implementación del proyecto, presentaron una PPNA durante primavera y verano sensiblemente menor al promedio de la línea base (Figura 6).

La magnitud y duración de los cambios en la PPNA varió entre zonas, al igual que lo observado anteriormente para el agua del suelo. En la zona Norte la tasa de crecimiento del pasto durante el ejercicio 2021-22 fue muy baja en la primavera tardía y verano (la más baja de la serie 2000-2022), pero había tenido un verano bueno (el mejor de todas las zonas) durante el 2020-21 (Figura 7 y 8). Por otro lado, las zonas Centro y Noreste tuvieron durante los dos años de ejecución del proyecto primaveras y veranos más secos que la línea base y consistentemente menores al promedio histórico. Por el contrario, la producción de forraje durante otoño fue superior al promedio histórico y a la línea base en ambas zonas.

Por último, la zona Este presentó durante el ejercicio 2020-21 productividades inferiores al promedio histórico y a la línea de base, pero durante el ejercicio 2021-

22 su productividad fue similar a la línea base, excepto en noviembre de 2021 que tuvo las menores productividades de la serie histórica que se recuperaron rápido en diciembre (Figura 8).

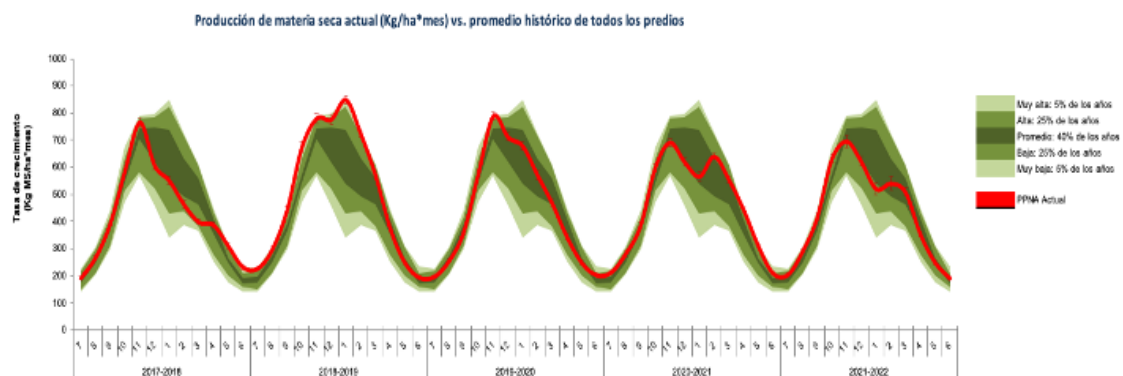


Figura 6. Cambios temporales en la productividad primaria neta aérea (PPNA) o tasa de crecimiento del forraje promedio para todos los predios del proyecto durante los últimos 5 años, lo cual incluye la línea base del proyecto y los dos años de ejecución del mismo (línea roja). En tonos de verde se muestran los percentiles históricos (2000-2022) de la PPNA.

Por otro lado, estos valores promedio por cada zona, también escondieron variaciones individuales distintas para cada predio del proyecto (Figura 9). Por un lado, en las zonas Centro y Este la mayoría de los predios presentaron valores de PPNA inferiores a la línea base durante ambos años de ejecución del proyecto (Figura 9). En la zona Noreste existió una variabilidad grande de los predios y no fueron los mismos predios que registraron aumentos o disminuciones de la PPNA en los ejercicios 2020-21 y 2021-22. Por último, en la zona Norte, se observa que todos los predios presentaron menores productividades de forraje que la línea base durante el ejercicio 2021-22, mientras que algunos de ellos presentaron aumentos de la PPNA durante el ejercicio 2020-21.

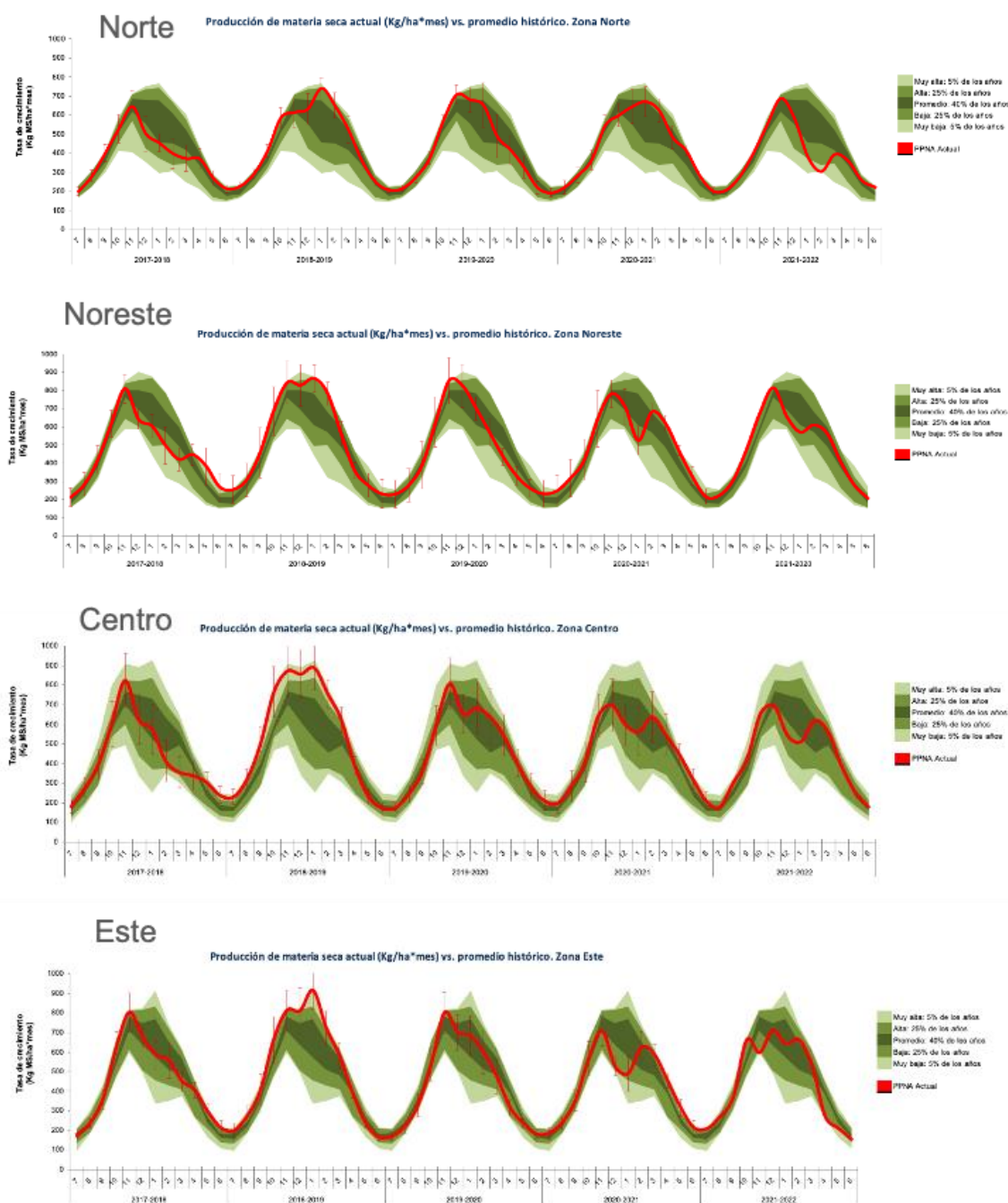


Figura 7. Cambios temporales en la productividad primaria neta aérea (PPNA) o tasa de crecimiento del forraje promedio para todos los predios del proyecto separado en cuatro zonas y durante los últimos 5 años, lo cual incluye la línea base del proyecto y los dos años de ejecución del mismo (línea roja). En tonos de verde se muestran los percentiles históricos (2000-2022) de la PPNA.

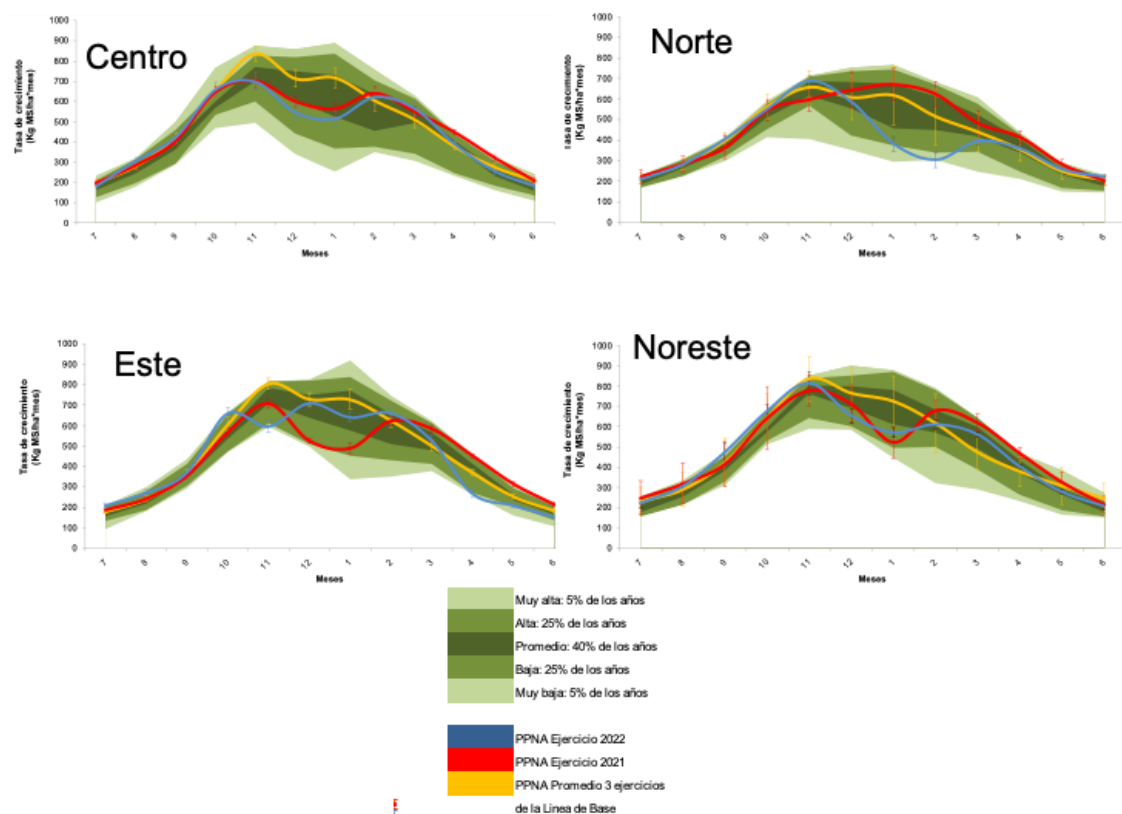


Figura 8. Cambios mensuales en la productividad primaria neta aérea (PPNA) o tasa de crecimiento del forraje, durante el ejercicio 2020/2021 (línea roja), el ejercicio 2021-02022 (línea azul) y la línea de base (línea amarilla). En tonos de verde se muestran los percentiles históricos (2000-2022) de PPNA.

Diferencia de producción de forraje entre los dos años del proyecto y la línea de base
(ejercicio 20-21 o 21-22 – línea base)
(Kg de Ms/ha-año)



Figura 9. Diferencias en la productividad primaria neta aérea (PPNA) entre el ejercicio 2020-21 (barras rojas) y 2021-22 (barras verdes) y la línea base, para cada predio del proyecto, separados por zonas. Los números en el eje X, son los identificadores de cada productor o productora.

4. Cambios en indicadores económico-productivos

4.1 Cambios en la estructura, gestión y resultados productivos y económicos durante el Proyecto

El promedio de variables que describen la estructura, gestión, indicadores productivos, reproductivos y económicos durante la línea de base (LB), y el promedio de los dos ejercicios de Proyecto (Pro) se presenta en la Tabla 2. Las visitas a predios empezaron en abril de 2020 y los planes de rediseño (intervención del proyecto) empezaron a implementarse en el entore 20-21 (aproximadamente a la mitad del ejercicio 2020-2021), lo cual justifica presentar como primer ejercicio “completo” de intervención al 2021-2022 (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios matemáticos y niveles de la probabilidad de los efectos incluidos en el modelo sobre la estructura, gestión y resultados productivos y económicos de predios ganaderos participantes del proyecto Ganadería y Clima durante la Línea de Base y Proyecto (Pro).

	LB	Pro	2021-2022	Ejercicio	Zona	Ejercicio*Zona
Estructura						
ST (ha)	516	520	522	NS	NS	NS
SP (ha)	483	485	486	NS	NS	NS
AMT (%)	17	16	15	NS	P≤0.001	NS
CV (UG/ha)	0,69	0,63	0,61	P≤0.001	P≤0.001	NS
CO (UG/ha)	0,12	0,09	0,08	P≤0.001	P≤0.05	NS
CT (UG/ha)	0,84	0,75	0,73	P≤0.001	P≤0.05	NS
OV	1,51	1,14	1,08	P≤0.04	P≤0.002	NS
Gestión						
ICV	45	68	70	P≤0.001	P≤0.001	P≤0.001
ICO	59	64	68	P≤0.07	P≤0.001	NS
Producción						
PCVHA (kg/ha)	78	85	87	P≤0.005	P≤0.001	NS
PCOHA (kg/ha)	11	12	12	P≤0.003	P≤0.01	P≤0.003
PLHA (kg/ha)	2,8	2,5	2,1	P≤0.04	P≤0.002	NS
PCEHA (kg/ha)	96	103	104	P≤0.009	P≤0.003	NS
PCVUA (kg/animal)	114	133	139	P≤0.001	P≤0.009	NS
PCOUA (kg/animal)	91	145	149	P≤0.002	P≤0.002	NS
PDestV (kg)	148	160	167	P≤0.01	NS	NS
PDestO (kg animal)	17	23	24	P≤0.002	NS	NS
Reproductivos						
DV (%)	69	70	73	NS	P≤0.05	NS
SO (%)	60	72	76	P≤0.06	P≤0.01	NS
KgTDVE (kg)	104	113	122	NS	NS	NS
KGCSOE (kg)	13	19	22	P≤0.002	P≤0.002	NS
Económicos						
IBV (U\$/ha)	123	152	178	P≤0.0001	P≤0.001	NS
IBO (U\$/ha)	26	23	24	NS	NS	NS
IBT (U\$/ha)	151	178	207	P≤0.001	P≤0.001	NS
CT (U\$/ha)	103	100	102	NS	P≤0.001	NS
INF (U\$/ha)	49	78	104	P≤0.001	NS	P≤0.001
INFPK (U\$/ha)	47	62	62	P≤0.001	NS	NS

Referencias de la Tabla 2

ST Superficie Total

SP Superficie ganadera

AMT Área Mejorada Total

CV Carga Vacuna

CO Carga Ovina

CT Carga Total

O/V Relación Ovino Vacuno

ICV Índice Cría Vacuna

ICO Índice Cría Ovina

PCVHA Producción de carne vacuna por unidad de superficie

PCOHA Producción de carne ovina por unidad de superficie

PLHA Producción de lana por unidad de superficie

PCEHA Producción de carne equivalente por unidad de superficie

PCVUA Producción de carne vacuna por unidad animal

PCOUA Producción de carne ovina por unidad animal

PDestV Peso al destete vacuno

PDestO Peso al destete ovino

DV Porcentaje de destete vacuno

SO Señalada Ovina

KgTDVE Kilogramos de ternero destetado por vaca entorada

KGCSOE Kilogramos de cordero señalado por oveja encarnerada

IBV Ingreso Bruto Vacuno

IBO Ingreso Bruto Ovino (incluye carne y lana)

IBT Ingreso Bruto Total

CT Costos totales

INF Ingreso neto Familiar

INFPK Ingreso neto familiar a precios constantes

NS. No significativo ($P>0.05$)

$P\leq X$: Probabilidad F.

Durante el proyecto, no se modificó significativamente la superficie útil, la de pastoreo, el AMT, porcentaje de destete vacuno (DV) y costos totales (CT) promedio (Tabla 2). El ICV, la PCOHA y el INF fueron afectados por la interacción Ejercicio*Zona. Los niveles de carga animal, producción de carne vacuna y ovina por animal y unidad de superficie, el porcentaje de señalada de ovinos, los kilos de cordero destetados por oveja encarnerada y el ingreso bruto de vacunos y ovinos se modificaron significativamente durante el Proyecto (Tabla 2).

El resumen de cambios promedio y en porcentaje de los resultados económicos y productivos se presenta en las Figuras 10 y 11, respectivamente.

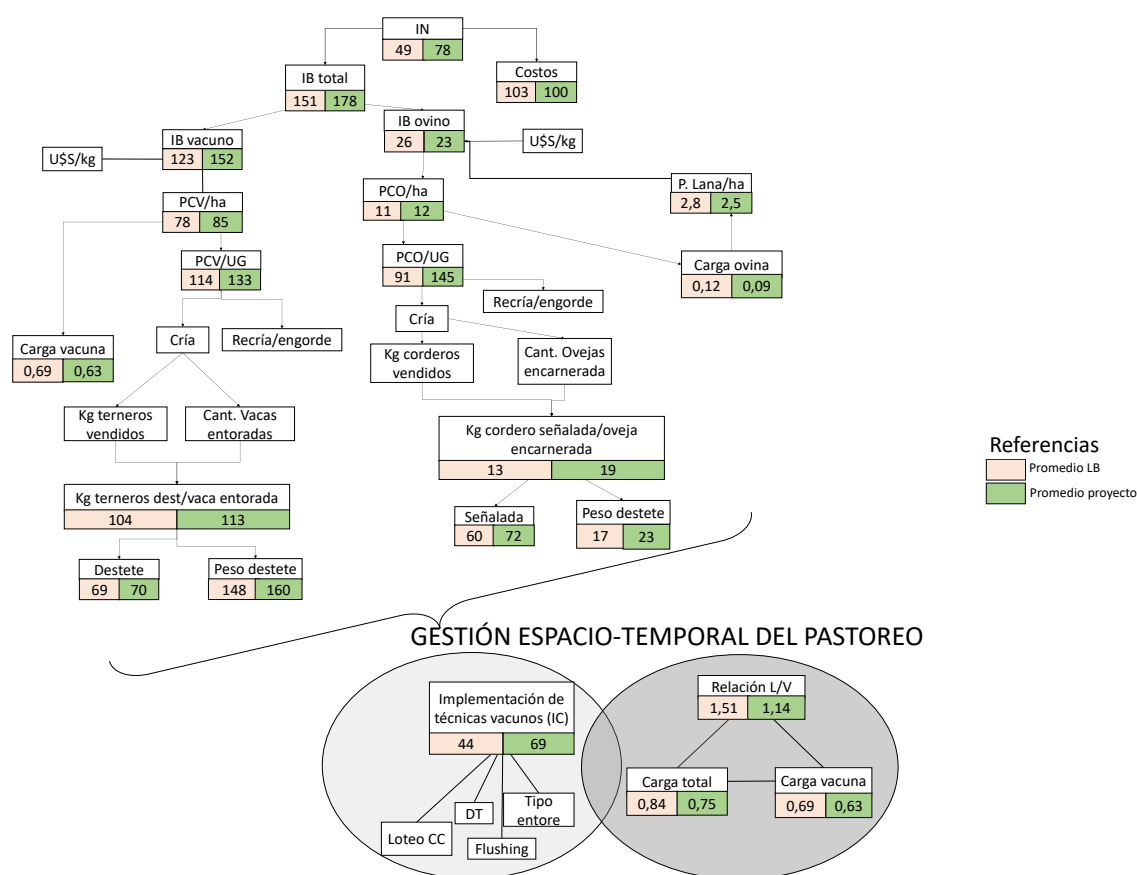


Figura 10. Árbol de indicadores de resultado económicos, productivos, reproductivos y cambios en la gestión entre la LB y Pro de predios del Proyecto Ganadería y Clima (Promedios matemáticos).

A pesar de las restricciones climáticas y la heterogeneidad social y productiva encontrada en la LB, el INF y el INFPK mejoraron 59 y 32%, respectivamente (Tabla 2). Dicha mejora se explica porque se mantuvieron los costos totales (Figura 10) y se incrementó el IBV (Figura 10 y 11). En la LB y durante el Proyecto el IBT se asoció positivamente con el IBV (Ecuaciones 1 y 2).

$$IBTotalLB = 57,1 + 0,77 \cdot IBV \quad (r^2=0.68; \text{CME } 29; P \leq .001; n=57) \quad (\text{Ec. } 1)$$

$$IBTotalProyecto = 53,7 + 0,8 \cdot IBV \quad (r^2= 0.89; \text{CME } 17; \leq .001; n= 57) \quad (\text{Ec } 2)$$

La mejora del IBV se explicó por incrementos del 9% en la PCVHA, explicada a su vez por 17% de incremento en la PCVUA (Figuras 10 y 11) Este incremento en la producción por animal superó el efecto de la reducción de 8,3% en la CV (Figuras 10 y 11). El IBO no tuvo cambios significativos (Tabla 2) a pesar del incremento en PCO, por la reducción en PLHA, la cual se explicó por la disminución de la carga ovina (CO) (Tabla 2, Figura 10). El aumento en la PCO, entonces, se debió a la mejora de la eficiencia reproductiva (señalada) y productiva (peso al destete) por animal (Figuras 10 y 11).

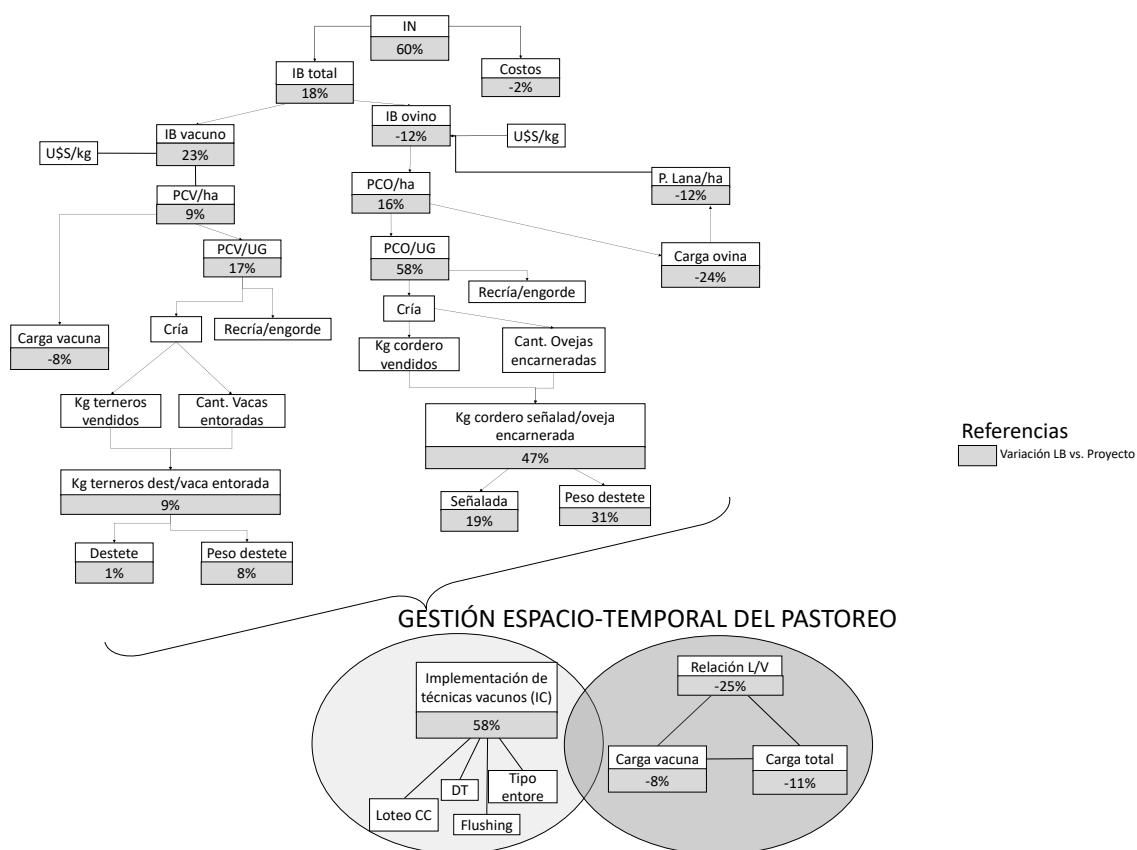


Figura 11. Tasa de cambio de las principales variables de resultado económico y productivo de predios participantes del Proyecto Ganadería y Clima (Elaboradas en base a los Promedios matemáticos reportados en la Figura 1)

Estos resultados, confirman uno de los principios emergentes de la investigación analítica sobre campo natural de Fagro. Una reducción estacional o anual de la carga animal puede asociarse con mejoras en la producción por hectárea dado que un incremento en la oferta de forraje mejoró el consumo de energía y la producción por animal. Las mejoras en el consumo de energía contribuyen a explicar los aumentos de peso al destete de vacunos y ovinos, y la señalada ovina que ocurrieron durante el proyecto. En estas mejoras confluyen la reducción de la carga animal y la gestión de la energía de la cría vacuna y ovina como lo confirma el incremento durante el Proyecto en los ICV e ICO (Figuras 10 y 11).

Aún en situaciones de sobrepastoreo y elevada carga animal, como muchas de las encontradas en la LB, la productividad ganadera puede mejorarse sustancialmente cambiando la gestión de la energía y del pastoreo con la consecuente mejora en los niveles de producción por animal. Durante el presente proyecto esto se dio, además, en un marco climáticamente adverso, con déficits de precipitaciones durante los 2 años de trabajo. Por lo tanto, la mejora en la oferta de forraje y los cambios en la

gestión de la energía de rodeos y majadas de cría, serían condición necesaria y suficiente para mejorar la eficiencia de uso del campo natural.

La PCO y la eficiencia reproductiva ovina mejoró, lo cual confirma que los cambios en la intensidad de pastoreo y en la gestión de la energía, no solo permitieron mejorar el consumo de energía de cada especie, sino que contribuyó a resolver el desacople espacio temporal de la competencia intra e inter-específica de vacas y ovejas por el recurso forrajero.

4.2 Efecto del Proyecto y la Zona sobre las variables de estructura, gestión y resultados

Los promedios ajustados por modelos de análisis coincidieron con los matemáticos y confirman la reducción en la carga vacuna, carga total y relación lanar vacuno (Tabla 3). Los predios del Norte trabajaron con más ovinos y niveles más bajos de CV y CT que el resto de las zonas.

Tabla 3. Descripción de la estructura y gestión por Ejercicio y Zona (Promedios de mínimos cuadrados $\pm$ error estándar de la estimación).

	Zona				Ejercicio	
	Centro	Este	Noreste	Norte	LB	Pro
SP (has)	413 $\pm$ 103 A	447 $\pm$ 106 A	440 $\pm$ 110 A	614 $\pm$ 103 A	476 $\pm$ 53 a	482 $\pm$ 53 a
AMT (%)	31 $\pm$ 3 A	19 $\pm$ 4 B	13 $\pm$ 3 B	2 $\pm$ 2 C	16 $\pm$ 2 a	15 $\pm$ 2 a
CV (UG/ha)	0,72 $\pm$ 0,03 A	0,69 $\pm$ 0,03 A	0.73 $\pm$ 0,03 A	0,49 $\pm$ 0,03 B	0,7 $\pm$ 0.01 a	0,6 $\pm$ 0.01 b
CO (UG/ha)	0.09 $\pm$ 0.01 A	0.06 $\pm$ 0,02 A	0,10 $\pm$ 0.03 A	0,16 $\pm$ 0.02 B	0.11 $\pm$ 0,03 a	0,09 $\pm$ 0.02b
CT (UG/ha)	0.84 $\pm$ 0.02 A	0.79 $\pm$ 0.02 A	0.88 $\pm$ 0.02 A	0.70 $\pm$ 0.02 B	0,84 $\pm$ 0,02 a	0,75 $\pm$ 0,02b
O/V	0,86 $\pm$ 0,33 A	0,60 $\pm$ 0,25 A	1.1 $\pm$ 0,3 A	2,6 $\pm$ 0,1 B	1,5 $\pm$ 0.4 a	1,2 $\pm$ 0.4 b
ICV	47 $\pm$ 4 A	75 $\pm$ 4 B	56 $\pm$ 5 A	70 $\pm$ 5 A	34 $\pm$ 5 A	61 $\pm$ 4 B
ICO	55 A	60 A	62 A	56 A	36 $\pm$ 4 A	69 $\pm$ 5 B
					45 $\pm$ 2 a	69 $\pm$ 2 b
					59 $\pm$ 2.2 a	65 $\pm$ 2.2 b

Referencias

Promedios mínimos cuadrados

P Significación Prueba tukey: valores seguidos por la misma letra no tienen diferencias significativas al 5%

Letras mayúsculas: diferencia entre zonas

Letras minúsculas: diferencia entre ejercicios

Se observó diferencias entre zonas en AMT desde niveles muy bajos en el Norte hasta 30% de la superficie total en la zona Centro (Tabla 3). La CV se redujo 8,3% y fue más baja en el Norte que en el resto de las zonas. La CO y la O/V se redujeron 25% y fueron más altas en el Norte que en el resto de las zonas.

La reducción en CV y CO determinó 11% de baja en la CT, siendo menor en el Norte. Los ICV e ICO, que definen la gestión de la reproducción de vacunos y ovinos, se incrementaron respecto a la LB 53 y 10% respectivamente. El incremento del ICV fue significativo en todas las zonas, excepto en el Este, ya que fue la zona con mayor ICV en la LB.

Durante el proyecto se mejoró 32 % el INFPK ($P \leq 0.001$), sin diferencias entre zonas (Tabla 4). Dicha mejora, se explica porque mejoró el IBV y los CT se mantuvieron constantes. Los CT fueron menores en la zona Norte. El IBO no varió respecto a la LB ni entre zonas. La mejora en INF dependió de la zona. En el Centro, Este y Noreste el proyecto aumentó 65, 60 y 91% el INF, respectivamente. Pero en el Norte la mejora fue de solo 12% con respecto a la LB (Tabla 4).

Tabla 4 Descripción del ingreso bruto y neto familiar por Zona y Ejercicio (Promedios de mínimos cuadrados y error estándar de la estimación).

									<i>Ejercicio</i>	
	<i>Centro</i>		<i>Este</i>		<i>Noreste</i>		<i>Norte</i>		<i>LB</i>	<i>Proy</i>
<i>IBV</i>	166±11		153±12		150±11		84±11		124±6 a	152±6 b
<i>IBO (sin lana)</i>	18±3		8±3		12±3		21±4		16±2 a	14±2 a
<i>IBT</i>	196±6		168±6		166±6		129±6		152±6 a	179±6 b
<i>CT</i>	128±8 A		99±8 A		109±8 A		70±8 B		103±4 a	100±4 a
<i>IBVPK</i>	158±11		140±11		139±11		78±11		124±6 a	133±6 b
<i>IBOPK</i>	21±2 A		18±2 A		12±2 A		8±2 A		14±2 a	16±2 a
<i>IBLPK</i>	5±3.5 A ^a		2.3±3.5 A		6±3.5 A		24±3.4 B		10.1±4 a	8.1±4 b
<i>INF (U\$S/ha)</i>	51±11c	84±11d	53±12c	85±12d	33±12e	63±11f	57±11c	64±11 c	48±6 a	79±6 b
<i>INFPK (U\$S/ha)</i>	59±11 A		54±11 A		49±11 A		56±11 A		47±6 a	62±6 b

Referencias

Promedios mínimos cuadrados

P Significación Prueba tukey: valores seguidos por la misma letra no tienen diferencias significativas al 5%

Letras mayúsculas: diferencia entre zonas

Letras minúsculas: diferencia entre ejercicios

A pesar que se redujo la CV, el proyecto mejoró un 9% la PCV/ha (Tabla 5). Esto fue posible por un incremento significativo (17%) en la producción por animal (PCVUA). Algo similar ocurrió con la PCO/ha y la PCOUA. Pero con diferencias porcentuales mayores (16 y 58%, respectivamente). La zona Norte fue la que presentó menor PCV/ha y PCVUA, pero en esta última variable no se diferenció significativamente del Noreste. La PCOUA fue mayor en el Centro.

Tabla 5 Descripción de la producción de carne por unidad de superficie y por animal, por Zona y Ejercicio (Promedios de mínimos cuadrados y error estándar de la estimación).

	Zona				Ejercicio	
	Centro	Este	Noreste	Norte	LB	Proy
PCVHA	97±7 A	90 ±6 A	86 ±7 A	54 ±5 B	79±3 a	85±3 b
PCVUA	135± 6 A	131± 6 A	117± 6 B	110 ± 6 B	114±3 a	132±3 b
PCOHA	13± 3	6± 3	8± 3	18 ± 3	10±1 a	12±1 b
PCOUA	152±12 A	102±13 B	93±12 B	119±12 B	90±7 a	143±7 b

Referencias

Promedios mínimos cuadrados

P Significación Prueba tukey: valores seguidos por la misma letra no tienen diferencias significativas al 5%

Letras mayúsculas: diferencia entre zonas

Letras minúsculas: diferencia entre ejercicios

4.3 Caminos y niveles de combinación de variables que explican los resultados económicos y productivos

La Partición de la varianza del INFPK permitió identificar 5 grupos de predios en la LB y 6 en el Proyecto (Figura 12). Los dos grandes grupos (primer nivel de partición) se establecieron en base a la PCVHA y la PCVUA en la LB y Proyecto, respectivamente. En la LB el grupo con PCVHA mayor a 113 kg/ha tuvo un INFPK promedio de 102 U\$/ha (7 predios). Los predios con niveles de PCVHA inferiores a 113 kg/ha en la LB, se dividen primero por la PCOHA. Los predios con PCOHA mayor a 17 kg/ha se dividen según la PCVUA en un grupo de 5 predios con más de 117 kg/ha de PCV y INFPK promedio de 93 U\$/ha, y otro grupo de 5 predios con menor PCVHA e INFPK promedio de 49 U\$/ha (Figura 12). El grupo de baja PCOHA se dividió según la CV. Hubo 5 predios con CV menor a 0.52 que tuvieron un INFPK promedio negativo. Los restantes 33 predios se dividieron según el porcentaje de área mejorada. Hubo 5 predios sin área mejorada (AMT<0.01%) que a pesar de los bajos indicadores productivos llegaron a un INFPK promedio de 77 U\$/ha, probablemente por tener muy bajos costos de producción. Los restantes 28 predios con AMT> 0.01 tuvieron un INFPK promedio de 33 U\$/ha.

Durante el Proyecto, quedaron conformados dos grandes agrupamientos a partir de la PCVUA (Figura 12), los cuales recorren trayectorias diferentes. Los de PCVUA inferiores a 134 kg/animal mejoran el INFPK a partir de incrementar la PCOHA, lo cual, coincide con las vías identificadas en la LB (Figura 12).

No obstante, los predios con niveles de PCVUA superiores a 134 Kg/animal y que logran trabajar con CV mayores a 0.7 UGV/ha y AMT de 22% maximizan el INF (Figura 12). Dichos resultados, confirman la importancia económica de incrementar la producción de carne vacuna por animal sin descensos importantes en la CV, lo cual, jerarquiza como paso central del cambio técnico, la mejora de la gestión con la cual se orientó el Proyecto. Como consecuencia de ese camino, los predios con superior AMT acoplaron mejor la carga animal y producción por animal para mejorar su ingreso neto. Estos resultados, también confirma una de las hipótesis centrales del trabajo: el impacto físico y económico de los mejoramientos depende entre otros factores de la gestión del campo natural y de la energía destinada al proceso de cría. De acuerdo, a este modelo, en la ganadería nacional la mejora en la gestión (en este caso del ICV y el modelo espacio temporal del pastoreo) es una condición necesaria para incrementar la PCVHA sin reducir CV y mejorando la PCVUA. Cuando esto no ocurre puede darse que mejore la PCVHA en base a una reducción en la CV y mejora en la PCVUA como ocurrió en el promedio del proyecto (Figura 12). En ambos casos se confirma que una mejora de la gestión “mueve” la relación CV y PCVHA en un sentido creciente, lo cual, confirma que existe espacio para mejorar el consumo y la eficiencia de uso de la energía en la generalidad de los predios ganaderos sin grandes modificaciones en la cantidad de forraje.

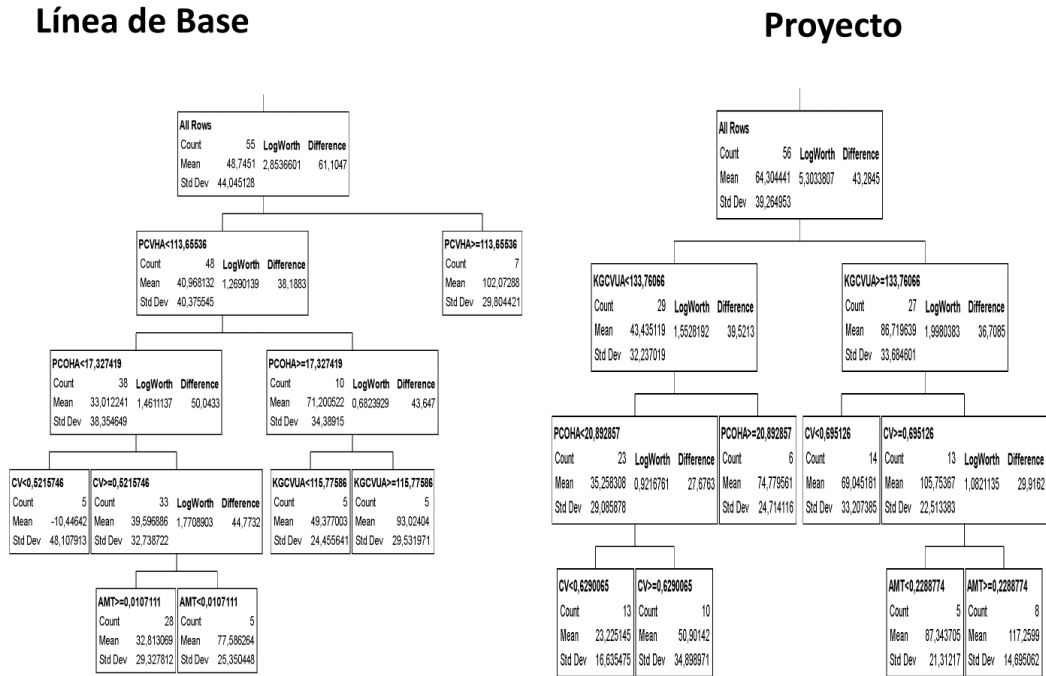


Figura 12. Grupos de predios identificados mediante la partición de la varianza del INFPK

Del análisis de la figura 12 se desprende que del efecto del proyecto se conforman 6 grupos de predios:

Grupo 1: PCVUA<134 kg/ha, PCOHA<21 kg/ha y CV<0,63 UG/ha (n=14)

Grupo 2: PCVUA<134 kg/ha, PCOHA<21 kg/ha y CV>=0,63 UG/ha (n=10)

Grupo 3: PCVUA<134 kg/ha, PCOHA>=21 kg/ha (n=6)

Grupo 4: PCVUA>=134 kg/ha y CV<0,69 (n=14)

Grupo 5: PCVUA>=134 kg/ha, CV>=0,69 y AMT<0,23 (n=5)

Grupo 6: PCVUA>=134 kg/ha, CV>=0,69 y AMT>=0,23 (n=8)

En la tabla 6 se presenta un resumen descriptivo de los promedios y diferencias estadísticas entre grupos para las principales variables de estructura, gestión, reproductivas, productivas, económicas y de emisiones GEI.

Tabla 6.

Estructura									
Grupo	n	SPG (ha)	Fracción Área Mejorada	CV (UG/ha)	CO (UG/ha)	CT (UG/ha)	Relación O/V		
1	14	560	0,06 b	0,52 cd	0,11 ab	0,67 b	1,45 ab		
2	10	265	0,23 ab	0,70 ab	0,05 b	0,78 ab	0,44 b		
3	6	584	0,03 b	0,44 d	0,18 a	0,64 b	2,82 a		
4	14	605	0,19 ab	0,60 bc	0,11 ab	0,75 ab	1,37 b		
5	5	389	0,10 ab	0,75 a	0,07 b	0,87 a	0,60 b		
6	8	373	0,30 a	0,79 a	0,02 b	0,83 a	0,18 b		
Promedio		486	0,16	0,63	0,09	0,75	1,15		
P valor		NS	0,0024	<0,0001	0,0002	0,0002	<0,0001		
Gestión									
Grupo	n	Índice de cría vacuna	Índice de cría ovina						
1	14	65,6	63,7						
2	10	57,5	57,8						
3	6	67,0	69,3						
4	14	75,7	71,0						
5	5	71,6	62,2						
6	8	73,2	60,4						
Promedio		69,1	65,0						
P valor		NS	NS						
Producción									
Grupo	n	PCVHA (kg/ha)	PCOHA (kg/ha)	PLHA (kg/ha)	PCEHA (kg/ha)	PCVUA (kg/anim)	PCOUA (kg/anim)	PDestV (kg)	PDestO (kg anim)
1	14	54,9 c	12,4 b	2,9 ab	74,6 c	106,2 c	117,2	151,2	24,7
2	10	87,4 b	7,5 b	1,1 b	97,8 bc	118,5 c	135,6	153,7	22,7
3	6	53,0 c	29,1 a	5,3 a	95,1 bc	121,3 bc	185,6	164,3	23,7
4	14	91,1 b	14,2 b	3,0 ab	112,7 ab	151,1 a	136,5	157,2	27,7
5	5	111,6 ab	10,6 b	1,9 b	126,9 a	148,2 ab	176,5	167,3	19,1
6	8	127,1 a	3,7 b	0,5 b	132,1 a	160,9 a	148,8	169,9	16,7
Promedio		84,9	12,4	2,5	103,4	133,1	144,7	160,0	22,8
P valor		<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	NS	NS	NS
Reproductivos									
Grupo	n	DV (%)	SO (%)	KgTDVE (kg)	KGCSOE (kg)				
1	14	67	74	100,2	18,9 ab				
2	10	66	68	107,3	18,6 ab				
3	6	73	83	120,6	20,5 ab				
4	14	73	92	115,5	26,2 a				
5	5	68	54	113,3	12,4 b				
6	8	74	54	124,9	13,2 ab				
Promedio		70,5	71,9	113,1	19,0				
P valor		NS	NS	NS	0,0247				
Económicos									
Grupo	n	IBV Precio K (U\$\$/ha)	IBO Precio K (U\$\$/ha)	IBL Precio K (U\$\$/ha)	IBT Precio K (U\$\$/ha)	CT (U\$\$/ha)	INFPK (U\$\$/ha)		
1	14	81,2 d	15,1 b	8,6 ab	108,2 d	91,6	16,6 c		
2	10	133,5 c	10,5 b	2,2 b	152,5 cd	99,2	53,3 bc		
3	6	80,7 d	33,4 a	27,0 a	146,4 cd	71,6	74,8 ab		
4	14	141,5 bc	20,1 ab	12,4 ab	175,6 bc	106,5	69,1 b		
5	5	184,3 ab	15,9 ab	5,2 b	207,0 ab	119,6	87,3 ab		
6	8	210,3 a	4,7 b	1,0 b	224,3 a	107,0	117,3 a		
Promedio		133,0	16,0	9,0	162,0	100,2	61,8		
P valor		<0,0001	0,0021	0,0066	<0,0001	NS	<0,0001		
Emisiones de GEI									
Grupo	n	Emisiones totales (kgCO2 eq/ha año)	Emisiones totales (kgCO2 eq/kg carne)						
1	14	1422 a	19,7 b						
2	10	1714 ab	17,1 ab						
3	6	1472 a	16,0 ab						
4	14	1685 ab	15,1 a						
5	5	1931 b	15,3 a						
6	8	1930 b	15,1 a						
Promedio		1680,7	17,0						
P valor		0,0002	0,0022						

5. Cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) disminuyeron durante el primer y segundo año de ejecución del proyecto (Tabla 7) en total las emisiones evitadas en la totalidad de los predios fueron de 1779 y 3273 Ton de CO₂ eq en el ejercicio 2020-2021 y 2021-2022 respectivamente con respecto a la línea de base del proyecto, totalizando en los dos ejercicios 5051 Ton de CO₂ eq evitadas. Solamente las emisiones de GEI por el uso de fertilizantes aumentaron en ambos ejercicios, aunque en el 20-21 el aumento superó lo planteado en el rediseño predial, en el ejercicio 21-22 fueron levemente menores, pero al representar una porción muy baja de las emisiones totales de los predios, los cambios totales en las emisiones de GEI estuvieron explicados principalmente por las disminuciones en las emisiones de N₂O y CH₄ del ganado y no por emisiones de fertilizantes. Considerando todas las fuentes de emisión (fertilizantes y ganado), alrededor de un 60% de los predios lograron disminuir sus emisiones de GEI en el ejercicio 2020-2021 y cerca de un 80% en el ejercicio 2021-2022, mientras que, en igual período, los predios que aumentaron fueron 25% y 23% respectivamente y los restantes no mostraron cambios importantes. En promedio, el proyecto logró reducir 6,3% y 10,5% las emisiones de GEI por ha, y disminuyeron 16% y 23,5% las emisiones de GEI por kg de carne producido en los ejercicios 2020-2021 y 2021-2022 respectivamente (Tabla 7). Las disminuciones en las emisiones de GEI por ha fueron debidas principalmente a las disminuciones en la carga ganadera, mientras que las disminuciones de GEI por kg de carne producido fueron debidas principalmente a los aumentos en la productividad de carne por unidad ganadera registrados durante el primer y segundo año de implementación del proyecto. Lo logrado durante el 20-21 no difirió mucho de lo planteado en el rediseño predial, mientras que la tendencia de disminución continuó y en el ejercicio 21-22 se lograron emisiones menores que las esperadas en el rediseño, aunque las emisiones por kg de carne en ambos ejercicios, fueron levemente superiores a lo planteado en el rediseño, no tanto por un aumento en las emisiones de GEI sino por una producción de carne levemente menor a la esperada, probablemente producto de la sequía ya descripta anteriormente.

Se realizó una caracterización y análisis de las emisiones GEI totales por ha y por kilo de carne equivalente de los grupos de predios identificados mediante la partición de la varianza del INFPK (Figura 12) para el ejercicio 2021-2022. Si bien en el análisis de grupos se identificaron seis grupos, para este análisis, se colapsaron los grupos a tres. El grupo A corresponde a predios con INFK menores a 51 dólares por ha (n=24), el grupo B corresponde a predios con INFK mayor o igual 51 y menores o iguales a 70 dólares por ha (n=20), el grupo C corresponde a predios con INFK mayores a 70 dólares por ha (n=13).

Tabla 7. Cambios en las emisiones de N₂O por fertilizantes, de N₂O por animales, de CH₄ por animales, de gases de efecto invernadero (GEI) totales y de GEI por kg de carne equivalente producido entre el promedio de la línea de base (LB), el ejercicio 2020-2021 y el ejercicio 2021-2022.

	Emisiones N ₂ O Fertilizantes.ha	Emisiones N ₂ O Animales.ha	Emisiones CH ₄ Animales.ha	Emisiones GEI Totales.ha	Emisiones GEI totales kg de carne eq
Promedio LB	4,7	623	1220	1847	21,3
Promedio 2020 - 2021	6,8	583	1139	1730	17,9
Promedio 2021 - 2022	6,0	548	1099	1654	16,3
Rediseño	6,3	564	1152	1723	13,2
Variación 20/21 (%)	42.7%	-6,4%	-6,6%	-6,3%	-16%
Aumentan 20/21 (%)	16%	29%	25%	21%	23%
Disminuyen 20/21 (%)	20%	48%	61%	54%	57%
No cambian 20/21 (%)	64%	23%	14%	25%	20%
Variación 21/22 (%)	27,8%	-12,1%	-9,9%	-10,5%	-23,5%
Aumentan 21/22 (%)	16%	20%	21%	18%	9%
Disminuyen 21/22 (%)	27%	66%	68%	68%	77%
No cambian 21/22 (%)	57%	14%	11%	14%	14%

*Variación en porcentaje respecto a la LB y porcentaje de predios que aumentan, disminuyen y no cambian en cada indicador. Dentro de los que no cambian se incluyen pequeñas variaciones (<5% del valor inicial del indicador) (N = 56). Los datos están expresados en kg de CO₂ equivalente por ha, o en porcentaje.

Como se ve en la tabla 8, los predios con ingresos mayores a 70 dólares por ha (grupo C) tienen mayores emisiones GEI por superficie, pero tienen una menor intensidad

de emisiones, emitiendo menos por kilo de carne producido. En el otro extremo del gradiente los predios con ingresos menores a 51 dólares (grupo A) emiten menos por superficie, pero tienen una mayor intensidad en sus emisiones, un 25 % más que el grupo C. Los predios con INFK intermedios (grupo B) tienen emisiones por superficie similares al grupo de menores ingresos, pero son similares en intensidad de emisiones al grupo de mayores ingresos.

Tabla 8. Caracterización y análisis de las emisiones GEI totales por ha y por kilo de carne equivalente de los grupos de predios identificados mediante la partición de la varianza del INFPK (Figura 12) para el ejercicio 2021-2022 Los datos están expresados en kg de CO2 equivalente por ha o por kilo de carne equivalente producido. Prueba Tukey: valores seguidos por la misma letra no tienen diferencias significativas al 5% entre grupos para cada variable.

Grupos	Emisiones GEI Totales.ha	Emisiones GEI totales kg de carne eq
C	2030±43.5b	16.1±0.98a
B	1690±35.1a	17.0±0.79 ^a
A	1685±2.5a	20.3±0.73b

6. Resultados de preñez en el entore 21-22

El porcentaje (%) de preñez es un indicador parcial del funcionamiento del sistema que nos permite ver la marcha del proyecto y proyectar otros indicadores

productivos y económicos, así como también el funcionamiento de los predios en las próximas estaciones. El porcentaje de preñez obtenido en el período de entore que va aproximadamente de noviembre 2021 a febrero 2022 es el resultado de manejos implementados en cada establecimiento desde antes del destete 2021 (o sea en el ejercicio anterior), durante el otoño - invierno 2021 y durante el entore. Además, el impacto productivo del porcentaje de preñez del entore 21-22 recién se va a observar en el ejercicio 22-23.

El objetivo de esta sección es ubicar en qué situación climática transcurrió el entore 2021-2022, mostrar los principales resultados logrados y comparar con los años anteriores, caracterizar la situación de los predios en cuanto a disponibilidad de forraje y condición corporal de las vacas e identificar desafíos en los predios del proyecto hacia el próximo periodo de parto y entore 22-23.

El entore 2021-2022 transcurrió bajo un escenario de déficit hídrico cambiante, que afectó gran parte de territorio uruguayo, siendo diciembre 2021 el mes con mayor intensidad del déficit (ver Capítulo 2), lo que llevó a declarar emergencia agropecuaria en varias zonas del territorio nacional. El déficit de agua en los meses de octubre y noviembre afectó la producción de forraje de los distintos recursos forrajeros disponibles en los predios, pero principalmente afectó la producción del campo natural (ver Capítulo 3). Esto redujo la disponibilidad de forraje durante diciembre 2021 y enero 2022. A partir de mitad de enero de 2022 se registraron precipitaciones en gran parte del país. No obstante, durante febrero la región norte siguió con déficit hídrico.

En los predios del proyecto, el entore se llevó a cabo desde el 15 de noviembre al 28 de febrero.

Sobre un total de 10.372 vacas que se entoraron se registró preñez por ecografía en los meses de abril y mayo en 9.009 vacas. Por lo tanto, la preñez global de los predios participantes del proyecto fue de 87 % (Tabla 9). En tanto que la preñez por categoría muestra que se logró un 92% en vaquillonas de primer servicio, un 90 % en vacas sin cría al pie y en la categoría más desafiante, las vacas con cría al pie, se logró una preñez de 84% (Tabla 9). Por otro lado, se registraron diferencias por zona del país. Los predios ubicados en el Norte lograron en promedio 78 % de preñez, los del Noreste 87 %, los del Centro 89 %, en tanto que los predios del Este lograron 92 %.

Tabla 9. Animales entorados y preñados por categoría en el entore 2021-2022.

Categoría	Total animales entorados	Animales preñados	% Preñez
-----------	--------------------------------	----------------------	-------------

Vaquillonas	2304	2129	92%
Vacas paridas	6401	5388	84%
Vacas sin cría al pie	1667	1667	90%
Total entore	10372	9009	87%

La información disponible por el proyecto nos permite comparar la línea de base construida al inicio del proyecto, con los ejercicios agrícolas 2020-2021 y 2021-2022 que son los dos años de trabajo que lleva el proyecto.

Como se puede apreciar en las Tablas 10 y 11 hay una mejora en el porcentaje de preñez lograda en la globalidad de proyecto para los dos años de ejecución si se compara con la línea de base. Además, estas mejoras en el porcentaje de preñez se registran para todas las regiones. Se mejoró un 17 % en el porcentaje de preñez cuando comparamos la línea de base con los resultados logrados en 2021-2022. Se logró tener más vacas preñadas y mejorar acumulativamente el porcentaje de preñez en dos años con déficit hídrico. Si comparamos con los resultados de los talleres de evaluación de los diagnósticos de gestación vacuna de INIA treinta y Tres vemos que el promedio de los predios del proyecto durante los años de LB siempre está 2 o 3% por debajo, mientras que en 2021 y 2022 esta 1 y 7% por encima, respectivamente.

Tabla 10. Porcentaje de preñez logrado para línea de base y durante la implementación del proyecto GyC para todos los predios del proyecto, por zona y resultados del Taller de evaluación de los diagnósticos de gestación vacuna de INIA Treinta y Tres.

	Línea de base proyecto (LB)				Ganadería y clima	
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ZONA NORTE	70%	66%	70%	72%	76%	78%
ZONA NORESTE	72%	69%	70%	71%	73%	87%
ZONA ESTE	84%	80%	83%	71%	77%	92%
ZONA CENTRO	74%	73%	78%	76%	82%	89%
TOTAL PREDIOS GyC	75%	72%	76%	72%	77%	87%
Taller INIA Treinta y Tres	78%	76%	81%	75%	76%	80%

Tabla 11. Comparación de cambios en el % de preñez entre la línea de base (LB), los dos años del proyecto y el entore 2021-2022.

	LB	GyC	Impacto 2 años	Impacto ultimo año
TOTAL PREDIOS GyC	74%	82%	11%	17%
ZONA NORTE	69%	77%	11%	12%
ZONA NORESTE	71%	80%	13%	23%
ZONA ESTE	80%	84%	6%	15%
ZONA CENTRO	75%	85%	13%	18%

Se presentan a continuación las razones principales de esta mejora acumulativa en el tiempo y en el contexto de escenarios climáticos complejos:

- En general se procedió al destete definitivo del rodeo durante los meses de marzo o abril de 2021.
- Se gestionó en forma permanente la intensidad de pastoreo intrapredio (entre potreros y categorías), basada en un excelente sistema de monitoreo y procesamiento de datos. Esto contribuyó a explicar la condición corporal de las vacas al parto en 2021.
- Hubo mayor porcentaje de preñeces tempranas en el entore 20-21.
- Las medidas anteriores resultaron en una condición corporal promedio al inicio del entore 21-22 de 4.5 puntos.
- Además, durante el entore, la mayoría de los predios aplicaron el destete temporario en forma estructural o con base en el uso del diagnóstico de actividad ovárica, y un alto número de predios implementaron flushing combinado con el destete temporario.

7. Situación de los establecimientos a julio 2022 y perspectivas

La evolución de las principales variables de estado del sistema criador a campo natural: la altura de forraje y la condición corporal del rodeo de cría (Figura 13) constituyen robustos indicadores del cambio en la gestión. El rediseño permitió que durante el proyecto se mejorara 1,5 cm la altura promedio del pasto y una unidad la condición corporal del rodeo, lo cual, confirma que se mejoró simultáneamente el balance y consumo de energía de la producción ganadera. Se trabajó con más pasto y se aumentó 50% la oferta de forraje (Figura 13) lo que contribuye a explicar una mejora no solo en el consumo sino en la eficiencia de uso de la energía. Bajo estas condiciones, el incremento de altura y de OF no solo mejorarían el consumo de energía sino también la estructura horizontal y vertical de la pastura, lo cual, podría en algunos predios (que mejoraron en superior magnitud la altura) incrementar la concentración energética de la dieta consumida (selectividad). Por otra parte, una gestión continua y conjunta de la altura y la condición corporal contribuye a mantener los niveles de ambas variables en valores cercanos a los “óptimos” durante una mayor parte del tiempo lo que también contribuye a mejorar la eficiencia de uso de la energía y a atenuar la variabilidad.

Desde abril hasta junio de 2022, debido a la situación climática, la producción de forraje fue muy baja (ver Capítulo 3), lo que tuvo impacto en la disponibilidad de forraje de los predios. En el análisis de los resultados del ejercicio 2022-2023 podremos ver qué tan exitoso fue el proyecto en manejar un escenario complicado por la caída de condición corporal durante el invierno, y por la existencia de un mayor número de vacas con ternero al pie, con mayor requerimiento de energía para volver a ciclar luego del parto. El entore 2022-2023 será muy desafiante para los sistemas ganaderos debido a los pronósticos de precipitaciones por debajo del promedio histórico previstos para el período julio a diciembre 2022 (<https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/seasonal-climate-forecasts/>). En contextos climáticos adversos como el pronosticado, el monitoreo preciso del estado de los sistemas de producción y la ejecución a tiempo de las medidas de manejo planificadas es central para atenuar el impacto del déficit hídrico.

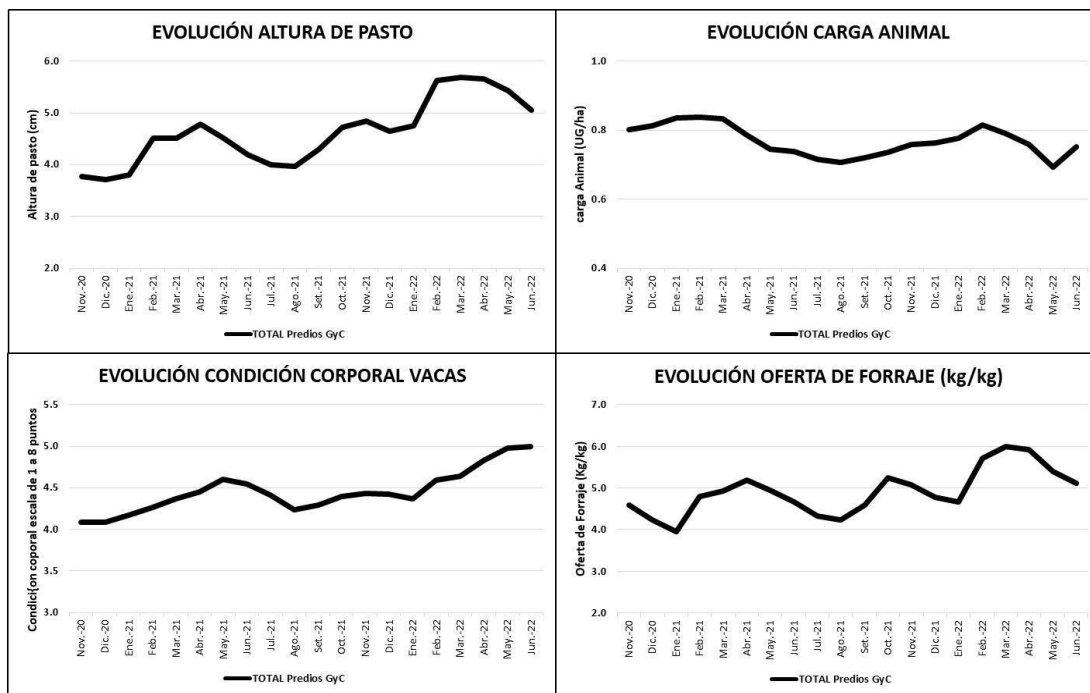


Figura 13: Evolución de altura de pasto (cm), condición corporal de vacas, carga animal (UG/ha) y oferta de forraje (kg/kg) desde noviembre de 2020 a junio 2022.

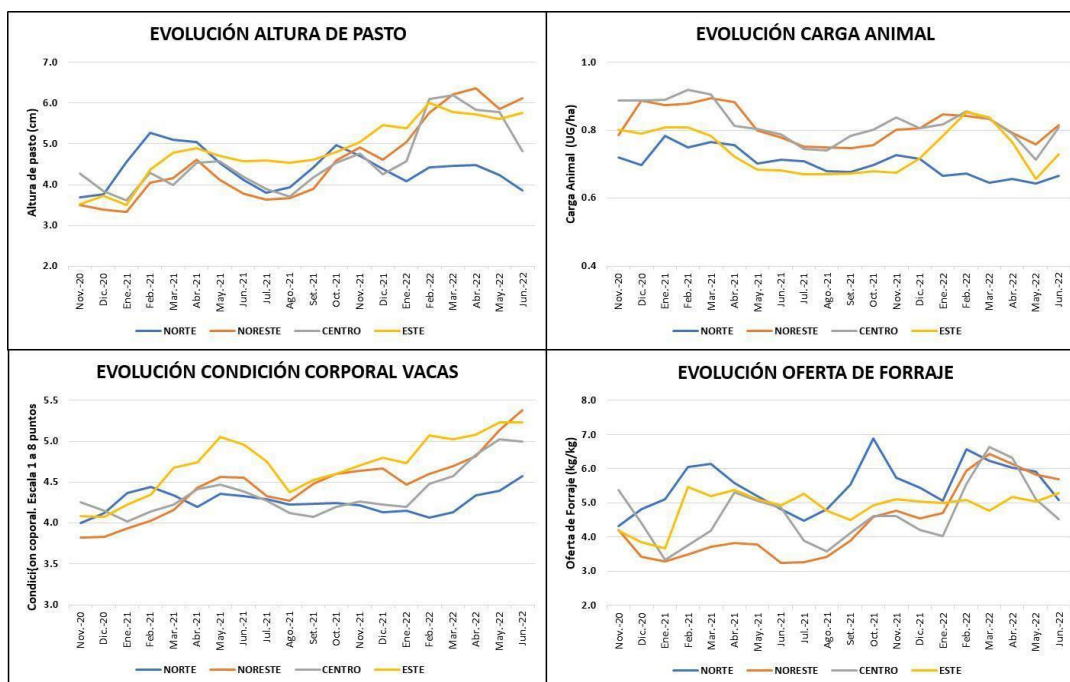


Figura 14: Evolución de altura de pasto (cm), condición corporal de vacas, carga animal (UG/ha) y oferta de forraje (kg/kg) desde noviembre de 2020 a junio 2022 por región.

8. Análisis conjunto de variables productivas y ambientales

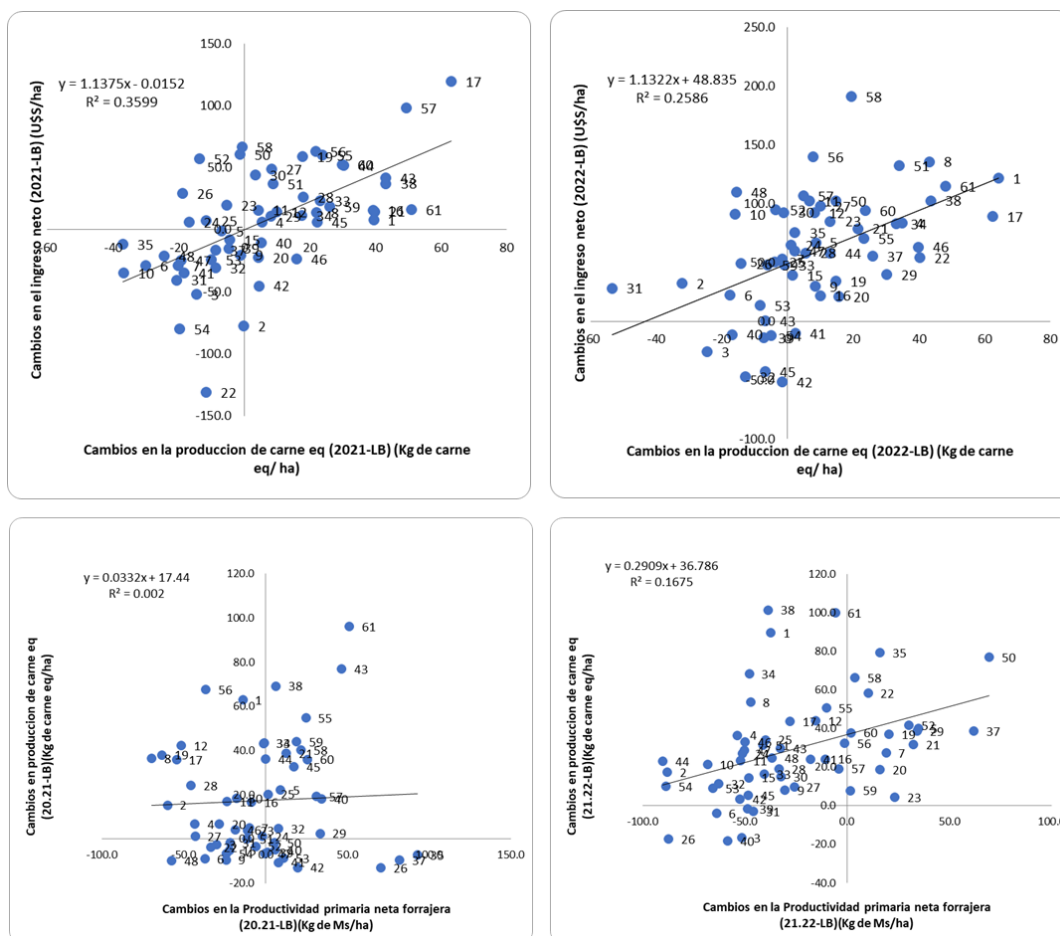


Figura 15. Relación entre los cambios en el ingreso neto familiar (U\$S/ha) en función de la producción de carne equivalente para los ejercicios 2020-2021(a) y 2021-2022(b), y relación entre los cambios en la producción de carne equivalente y la productividad primaria neta aérea para ambos ejercicios (c y d). Diferencias expresadas como valores del ejercicio 2020-2021 y 2021-2022 menos la línea de base.

Los cambios en el ingreso neto de los productores y productoras, como era esperable, estuvieron muy asociados a su producción de carne equivalente por ha en ambos ejercicios (Figura 15 a y b). Sin embargo, la relación entre los cambios en producción de carne con el aumento en la producción de forraje entre los ejercicios 2020-2021 y 2021-2022 con respecto a la línea base fue débil, sugiriendo que el efecto “año” (las lluvias) que hace variar principalmente la producción de forraje, no fue el responsable de los aumentos o las disminuciones de la producción de carne y del ingreso neto. Por el contrario, esto sugiere que otras variables de manejo realizadas durante el primer y segundo año del proyecto explicaron las diferencias entre la línea base y cada ejercicio considerado.

La producción de gases de efecto invernadero (GEI) por hectárea no se asoció fuertemente ni con el ingreso neto familiar ni con la producción de carne equivalente en ambos ejercicios (2020-2021 y 2021-2022), pero disminuyó y se asoció

a las disminuciones en la carga ganadera total por hectárea de cada predio y el aumento de la producción de carne por unidad ganadera (Figura 17 y 18). Es así que la mayoría de los predios que disminuyeron su carga ganadera lograron disminuir sus emisiones de GEI por ha, y lo contrario sucedió con los predios que la aumentaron. No se observó una asociación entre la producción de GEI por hectárea y el ingreso neto predial o la producción de carne equivalente por ha (Figura 17). Tampoco con el índice de cría de los predios, sugiriendo que no existe una correlación fuerte, ni positiva ni negativa entre estas variables.

La producción de GEI por kg de carne equivalente producido, se asoció fuertemente y disminuyó en los predios que presentaron mayores producciones de carne equivalente por ha y mayores ingresos netos (Figura 18 y 19), sugiriendo que estos predios lograron producir más carne y tener mejores ingresos netos, aumentando su eficiencia de producción y disminuyendo entonces las emisiones de GEI por kg de carne producido.

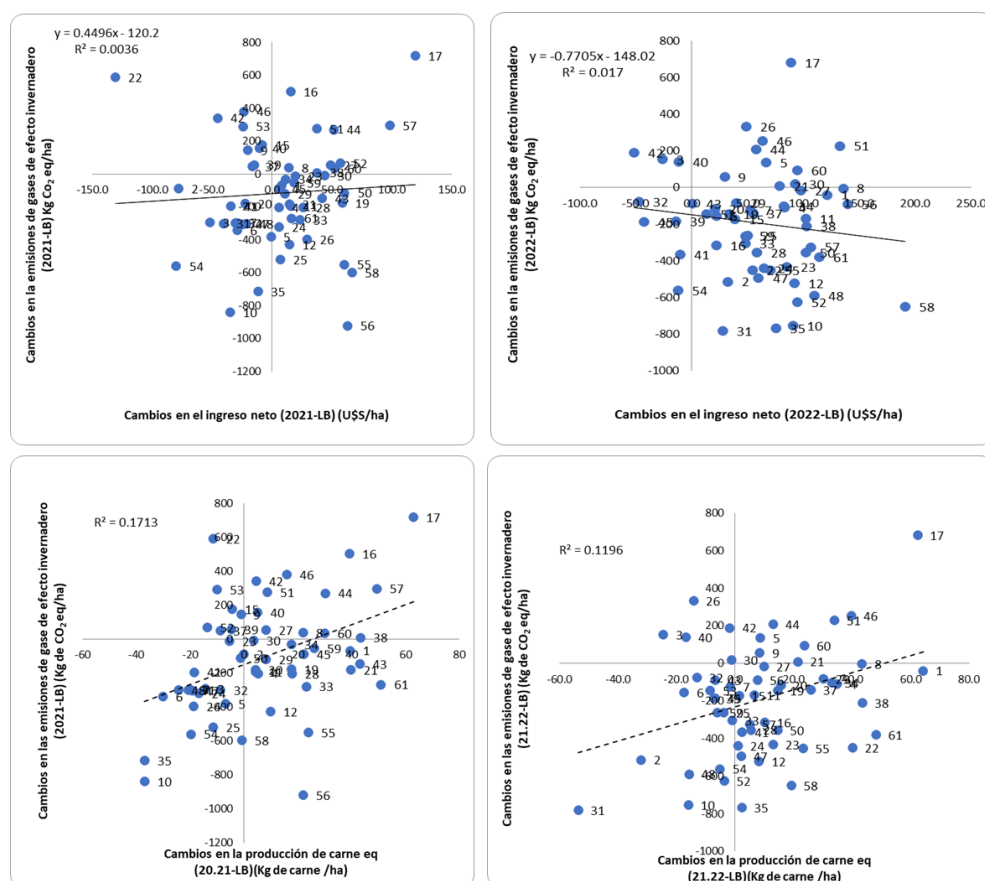


Figura 16. Relación entre los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero total por ha y los cambios en el ingreso neto familiar (U\$S/ha) (a y b), los cambios en la producción de carne equivalente por ha (c y d) para los ejercicios 2020-2021 y 2021-2022. Diferencias expresadas como valores del ejercicio 2020-2021 (a y c) y 2021-2022 (b y d) menos la línea de base.

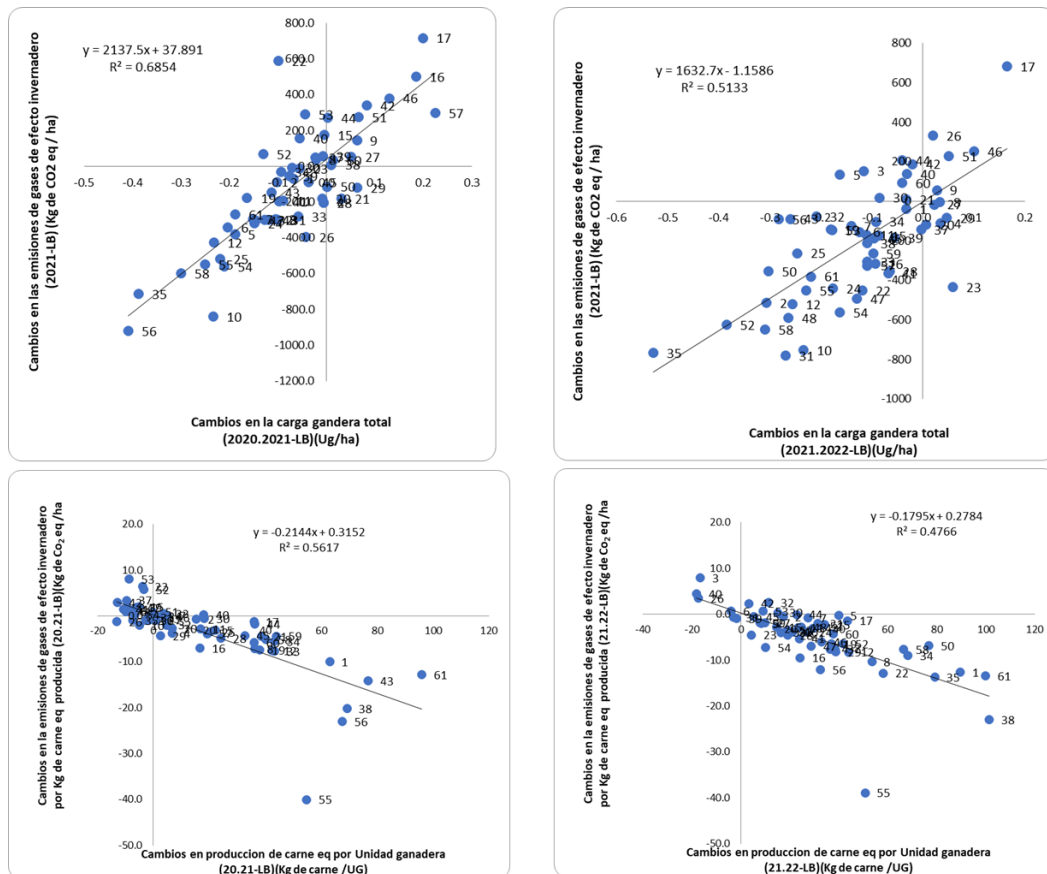


Figura 17. Relación entre los cambios en emisiones de gases de efecto invernadero total por ha con los cambios en la carga ganadera total de cada predio (a y b) y cambios en emisiones de gases de efecto invernadero por kg de carne producido por ha con la producción de carne equivalente por unidad ganadera (c y d) para los ejercicios 2020-2021 y 2021-2022. Diferencias expresadas como valores del ejercicio 2020-2021 (a y c) y 2021-2022 (b y d) menos la línea de base.

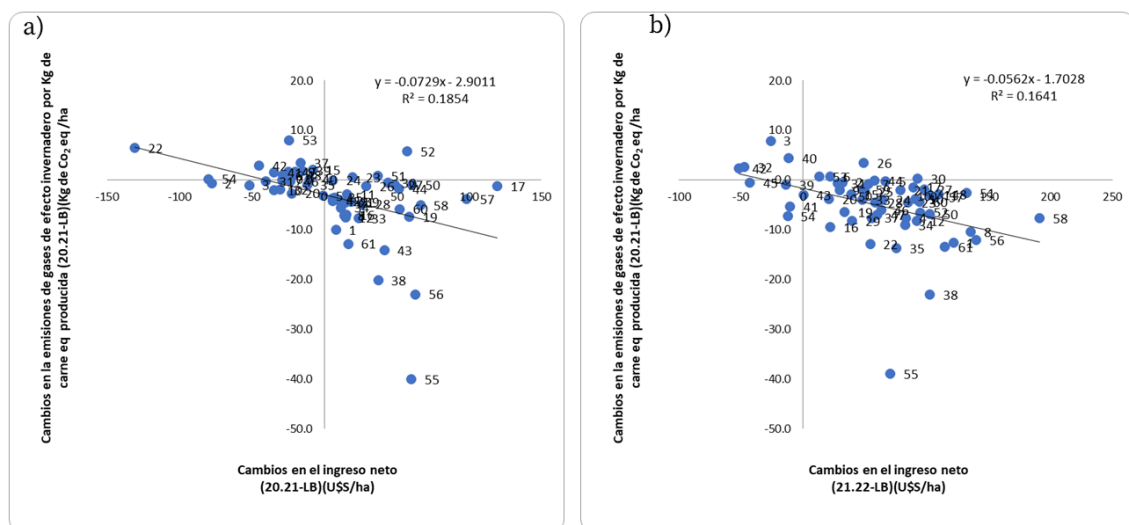


Figura 18. Relación entre los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero por kg de carne equivalente producido y los cambios en el ingreso neto familiar (U\$S/ha). Diferencias expresadas como valores del ejercicio 2020-2021 (a) y 2021-2022 (b) menos la línea de base.

9. Principales conclusiones del ejercicio 2021-22

Los resultados obtenidos hasta junio de 2022 confirman que la propuesta de intensificación ecológica implementada por el proyecto es capaz de incrementar significativamente la producción de carne y el ingreso familiar, sin incrementar los costos de producción, y reduciendo a la vez las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de superficie y de producto.

El incremento de la producción y el resultado económico respecto a la línea de base se explica fundamentalmente por una mejora en la gestión del rodeo y en la utilización del forraje por los animales (índice de cría vacuna aumenta más de 50%).

El déficit hídrico registrado en primavera y primera mitad del verano en ambos ejercicios del proyecto impidieron obtener una mejora significativa en la producción de forraje del campo natural. Pero a su vez incrementan la importancia de las mejoras logradas en los resultados productivos, económicos y de emisiones GEI en un contexto climático desfavorable.

El incremento en la producción de carne se debió al aumento en la producción por animal, ya que en la mayoría de las explotaciones se redujo la carga vacuna, ovina y total. El porcentaje de destete en el ejercicio 21-22 aumentó solo 4% respecto a la línea de base, pero el porcentaje de preñez obtenido en el último entore (87%) es muy superior a la línea de base lo que hace esperar que los indicadores reproductivos de vacunos del ejercicio 22-23 también lo sean. En el ejercicio 21-22 el peso al destete vacuno y los KTDVE se incrementaron 11 y 15%, respectivamente, comparados a la línea de base.

La emisión de GEI por hectárea no se asoció fuertemente ni con el ingreso neto familiar ni con la producción de carne equivalente en ambos ejercicios del proyecto. Se observó que la reducción en emisiones de GEI obtenida durante el proyecto se asoció a las disminuciones en la carga ganadera total y al aumento de la producción de carne por unidad ganadera. La mayoría de los predios que disminuyeron su carga ganadera lograron disminuir la emisión de GEI por ha, y lo contrario sucedió con los predios que la aumentaron. No se observó asociación entre la emisión de GEI por hectárea con el índice de cría.

La emisión de GEI por kg de carne equivalente producido disminuyó en los predios que presentaron mayor producción de carne equivalente por ha y mayor ingreso neto, sugiriendo que estos predios lograron producir más carne y tener mejores ingresos netos, aumentando su eficiencia de producción y disminuyendo entonces las emisiones de GEI por kg de carne producido.

El análisis de los resultados del ejercicio 21-22 por partición de la varianza del INFPK permitió identificar 6 grupos de predios cuyas diferencias muestran que, a pesar de las mejoras logradas durante el Proyecto, persiste una variabilidad importante entre predios. El grupo de menor INFPK (14 predios) tuvo baja carga vacuna y total, baja área mejorada, baja producción de carne vacuna por ha, por animal y equivalente, y costos totales algo menores al promedio. Este grupo es el de menor emisión de GEI por ha y mayor por kg de carne producida. El grupo de INFPK medio a bajo (10 predios) tuvo carga vacuna y total media a alta, alta área mejorada, producción de carne vacuna por ha media, y baja por animal y equivalente, y costos totales similares al promedio. Este grupo es el de menor índice de cría vacuna y con emisiones de GEI altas tanto por ha como por kg de carne producida. El grupo de INFPK medio (14 predios) tuvo media a baja carga vacuna y media a alta carga total, media a alta área mejorada, producción de carne vacuna por ha media, y alta por animal y equivalente, y costos totales algo mayores al promedio. Este grupo tiene media a alta emisión de GEI por ha y baja por kg de carne producida. Dos grupos tuvieron INFPK medio a alto. El Grupo 3 (6 predios) fue el de menor carga vacuna, carga total y área mejorada, y el de mayor carga ovina. Este grupo fue el de menor producción de carne vacuna por ha y el de mayor producción de carne ovina, mientras que la producción de carne equivalente y vacuna por animal fue media a baja. Fue el grupo con menores costos totales y emisiones de GEI por ha, mientras que las emisiones por kg de carne producido fue media a baja. El grupo 5 (5 predios) tuvo alta carga vacuna y carga total, media a baja área mejorada, media a alta producción de carne vacuna por ha, y por animal y equivalente, y los costos totales más altos. Este grupo tiene alta emisión de GEI por ha y baja por kg de carne producida. Finalmente, el grupo de más alto INFPK (8 predios) tuvo alta carga vacuna y carga total, alta área mejorada, alta producción de carne vacuna por ha, y por animal y equivalente, y costos totales algo por encima del promedio. Este grupo tiene alta emisión de GEI por ha y baja por kg de carne producida.

No se observó relación entre los grupos y la escala de producción (área de pastoreo y UG totales), y baja relación con la zona agroecológica. Por lo tanto, las diferencias en resultados económicos, productivos y ambientales observadas entre grupos permiten pensar que, a pesar del impacto ya obtenido, existe un espacio importante para seguir mejorando en la mayoría de los predios del proyecto.