



**RECRÍA Y ENGORDE  
DE BOVINOS: AVANCES  
TECNOLÓGICOS EN  
ALIMENTACIÓN Y MANEJO**

Setiembre, 2024

SERIE  
TÉCNICA **269**  
INIA





# RECRÍA Y ENGORDE DE BOVINOS: AVANCES TECNOLÓGICOS EN ALIMENTACIÓN Y MANEJO

**Editores:** Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>  
Juan Clariget<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> DMV (Dr.). Sistema Agrícola Ganadero - INIA La Estanzuela

<sup>2</sup> Ing. Agr. (MSc.). Sistema Agrícola Ganadero - INIA La Estanzuela



**Título:** RECRÍA Y ENGORDE DE BOVINOS: AVANCES TECNOLÓGICOS EN ALIMENTACIÓN Y MANEJO.

**Editores:** Maria Eugênia A. Canozzi, Juan Clariget.

Serie Técnica N° 269

ISBN: 978-9974-38-508-5

e-ISBN: 978-9974-38-509-2

doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.269>

© 2024, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA  
Avda. Italia 6201, Edificio Los Guayabos, Parque Tecnológico del LATU, Montevideo,  
Uruguay.  
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## Integración de la Junta Directiva

**Ing. Agr. José Bonica** - Presidente

**Ing. Agr. Walter Baethgen** - Vicepresidente



Ministerio  
**de Ganadería,  
Agricultura y Pesca**

**Ing. Agr. Martín Gortari**

**Ing. Agr. Rafael Normey**



**Ing. Agr. Alejandro Henry**

**Ing. Agr. Diego Bonino**





# Contenido

---

## CAPÍTULO I

Avances tecnológicos en la producción de pasturas .....	09
Avances en los últimos 20 años de la genética forrajera INIA para una ganadería eficiente .....	11
OptiFert-P: niveles críticos y equivalente de fertilizante de fósforo en suelo para <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> .....	25
Persistencia productiva de gramíneas forrajeras templadas en ambientes subtropicales .....	31
10 temas claves para avanzar en el manejo del campo natural en los sistemas ganaderos de Uruguay .....	39

## CAPÍTULO II

Avances tecnológicos en la suplementación de bovinos de carne en pastoreo .....	51
Conceptos generales de los suplementos .....	53
Suplementación invernal tradicional sobre pasturas mejoradas y campo natural .....	57
Suplementación infrecuente: ¿es posible reducir la frecuencia de suplementación sin afectar el desempeño productivo de los animales? .....	63
Suplementación en épocas no tradicionales: otoño y verano .....	69
Suplementación <i>ad libitum</i> en comederos de autoconsumo: ¿raciones con sal o con cáscara de arroz? .....	75



### **CAPÍTULO III**

Avances técnicos en el crecimiento de bovinos para carne .....	<b>83</b>
Crecimiento compensatorio de terneros en Uruguay .....	<b>91</b>
Efectos de la recría en el primer invierno y su engorde posterior .....	<b>95</b>
Efectos de la recría en el segundo invierno y su engorde posterior. . .	<b>103</b>

### **CAPÍTULO IV**

Avances tecnológicos en los corrales de engorde .....	<b>115</b>
Bajas eficiencia en verano en corrales de engorde de Uruguay: estrés por calor y Fascioliasis .....	<b>119</b>
Tipo de fibra y posibles sustitutos en los corrales de engorde .....	<b>125</b>

### **CAPÍTULO V**

Avances tecnológicos en el manejo de bovinos de carne .....	<b>133</b>
Práctica rutinaria dolorosa en sistemas extensivos - castración .....	<b>135</b>
Destete: una oportunidad para minimizar el estrés del ternero .....	<b>141</b>
Estrés por calor y estrategias de mitigación en sistemas ganaderos pastoriles en Uruguay .....	<b>145</b>
Manejo previo a la faena de bovinos para carne: ¿qué prácticas pueden minimizar el estrés de los animales y maximizar la producción y la calidad de la canal y de la carne? .....	<b>151</b>





# PRÓLOGO

Desde la década de 1990, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) ha estado a la vanguardia en el desarrollo de tecnologías y prácticas que han transformado la producción de bovinos de carne en Uruguay. A lo largo de más de 30 años de trabajo, hemos sistematizado y validado avances que no solo han mejorado la productividad y eficiencia en la recría y engorde de bovinos, sino que también han tenido un impacto significativo en la sostenibilidad de los sistemas ganaderos del país.

Esta Serie Técnica recoge la esencia de esos años de investigación y desarrollo. En cada capítulo, encontrarán una combinación de conocimiento científico y aplicaciones prácticas que han sido probadas y adaptadas a las realidades de nuestros productores. Desde la suplementación en pastoreo, que ha demostrado ser un paso estratégico para mejorar la eficiencia en los sistemas ganaderos, hasta el manejo de bovinos en sistemas pastoriles y corrales de engorde, cada avance aquí documentado refleja el compromiso de INIA con la ganadería uruguaya.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos los investigadores, técnicos y productores que han contribuido a este esfuerzo. Su dedicación ha permitido que hoy les ofrezcamos este material, que esperamos sea no solo una herramienta de referencia, sino también una fuente de inspiración para seguir mejorando la producción ganadera de nuestro país.

Confiamos en que esta Serie Técnica será un recurso invaluable para los técnicos asesores y productores ayudándoles a enfrentar los desafíos actuales y futuros de la ganadería, y a seguir construyendo un sector más eficiente, sostenible y competitivo.

**Ing. Agr. (Dr.) Sebastián Mazzilli**  
**Director del Sistema Agrícola-Ganadero**  
**INIA La Estanzuela**



# CAPITULO 1

## Avances tecnológicos en la producción de pasturas

Diego Giorello<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIA Tacuarembó.

El incremento sustentable de la productividad es una preocupación constante de los principales actores del sector productivo. El mismo se considera un factor determinante en la mejora económica, social y ambiental de los sistemas de producción de carne bovina de Uruguay. La intensificación sostenible en el uso de pasturas postula prácticas de manejo agronómico, de manejo del pastoreo y de mejoramiento genético, que permiten mejorar la productividad y la calidad del forraje producido y cosechado, permitiendo una mayor producción animal, sin incrementar los impactos ambientales.

En la actualidad, la producción basada en pasturas cultivadas enfrenta un desafío significativo, relacionado a la persistencia de gramíneas perennes y leguminosas. Por otra parte, se plantea la necesidad de incrementar tanto la productividad como la calidad de estos recursos, enfrentando limitaciones que no son únicamente genéticas, sino también de manejo. De esta manera, uno de los principales objetivos planteados a la investigación en pasturas, en particular al mejoramiento genético de forrajeras, ha sido mejorar la productividad, la persistencia y la calidad de los recursos forrajeros.

Desde comienzos de los años 2000, los proyectos de mejoramiento genético de forrajeras han encarado estos desafíos implementando distintas acciones como: i) liberar nuevos cultivares, ii) fomentar un cambio varietal en diversas especies, iii) desarrollar y generar la disponibilidad en el mercado cultivares de especies (algunas nativas) que no eran comercializadas en nuestro país, iv) explorar el germoplasma nativo, v) utilizar herramientas biotecnológicas y vi) generar una Red de Evaluación Participativa de Forrajeras INIA como plataforma de evaluación de la nueva genética junto a productores, técnicos y asesores privados.

El manejo efectivo de la fertilización fosfatada es crucial, principalmente, para el éxito en la producción de leguminosas y, en menor medida, de gramíneas forrajeras, debido a los requerimientos moderadamente altos de estas plantas y la baja disponibilidad natural de fósforo en muchos suelos. Desde la publicación de la guía de fertilización de pasturas en 1976, por el Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Berger, ha habido un reconocimiento general de la importancia del análisis de suelo para la toma de decisiones informadas. No obstante, investigaciones posteriores han subrayado la necesidad de actualizar las recomendaciones y pautas de manejo de la fertilización, considerando también la notable variabilidad de suelos en nuestro país. Esto sugiere que una estrategia de fertilización más precisa y adaptada a las condiciones locales es esencial para optimizar la producción y sostenibilidad de las pasturas. En este



contexto, INIA ha desarrollado OptiFert-P, un sistema de soporte para la recomendación de fertilización fosfatada de pasturas.

En la composición de la base forrajera de los sistemas ganaderos de Uruguay, las praderas perennes ocupan un lugar determinante. La presencia de gramíneas perennes templadas se ha incrementado desde el comienzo de este siglo, siendo festuca (*Lolium arundinaceum*) y dactylis (*Dactylis glomerata*) las principales especies utilizadas. Nuestro ambiente subtropical presenta un desafío importante para ambas especies, debido a la combinación de altas temperaturas y alta radiación solar registradas durante el verano sumado a la variabilidad en la humedad del suelo. En los últimos años se ha avanzado en la comprensión de los mecanismos que provocan la disminución en la población de estas gramíneas y se han postulado prácticas de manejo que permiten incrementar la persistencia productiva de pasturas basadas en dichas especies.

Con respecto al campo natural (CN), este es el recurso forrajero con más superficie en el país, con una alta resiliencia frente a fluctuaciones climáticas, siendo su contribución fundamental para los sistemas de producción bovina de Uruguay. A su vez es un patrimonio ecológico, que contribuye a la conservación de la biodiversidad, regula el ciclo del agua, además de ayudar a mantener la fertilidad del suelo. El manejo del CN para la cría y el engorde de bovinos debe estar orientado a optimizar la producción vegetal, a mejorar la cosecha de forraje de calidad y a generar una eficiente transformación en producto animal. En este capítulo se presentan las 10 principales recomendaciones en el manejo del CN.

El objetivo de este capítulo es presentar una síntesis de algunas alternativas tecnológicas tales como el mejoramiento genético de forrajeras, la fertilización fosfatada de pasturas, la persistencia de gramíneas forrajeras y el manejo, producción y utilización del campo natural, desarrolladas por INIA en los últimos años, que contribuyen al propósito de intensificación sostenible en sistemas pastoriles.





# Avances en los últimos 20 años de la genética forrajera INIA para una ganadería eficiente

Rafael Reyno<sup>1</sup>, Javier Do Canto<sup>1</sup>, Félix Gutiérrez<sup>1</sup>, Federico Condón<sup>2</sup>, Diego Giorello<sup>1</sup>, Fernando Lattanzi<sup>2</sup>, Robin Cuadro<sup>1</sup>, Rodrigo Zarza<sup>2</sup>, Martín Jaurena<sup>1</sup>, Gerónimo Cardozo<sup>3</sup>, Marco Dalla Rizza<sup>4</sup>, Walter Ayala<sup>3</sup>, Florencia Maranges<sup>2</sup>, Carlos Rossi<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INIA Tacuarembó; <sup>2</sup>INIA La Estanzuela; <sup>3</sup>INIA Treinta y Tres; <sup>4</sup>INIA Las Brujas.

En nuestro país, las pasturas naturales y cultivadas continúan siendo la base de la alimentación de los rodeos en distintos sistemas productivos. El escenario actual presenta como principal problema la persistencia de gramíneas perennes y leguminosas. Además, se plantea la necesidad de incrementar la productividad y la calidad, para lo cual existen limitantes, tanto genéticas como de manejo. Nuestros recursos forrajeros necesitan de mayor productividad, persistencia y calidad, siendo estas las principales demandas de los sectores ganaderos y lecheros. Por lo tanto, en los últimos 20 años, los proyectos de mejoramiento genético de forrajeras han trabajado fuertemente en estos aspectos, liberando nuevos cultivares y promoviendo un cambio varietal importante en varias especies, así como desarrollando y ofreciendo cultivares de especies que no eran utilizadas comercialmente en los sistemas productivos de Uruguay.

Los cultivares recientemente liberados y los productos a generar apuntan a contribuir en una amplia gama de sistemas productivos, buscando intensificar de manera sostenible la producción ganadera y focalizando en la eficiencia productiva. El equipo de Pasturas y Forrajes (Genética+Manejo) ha tenido un claro objetivo, es decir, lograr pasturas más productivas, más persistentes y de mejor valor nutritivo a través de la mejora genética y de la generación de paquetes tecnológicos de manejo específicos de cada cultivar para diferentes ambientes, aún en aquellos más restrictivos. En este artículo tratamos de resumir la nueva genética de forrajeras INIA generada entre los años de 2005 y 2024, además de los nuevos desafíos para el futuro cercano.

## ***Objetivos de mejoramiento genético***

El mercado de variedades forrajeras cuenta con especies y cultivares que son producto de la adaptación, selección y mejoramiento genético local, p. ej. la Avena Estanzuela 1095a, el Raigrás Estanzuela 284, el Trébol blanco Estanzuela Zapicán o la Alfalfa Estanzuela Chaná. El proceso de mejora genética de estos buenos cultivares es un proceso largo y continuo de selección, cruzamientos y evaluación local para, además de mantener sus buenas características de adaptación, superarlos en características como productividad, tolerancia a enfermedades, persistencia vegetativa o valor nutritivo.



En ocasiones se han tenido en cuenta nuevos biotipos, no considerados previamente, y que ofrecen nuevas características productivas, como el uso de raigrases de tipo itálicos o Festucas continentales de ciclo largo. En los últimos años, los programas de mejoramiento genético de forrajeras han buscado dotar a los nuevos cultivares de órganos capaces de colonizar, acumular reservas y tolerar eventos extremos, ya sea por estrés térmico, déficit hídrico o inundaciones. Como ejemplos, podemos mencionar los *Lotus uliginosus* INIA E-Tanin e INIA Gemma, la Festuca rizomatosa Rizar y el *Paspalum notatum* INIA Sepé.

La toma de decisiones en la selección de genotipos o alternativas de especies con tolerancia a ambientes extremos puede contribuir a disminuir la vulnerabilidad de los predios ganaderos, aportando opciones en escenarios donde hay una menor oferta varietal. En las últimas dos décadas, este proceso se fue intensificando y el segmento de forrajeras se fue especializando cada vez más, ofreciendo especies y cultivares adaptados a condiciones particulares. Hoy vemos una amplia oferta forrajera de especies tradicionales y con alta demanda (raigrás, festuca, etc.); o especies con demanda creciente, como leguminosas adaptadas para siembras en cobertura; o especies nativas de gramíneas, las cuales están siendo mejoradas.

El Cuadro 1, muestra la lista de cultivares liberados comercialmente, desde el 2006 al presente, y sus principales características. Esta nueva genética ha tenido una buena adopción por parte de los productores, lo que evidencia interés y avidez por acceder a cultivares mejor adaptados a los nuevos escenarios productivos. Sin embargo, es necesario seguir profundizando en las líneas de trabajo desarrolladas, así como en nuevas acciones para seguir contribuyendo con una genética más productiva y adaptada a nuestros sistemas productivos.

Es importante resaltar que el concepto de sostenibilidad de los sistemas productivos ha cobrado importancia no solo del punto de vista productivo-económico, sino también ambiental. Los cultivos de servicio o puentes verdes constituyen hoy un nuevo requerimiento en las cadenas forrajeras, promoviendo un mejor balance en el ciclo de nutrientes y en las propiedades físicas, una reducción de la erosión o en el control de malezas, plagas y enfermedades.

**Cuadro 1.** Año de liberación de cultivares forrajeros INIA en el período 2006-2023.

<b>Año liberación</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Características / Usos</b>
2006	Cebadilla INIA Leona	2-3 años e invernol
2006	Trébol blanco Aquiles	Perenne invernol
2006	Trébol blanco Goliath	Perenne invernol
2008	Ornithopus INIA Molles	Anual invernol / Mejoramientos extensivos
2009	Festulolium INIA Merlin	2 años e Invernol
2009	Raigrás INIA Camaro	Diploide de ciclo intermedio
2009	Raigrás INIA Escorpio	Tetraploide de ciclo largo
2009	Raigrás INIA Bakarar	Diploide de ciclo intermedio
2010	Festuca INIA Aurora	Temprana / Alta productividad
2010	Festuca INIA Fortuna	Tardía / Alta calidad
2010	Dactylis INIA Perseo	Temprano / Alta productividad y sanidad
2010	Dactylis INIA Aurus	Tardío / Alta calidad, sanidad
2010	Lotus corniculatus INIA Rigel	Perenne estival / Productividad y sanidad
2010	Trébol rojo INIA Antares	Sin latencia / Alta productividad
2010	Holcus INIA Virtus	Bi-anual e Invernol / Sanidad y re-siembra
2012	Avena INIA Columba	Doble propósito / Productividad y sanidad
2012	Avena INIA Halley	Anual e invernol
2014	Lotus uliginosus INIA E-Tanin	Perenne estival / Alta producción semilla
2014	Trébol resupinatum INIA Sirius	Anual invernol / Puentes verdes, sin re-siembra
2014	Trébol vesiculosum INIA Sagit	Anual invernol / Puentes verdes
2016	Lotus uliginosus INIA Gemma	Perenne estival / Rizomatoso
2016	Raigrás Winter Star 3	Tetraploide de ciclo intermedio
2016	Raigrás Cambará	Diploide de ciclo intermedio-largo
2017	Lotus angustissimus INIA Basalto	Anual invernol / Mejoramientos extensivos
2018	Festuca Rizar	Rizomatosa / Alta productividad
2018	Paspalum notatum INIA Sepé	Perenne estival / Alta productividad
2019	Festuca Carapé	Tardía / Calidad
2021	Raigrás perenne Virazón	Perenne vida corta / Producción y sanidad
2021	Achicoria INIA Nova	Baja inducción, sanidad, persistencia
2022	Bromus INIA Los Paraísos	Perenne invernol / Persistencia
2023	Alfalfa INIA Charrúa	Perenne estival / Productividad y sanidad
2023	Avena INIA Capella	Forrajera / Alta productividad y sanidad



## **Gramíneas anuales y de rotación corta**

### **Avena**

Con respecto a la avena, el material más sembrado históricamente ha sido la variedad Estanzuela 1095a, seleccionada en 1925 y evaluada en 1934 (Fischer et al., 1937). Sin embargo, esta variedad actualmente presenta susceptibilidad a la roya de la hoja (*Puccinia coronata sp. avenae* Eriks), a la roya del tallo (*Puccinia graminis sp. avenae* Erikss. & Henning), así como al daño causado por el pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum* Rondani). Estas vulnerabilidades suelen comprometer el establecimiento del cultivo y la producción de forraje (Boerger, 1943; Silveira Guido y Conde, 1946; Condón et al., 2010).

Las actividades de mejoramiento en avena llevaron a la liberación, en 1981, de la variedad RLE115, una selección de la Estanzuela 1095a (Millot et al., 1981). En 1992, se liberaron las variedades INIA Tucana e INIA Polaris, de tipo sativa, que, a pesar de la buena adaptación para la producción forrajera, perdieron su resistencia a la roya de la hoja. Posteriormente, en 2010, se liberó la variedad INIA Columba (Condón et al., 2010), que aún se mantiene en el mercado, la cual fue obtenida a partir de cruzamientos entre líneas resistentes a la roya, seleccionadas de la E1095a, y avenas sativas introducidas. En 2023 se liberó INIA Capella, actualmente en proceso de multiplicación de semilla, que se caracteriza por su excelente adaptación forrajera en siembras tempranas y producción forrajera de otoño-invierno.

A partir de estas liberaciones, los objetivos del programa de mejoramiento se han centrado en: 1) asegurar una adecuada adaptación a siembras tempranas (durante la primera quincena de febrero en el sur del país), garantizando un desarrollo fenológico adecuado, sin inducción floral en condiciones de fotoperiodo largo y alta temperatura; 2) mejorar la sanidad foliar (resistencia a la roya de la hoja en plantas adultas) y a roya de tallo como estrategia sostenible para la producción de forraje; y 3) optimizar la producción de semilla y heno. Estos tres objetivos incluyen la identificación de parentales superiores con perfiles de crecimiento adaptados a un manejo de producción de forraje para cosecha directa o como doble propósito (forraje/heno, forraje/silo de planta entera o forraje/grano).

### **Raigrás anual (*Lolium multiflorum*)**

A comienzos de la década del 50, fue liberado por el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB) el cultivar Estanzuela 284, siendo el primer cultivar nacional de raigrás (Henry, 1952). Recién a fines de los 80 se obtiene el cultivar Estanzuela Matador, siendo este el primer tetraploide y de floración tardía (García et al., 1991). La siguiente generación de cultivares nacionales aparece a fines de los 90 con la liberación de los cultivares INIA Cetus, diploide de ciclo corto, e INIA Titán, tetraploide de floración tardía (García, 1998). De estos cultivares, actualmente solo Estanzuela 284 e INIA Titán continúan siendo sembrados.

Una nueva generación de cultivares, generados a partir de cruzamientos con germoplasma extranjero, sale al mercado en 2009: INIA Camaro, INIA Bakarat e INIA Escorpio (Ayala et al, 2010). Los cultivares INIA



Camaro e INIA Bakarat son los primeros diploides de ciclo largo, con floración de fines de octubre. Ambos cultivares, en comparación a Estanzuela 284 e INIA Cetus, logran mayor producción anual de forraje al tener un mayor período de crecimiento, que se extiende en la primavera. La principal diferencia entre ellos es el hábito de crecimiento, siendo INIA Camaro de tipo intermedio, ofreciendo flexibilidad en el manejo del pastoreo, mientras que INIA Bakarat es de hábito semierecto ofreciendo alta accesibilidad del forraje y buena aptitud para siembra en mezclas (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013a). El INIA Escorpio es un tetraploide de ciclo largo que viene a reemplazar en gran medida a INIA Titán. Además de presentar una mejora en productividad total, estos tres cultivares, debido a la selección local y fuerte énfasis en resistencia a enfermedades, se destacan en el mercado por su excelente sanidad (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013a).

Una nueva etapa comienza en 2007 con la firma de la alianza temprana entre INIA, PGG Wrightson Seeds y Grasslands Innovation (INIA, 2024a). Los primeros productos de esta alianza son los cultivares Winter Star 3 y Cambará, ambos liberados en 2016. El cultivar Winter Star 3 es uno de los más competitivos en el segmento de los tetraploides de ciclo intermedio, destacándose por su alta producción de forraje invernal y total, además de una muy buena tolerancia a roya (Maranges et al., 2018). Cambará es un cultivar diploide de floración tardía, con alta producción total de forraje, tolerancia a roya y buena producción de semillas (Maranges et al., 2020). La alianza ha tenido gran impacto en el desarrollo de cultivares superiores y en su colocación en el mercado. Según Maranges y Rossi (2021), en raigrás anual la genética INIA + INIA-GIL, a pesar de significar solo el 10% de la oferta varietal, constituye el 65% de la semilla vendida.

Actualmente el mejoramiento genético de raigrás anual se enfoca en los segmentos diploides de ciclo largo y tetraploides de ciclo intermedio. En el primer caso se busca incrementar la producción otoño-invernal manteniendo la alta productividad total. En el caso de los tetraploides, el objetivo es incrementar la productividad anual sin perder productividad en invierno. En ambos se busca alta capacidad de macollaje y rebrote, alta producción de semillas y excelente sanidad, incluyendo trabajos específicos en *Pyricularia grisea*.

### **Cebadilla criolla (*Bromus catharticus*)**

En 2006, el programa de mejoramiento de plantas forrajeras de INIA liberó un cultivar de cebadilla, denominado comercialmente INIA Leona. El mejoramiento y la selección de esta nueva especie y cultivar se realizó en INIA La Estanzuela, teniendo como aspectos destacables sus características de superioridad en rendimiento de forraje, macollaje, rebrote, sanidad de hoja, persistencia y resiembra, así como la facilidad para instalarse muy bien en siembra directa, siendo ideal para utilización en praderas intensivas de rotación corta en mezclas con leguminosas.

La liberación de este cultivar, de una especie en la cual solo existían cultivares introducidos en Uruguay, constituye un hito importante para la producción, ya que amplió la frontera de utilización de esta especie,





con un material con adaptación local y que supera a los tradicionales cultivares extranjeros de cebadilla. Este cultivar tuvo una adopción muy importante por parte de los productores en sistemas ganaderos intensivos.

### ***Gramíneas perennes***

#### **Raigrás perenne (*Lolium perenne*)**

El raigrás perenne es ampliamente sembrado en las regiones templadas, debido a su alta productividad y valor nutritivo, pero en Uruguay se ha mantenido como una especie secundaria. Los cultivares utilizados han sido introducidos de otras regiones y, si bien presentan buenas producciones y valor nutritivo en el año de siembra, tienen muy baja persistencia (1-2 años) y serios problemas sanitarios (Gutiérrez et al., 2023a; Gutiérrez et al., 2023b). A pesar de esto, y considerando su potencial forrajero, en 2008 se decide comenzar con su mejoramiento, poniendo foco en la adaptación a las condiciones de nuestro país, así como en la persistencia, productividad y sanidad. Como resultado, en 2021, se registra y comercializa por primera vez el cultivar Virazón, que logra altas producciones de forraje, producción de semilla local, excelente comportamiento frente a enfermedades y persistencias de al menos 3 años (Gutiérrez et al., 2023a; Gutiérrez et al., 2023b). Los trabajos de mejoramiento en esta especie continúan, con el objetivo principal de seguir aumentando su persistencia para expandir su área de uso, sin detrimento de sus otras características que la hacen destacable.

#### **Festuca (*Festuca arundinacea*)**

Festuca es la gramínea perenne invernal más usada en el país, con una estimación de uso promedio de 1979 t de semillas anuales, equivalente a unas 132 mil hectáreas sembradas por año (INASE, 2024). El material de referencia ha sido el cultivar Estanzuela Tacuabé, liberado por CIAAB a mediados de los años 70 (Formoso, 2010).

En 2010, INIA liberó dos nuevos cultivares, INIA Aurora e INIA Fortuna. El cultivar INIA Aurora fue obtenido por sucesivos ciclos de selección sobre materiales tempranos, con énfasis en rendimiento y sanidad. Se destaca por su floración de fines de agosto, por su mejor sanidad y por ser altamente

competitivo entre los cultivares de alta producción de forraje (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013b). Por su parte, el cultivar INIA Fortuna se obtuvo como producto de procesos de selección, con énfasis en calidad del forraje (DMO, FDN), flexibilidad y sanidad foliar. Su ciclo es tardío, florece a principios de octubre, su producción es similar a Estanzuela Tacuabé, pero la supera en valor nutritivo (2% DMO superior), además de ser más productivo y con mejor sanidad que otros cultivares de ciclo tardío (Ayala et al., 2010; Gutiérrez y Calistro, 2013b).

Desde entonces, el programa de mejoramiento genético de festuca de INIA apunta a contribuir a la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas productivos desde tres conceptos: i) festucas de alta



productividad, tipo INIA Aurora; ii) festucas de floración tardía y alta calidad, tipo INIA Fortuna; y iii) festucas de alta persistencia, del tipo rizomatoso. La estrategia pasa por la identificación de materiales elite, cruzamientos con los cultivares de referencia y selección en el ambiente objetivo por las características de interés según cada concepto. En el primer caso, se ha desarrollado una nueva línea experimental (IGP14) con mayor producción estacional y total que INIA Aurora, que será liberada en el corto plazo. En las tardías de alta calidad, se liberó, en 2022, el cultivar Carapé, con mayor productividad que Estanzuela Tacuabé y moderada presencia de rizomas (INIA, 2024b), y se están generando nuevas líneas experimentales seleccionadas por mayor valor nutritivo. Entre las de alta persistencia, se liberó, en 2019, el cultivar Rizar (Maranges et al., 2019), capaz de formar un tapiz denso y destacarse por su alta productividad, persistencia y rusticidad, contribuyendo a la expansión del área de festuca hacia zonas marginales. Actualmente, continúa el proceso de selección en ambientes desafiantes.

### ***Dactylis (Dactylis glomerata)***

El cultivar de dactylis INIA Oberón significó el comienzo del uso de la especie en Uruguay. Este fue desarrollado localmente y marcó un importante crecimiento en el uso de esta especie en pasturas de rotación larga y, principalmente, asociadas a sistemas de producción lecheros y de producción de carne que valoraban significativamente aspectos de calidad y ciclos largos.

A partir de la liberación del cultivar INIA Oberón, considerando su éxito en cuanto a incorporación en los sistemas productivos, el programa de mejoramiento continuó su esfuerzo en esta especie, buscando mejorar aspectos de productividad, resistencia a enfermedades y ciclo productivo. De esta manera, fueron obtenidos dos nuevos cultivares, INIA Aurus e INIA Perseo, los cuales continúan disponibles en el mercado.

El cultivar INIA Aurus, de ciclo tardío, se destaca sobre INIA Oberón por su productividad en verano y otoño y en productividad anual a partir del segundo año, incorporando una excelente sanidad foliar. El INIA Perseo, seleccionado con énfasis en rendimiento y sanidad foliar, se diferencia por su floración temprana, hábito semierecto y un color más oscuro. Ambos cultivares fueron fundamentales para el recambio varietal en esta especie, la cual se limitaba básicamente al cultivar INIA Oberón y a materiales introducidos con serios problemas sanitarios y producción de forraje menor.

Los cultivares disponibles de dactylis, junto a los cultivares de Festuca, constituyen la base de las gramíneas perennes invernales para utilización en pasturas largas en mezclas con leguminosas. Por su parte, los cultivares de dactylis se destacan por su resistencia a la sequía y la capacidad de crecer durante verano, lo cual los hace especialmente competitivos frente a festuca y especialmente indicados en aquellas situaciones donde la competencia de especies estivales, como la gramilla, es un problema.

### ***Leguminosas anuales***

Las leguminosas anuales han tenido dos usos muy contrastantes en cuanto a los sistemas productivos a los cuales contribuyen. Las especies del género *Trifolium* (*T. alexandrinum*, *T. resupinatum* y *T. vesiculosum*)



se han utilizado, mayoritariamente, en mezclas para verdeos de invierno o, en menor medida, en puentes verdes. La excepción es el *T. vesiculosum* INIA Sagit, el cual, aunque en menor escala, tuvo un uso destinado a mejoramiento de campo natural, por su adaptación a suelos ligeramente ácidos y buena resiembra natural. Por otro lado, las especies del género *Lotus* han sido las principales en desarrollar los mejoramientos de campo natural.

La tecnología de mejoramientos de campo, definida como la siembra en cobertura de una o más especies (generalmente leguminosas) en el campo natural, ha significado una gran oportunidad para incrementar la productividad y el valor nutricional del forraje ofrecido en sistemas de ganadería extensiva. El *Lotus subbiflorus* El Rincón, desarrollado por el Ing. Agr. Rafael Gallinal, ha sido la leguminosa más utilizada con este fin y demostró su potencial para dinamizar enormemente los sistemas pastoriles. Con el objetivo de ampliar las opciones de especies y variedades forrajeras disponibles para estos mejoramientos, con especial énfasis en generar nuevas opciones de mayor adaptación a las áreas ganaderas, es que, desde 1998, se comenzó, por parte de INIA, un proyecto de mejoramiento genético de forrajeras en INIA Tacuarembó, donde uno de los productos generados ha sido el *Lotus angustissimus* INIA Basalto.

El *Lotus angustissimus* es una especie anual, de muy buena producción invierno-primaveral, con excelente adaptación a suelos profundos, medios y superficiales de las regiones de Basalto, Cristalino, Lomadas y Sierras del Este, así como también a suelos livianos de la región de Areniscas. Germina temprano en otoño (marzo-abril) y vegeta hasta diciembre, culminando su ciclo productivo luego de florecer. La floración se concentra a fines de octubre y primera quincena de noviembre. El mejoramiento genético se focalizó en seleccionar plantas por producción de forraje, buena sanidad (tolerancia a roya de hoja), ciclo corto y con adecuada producción de semilla. El resultado de este proceso generó el cultivar denominado comercialmente INIA Basalto.

En validaciones del *Lotus* INIA Basalto, con bovinos en predios comerciales, en el marco de la Red Participativa de Evaluación de Forrajeras INIA, se obtuvieron muy buenos resultados productivos (Cuadro 2). Siendo así, este cultivar constituye una excelente oportunidad para elevar la productividad forrajera y el desempeño de animales manejados en campo natural.

### ***Leguminosas perennes***

En la ganadería, las leguminosas perennes juegan un rol importante por aumentar la cantidad y calidad de la dieta, por su capacidad de fijar biológicamente nitrógeno, que es aprovechado por las gramíneas acompañantes, y por brindar estabilidad productiva. Para la ganadería, la intensificación demanda mayores producciones y también estabilidad, especialmente en los últimos años de vida de la pradera. Por lo tanto, el foco en el mejoramiento genético de leguminosas forrajeras ha estado en la persistencia y en la productividad. Estos trabajos se han concentrado en tres especies que, por sus particularidades, aportan a pasturas cultivadas, como *Lotus corniculatus* o alfalfa, o a mejoramiento de campo, como *Lotus uliginosus* (ex *pedunculatus*).



**Cuadro 2.** Resultados productivos de terneros/as, pastoreando mejoramientos de campo con Lotus INIA Basalto de primer y de más años de evaluaciones, en establecimientos comerciales ubicados sobre suelos de profundidad media en el norte de Uruguay.

	Mejoramiento de Lotus INIA Basalto 1er año (sitios=5, total 340 ha)			Mejoramiento de Lotus INIA Basalto 2do y 3er año (sitios=4, total 245 ha)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
Carga promedio (kg PV/ha)	425	395	449	417	300	550
Días pastoreo	181	137	204	285	261	310
GMD promedio (kg/a/d)	0,75	0,53	1,00	0,58	0,45	0,75
Producción (kg PV/ha)	188	123	264	247	222	287

Prom. = promedio. Mín. = mínimo. Máx. = máximo.  
GMD = ganancia media diaria de peso.

### **Lotus corniculatus**

*Lotus corniculatus* es una especie de interesantes características productivas y ecológicas, de amplia difusión, principalmente del cultivar San Gabriel, que se adapta muy bien a suelos de diferentes texturas, pH y niveles de fertilidad, con menores requerimientos de fósforo en comparación con alfalfa o tréboles, que basa su persistencia en un fuerte sistema radicular y que hace el reclutamiento de nuevas plantas desde el banco de semillas del suelo. En esta especie, el objetivo fue mejorar la persistencia a través de una mayor tolerancia a enfermedades de raíz y corona. Esta mejor tolerancia al complejo de enfermedades radiculares provocó una mayor proporción de plantas productivas al tercer y cuarto año, tanto de los cultivares INIA Draco (liberado en 1999) como INIA Rigel (liberado en 2010 INIA) (INA, 2024b). En la actualidad, se continúa con el desarrollo de la denominada línea de “Lotus persistente”, donde se busca alta persistencia a través de nueva genética de amplias coronas, de alta ramificación y de presencia de rizomas cortos, a los efectos de potenciar el sistema radicular, además de mostrar mejor tolerancia al pastoreo intenso y/o frecuente.

### **Alfalfa (*Medicago sativa* L.)**

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa de mayor persistencia y producción disponible para sistemas intensivos (Rebuffo et al., 2000), aunque presenta restricciones en el establecimiento, desarrollo y persistencia provocados por las características de los suelos. La alfalfa Estanzuela Chaná, de latencia intermedia, es la más sembrada y ha demostrado gran adaptación a nuestro ambiente. Sin embargo, presenta una altísima variabilidad en hábitos, tipos productivos y persistencia. Trabajando sobre el cultivar Estanzuela Chaná, Crioula y otra genética adaptada, se seleccionaron tipos productivos con menor latencia, de alta productividad de forraje y semilla y mayor persistencia, dando origen al recientemente liberado cultivar INIA Charrúa. Este cultivar supone un avance importante sobre Estanzuela Chaná, con aumentos de productividad de 13, 7 y 7% para los años 2, 3 y 4, respectivamente.





### ***Lotus uliginosus***

*Lotus uliginosus* (sinónimo *Lotus pedunculatus* Cav) es una leguminosa perenne de crecimiento primavera-estivo-otoñal, adaptada a suelos ácidos, de pobre drenaje y con baja disponibilidad de fósforo. Presenta muy buena producción de forraje en diversos suelos de uso ganadero (regiones Este, Centro-sur y Basalto de Uruguay), combinando el rendimiento de forraje con alto valor nutritivo y alta persistencia. Estos Lotus presentan diversos hábitos de crecimiento, desde semiprostrado a semierecto, variable según el cultivar. Son capaces de desarrollar un amplio sistema radicular compuesto por raíces principales, raíces fibrosas, estolones y rizomas. Esto le permite tener una gran capacidad colonizadora, persistencia vegetativa y capacidad de integrarse a las comunidades de campo natural. Por lo tanto, estos Lotus son una gran contribución para la mejora productiva en sistemas ganaderos extensivos, donde los mejoramientos de campo juegan un rol clave.

Los primeros registros de evaluaciones de esta especie se encuentran entre 1960-70, en jardines de introducción en Estanzuela y Treinta y Tres, descartándose por su baja producción. En los años 80 se retoma su evaluación, incorporando el rizobio específico apropiado y demostrando su adaptación (Risso y Albicette, 2000). El cultivar Grasslands Maku, introducido por INIA, fue el primer material utilizado de esta especie, el cual rápidamente mostró su excelente potencial forrajero, aunque dificultades en la producción de semilla enlentecieron su desarrollo. Por lo tanto, los objetivos del mejoramiento genético estuvieron focalizados en mejorar la producción de semilla sin perder los atributos forrajeros.

Los cultivares de *Lotus uliginosus* se clasifican según su ploidía en diploides o tetraploides. Los cultivares de tipo diploide tienden a ser de hábito más erecto, presentar menor densidad de rizomas, mayor floración y producción de semilla. El cultivar INIA E-Tanin es una selección sobre materiales de tipo diploide que destacan por su producción de semilla, conservando una amplia red de rizomas y logrando buenos balances de gramíneas/leguminosas. Su abundante floración y mayor producción de semilla hace que su persistencia no sólo dependa de su sistema radicular, sino que también en la resiembra natural que, ocasionalmente, pueda ocurrir desde el banco de semillas del suelo. Los de tipo tetraploides tienden a ser de hábito semiprostrado, presentar mayor densidad de estolones y rizomas, gran capacidad colonizadora, menor floración y producción de semilla. El cultivar INIA Gemma es una reselección sobre Grasslands Maku, buscando incrementar la producción de semilla y conservar los atributos forrajeros.

Estos cultivares tiene el potencial de intensificar la producción en zonas de campos bajos anegables y otros de características similares, dinamizando los procesos de cría y recria en establecimientos ganaderos. Por otro lado, es importante destacar la presencia de taninos condensados en su tejido, los cuales mejoran la eficiencia en el uso de proteínas, disminuyen el riesgo de meteorismo, contribuyen en el control de parásitos gastrointestinales y permiten una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Alecrim et al., 2024).



### **Compuestas**

La achicoria (*Cichorium intybus* L.) es una especie de alto potencial forrajero y utilizada, principalmente, en praderas de rotación corta sembrada en mezclas junto a cebadilla y trébol rojo. El INIA Lacerta fue el primer cultivar desarrollado de esta especie en Uruguay y es actualmente una de las más comercializadas en el mercado. Profundizando el desarrollo de esta especie, el mejoramiento genético buscó seleccionar plantas por ciclo reproductivo tardío, de mejor relación hoja/tallo, de menor densidad de vástagos florales, de mejor sobrevivencia de plantas y hábito semi-erecto, buscando mejorar la productividad y el valor nutritivo del forraje ofrecido.

El INIA Nova (LE 308) es un nuevo cultivar de achicoria seleccionado a partir del INIA Lacerta. Comparadas con INIA Lacerta, las hojas de INIA Nova son más largas y ligeramente más anchas, con mayor cobertura de suelo, relacionado a su profusa producción de hojas. Cuando florecidas, los vástagos florales presentan menor grado de ramificación que los de INIA Lacerta, favoreciendo una mejor relación hoja/tallo. El INIA Nova presenta un aumento consistente en productividad con respecto al INIA Lacerta cuando se compara la producción del primer año, segundo año o el total producido durante toda la vida útil de la pastura. Las mayores diferencias en productividad se observan en el segundo año, lo que, en parte, es debido a la mejora en sobrevivencia de INIA Nova durante el primer verano. Del mismo modo, en el corte de persistencia (corte que se realiza al cierre del segundo verano), INIA Nova presentó una productividad 19% superior a INIA Lacerta (INASE, 2021).

A diferencia de otras achicorias que se comercializan con baja inducción floral, INIA Nova, además de las muy altas tasas de crecimiento primavera-estival, presenta las más elevadas tasas de crecimiento invernal. Este cultivar es una achicoria de floración más tardía, con menor presencia inicial de vástagos florales de forma que facilita el manejo y su utilización durante los meses de primavera y verano. Las achicorias se recomiendan para su uso en rotaciones cortas en sistemas ganaderos de alta producción. Realiza un aporte de calidad durante todo el año, adaptándose a distintos tipos de suelos.

### **Gramíneas nativas**

Nuestro campo natural es dominado, principalmente, por especies de gramíneas y conserva un rico acervo genético de alto potencial forrajero. Superando algunas limitantes como la producción de semilla, la dormición de estas y, en algunas ocasiones, el lento vigor inicial, algunas de estas especies podrían hacer grandes aportes a nuestros sistemas pastoriles y/o en la recuperación de área de campo degradadas o de áreas que salen de la agricultura, entre otras. A continuación, se presentan los trabajos realizados en estos últimos años en dos especies de alto potencial, *Paspalum notatum* y *Bromus auleticus*.

### ***Paspalum notatum***

El pasto horqueta (*P. notatum*) es una gramínea perenne estival, rizomatosa y una de las principales gramíneas presentes en las pasturas naturales de Uruguay, con potencial para ser cultivada como pastura





permanente de alto potencial productivo o como componente estival de praderas cultivadas. A su vez, tiene un gran potencial como especie recuperadora de campos naturales degradados o campos que salen de un sistema agrícola y buscan retornar a un sistema ganadero.

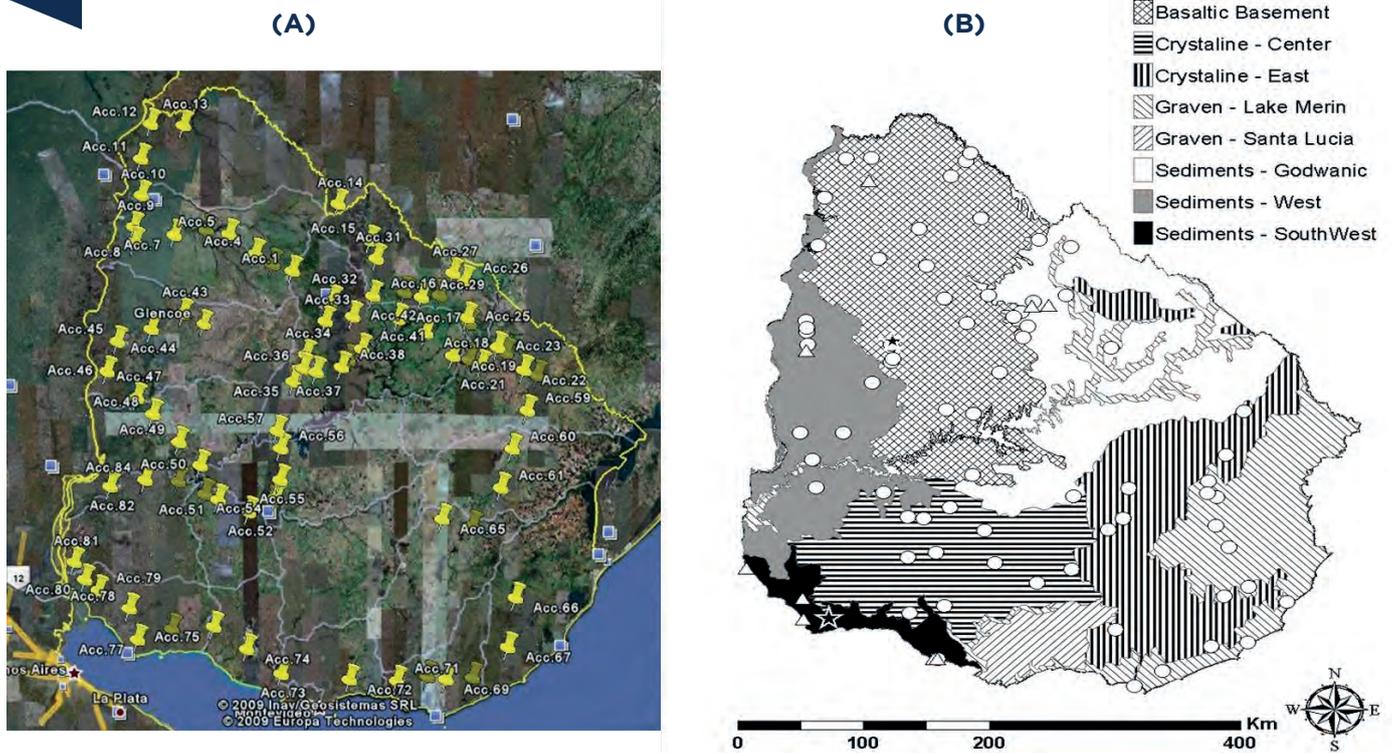
Como producto de la colección de germoplasma (Figura 2A), evaluación, selección, caracterización (Reyno et al., 2012) e incremento (2006-2017), es que, en 2018, se libera como producto de este proceso el clon denominado INIA Sepé. El INIA Sepé pertenece a la variedad botánica *latiflorum* de *Paspalum notatum*, es tetraploide y apomítica, con gran capacidad colonizadora a través de una amplia red de rizomas estoloniformes. El ciclo de producción comienza en la primavera tardía, desarrollándose a través del verano y otoño, finalizando ante la presencia de heladas severas, donde las plantas pierden el forraje verde, rebrotando desde sus rizomas en la primavera siguiente. Por lo tanto, su ciclo productivo es completamente complementario con festucas, dactylis u otras gramíneas perennes invernales. En esta especie, el manejo del pastoreo es el principal factor para el control de la productividad, calidad y persistencia, siendo sumamente plástica y adaptable a diversos manejos (Giorello, 2020).

En evaluaciones realizadas a nivel experimental y en predios comerciales, el ciclo de pastoreo varió de 120 a 150 días, la ganancia de peso individual promedio fue de 0,60-0,80 kg/a/d en novillos sobreaño durante la etapa de recría y de 0,40-0,80 kg/a/d en ovinos post-destete, con las cargas variando, durante el ciclo, de 500 hasta 2.000 kg PV/ha. Las productividades fueron de 100 a 200 kg PV/ha en situaciones sin agregado de fertilizantes, mientras que aumentaron a valores de 330 hasta 450 kg PV/ha en situaciones donde se ha incorporado urea en niveles moderados y adecuada disponibilidad de agua.

El cultivar INIA Sepé puede jugar un rol clave en varias situaciones productivas. Su alta flexibilidad y plasticidad le permite hacer parte de sistemas de alta producción de forraje, con o sin riego, puro o formando parte de mezclas junto a gramíneas o leguminosas invernales, incrementando la producción estivo-otoñal de las mismas y reduciendo el riesgo de enmalezamiento (gramilla).

### ***Bromus auleticus***

*Bromus* INIA Los Paraísos (*Bromus auleticus* Trinius ex Nees) es un cultivar perenne seleccionado a partir de un trabajo de colecta y caracterización de *Bromus auleticus* de Uruguay. El material fue seleccionado de un ecotipo de la región de Basalto, por ciclo corto, persistencia, reducido problema de arista en su semilla y hábito postrado. En el período 2008-2010, se colectaron 110 accesiones de *Bromus auleticus* en nuestro país (Figura 2B), cubriéndose los principales tipos de suelos y diferentes intensidades de pastoreo.



**Figura 2.** (A) Sitios de colecta (n=90) de *Paspalum notatum* en 2005-2006 y (B) sitios de colecta de *Bromus auleticus* y sitios de evaluación en INIA La Estanzuela e INIA Glencoe.

La evaluación y caracterización de esta colección realizada en los años siguientes permitió hacer la primera caracterización nacional del germoplasma de *Bromus auleticus*, identificando “ecotipos” según sus características y su zona agroecológica de origen (Condón et al., 2017). De estos trabajos surge el cultivar *Bromus auleticus* INIA Los Paraísos, destacado por su adaptación a diversos ambientes, facilidad de cosecha y procesamiento de semilla.

Las plantas de INIA Los Paraísos presentan hojas largas, finas, muy pilosas y color verde-grisáceo. Comparadas otros dos cultivares, INIA Tabobá o Potrillo, las hojas son más finas y ligeramente más largas. Una gran proporción de las plantas presentan diámetros muy grandes, relacionado a su profusa producción de hojas. Las plantas son mayoritariamente postradas, con una menor proporción de plantas con hábito semi-postrado.

En siembras en cobertura sobre campo natural, el cultivar INIA Los Paraísos mostró muy buenos aportes a la producción y cobertura evaluados en dos sitios de suelos contrastantes en la región este (Lomadas y Sierras del Este). Al otoño e invierno del cuarto año de haber sido introducido, *Bromus* INIA Los Paraísos mostraba coberturas del entorno del 30%. Este cultivar fue evaluado a nivel de ensayos en INIA y en predios comerciales participantes de la Red de Evaluación Participativa de Forrajeras INIA. El mismo ha sido utilizado como especie restauradora de tapices degradados y, más recientemente, en siembras en cobertura en sistemas silvopastoriles. También podría ser utilizado como componente en especies de forrajeras templadas e, incluso, en mezclas con otras especies nativas.



## **Desafíos futuros**

Nuestros sistemas pastoriles cada vez están bajo mayores presiones en cuanto a la eficiencia de su producción, el resultado de la productividad, la cosecha de forraje y su transformación en producto animal y la variabilidad climática caracterizada por eventos extremos. Por lo tanto, los nuevos cultivares de especies forrajeras deben ser cada vez ser más productivos, más eficientes en el uso de recursos, de alto valor nutritivo y con alta persistencia. Estos son los atributos que hacen los sistemas ganaderos sostenibles. Por este motivo, con el mejoramiento genético se busca contribuir en: a) reducir las emisiones del sistema a través de la mejora en productividad y calidad, acelerando los procesos productivos; b) aumentar la utilización de la proteína de la dieta, excretar menos nitrógeno (reducciones de óxido nitroso), reducir las emisiones de metano y disminuir los problemas asociados a los parásitos gastrointestinales a través de la presencia de compuestos secundarios, como lo son los taninos condensados en Lotus, que permiten, además, disminuir el riesgo de meteorismo; y c) desarrollar cultivares de especies nativas para procesos de restauración de campo natural. El mejoramiento forrajero nacional de INIA demostró su aporte en estos últimos 20 años, y todo indica que las estrategias definidas y las alianzas establecidas han instaurado el camino que consolide el aporte de los próximos 20 años.

Para esta nueva etapa, algunas de las estrategias incluyen la exploración de nuevo germoplasma y de nuevos métodos de mejoramiento, incorporando herramientas biotecnológicas, hibridando especies, caracterizando compuestos secundarios y sus efectos y revalorizando nuestros recursos genéticos forrajeros nativos. La investigación básica, a través de biotecnologías, se ha ido integrando en nuestros objetivos realizando aportes en la determinación del sistema reproductivo (Real et al., 2007), en la caracterización de la diversidad genética (Dalla-Rizza et al., 2007) y de híbridos interespecíficos (Castillo et al., 2012) y, más recientemente, con aportes en la identificación de fuentes genuinas de resistencia al ergot en especies de Paspalum (Reyno et al., 2023), insumos para la edición génica (Narancio et al., 2024) y de la respuesta al ergot en especies del género Paspalum en nuestras condiciones (Oberti et al., *in press*). Estas herramientas biotecnológicas nos brindan opciones muy interesantes para la obtención de nuevos cultivares forrajeros.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Mónica Rebuffo y Jaime García, dos reconocidos mejoradores de forrajeras de INIA La Estanzuela, por su significativo aporte a estos logros presentados aquí, a Daniel Real, mejorador en INIA Tacuarembó, a Francisco Formoso y a Raúl Bermúdez, investigadores en manejo agronómico y a Diego Risso en su rol de director del Programa de Pasturas y Forrajes. Al personal de apoyo del Área de Pasturas y Forraje de INIA, Técnicos Sectoriales de la UCTT de INIA y a los técnicos y productores de la Red Participativa de Genética Forrajera de INIA. El mejoramiento genético es un continuo proceso de agregado de valor, y sin sus aportes nada de lo logrado hubiera sido posible.



## OptiFert-P: niveles críticos y equivalente de fertilizante de fósforo en suelo para *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*

Robin Cuadro<sup>1</sup>, Andres Quincke<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INIA Tacuarembó; <sup>2</sup>INIA La Estanzuela.

La competitividad de la producción de carne de Uruguay se basa en gran medida en la rentabilidad del sistema pastoril. Con frecuencia se entiende necesario complementar la productividad de las gramíneas con especies leguminosas forrajeras para aumentar la producción de forraje, tanto en cantidad como en calidad, y así lograr intensificar la producción pecuaria (Milot et al., 1987). Sin embargo, los suelos de nuestro país son naturalmente deficientes en su capacidad de suministro de fósforo (P) (Morón, 2008; Barbazán et al., 2007).

Las buenas prácticas de fertilización en Uruguay se rigen ampliamente por el criterio de “suficiencia”. Esto implica valorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de un análisis de laboratorio, y definir una dosis que permita alcanzar una disponibilidad total suficiente para la pastura. Una primera síntesis de la información generada sobre fertilización de pasturas en el país fue la “Guía de Fertilización de Pasturas” (Castro et al., 1981). La experimentación en el tema continuó una larga trayectoria (Morón, 2007; Bordoli, 1998), la cual llevó a concluir sobre la necesidad de disponer de una versión actualizada de la guía de recomendaciones para el adecuado manejo de la fertilización fosfatada de pasturas a nivel del país.

OptiFert-P es un sistema de soporte para la recomendación de fertilización fosfatada de pasturas, que contempla la variabilidad de suelos que caracteriza a nuestro país, así como también otras particularidades agronómicas relevantes. Las principales características del OptiFert-P son:

- ✓ Fácil acceso: el acceso al sistema es a través de internet, y es fácil, amigable y gratuito (“sistema on-line”);
- ✓ Suelo-específico: las respuestas del sistema contemplan particularidades agronómicas relevantes, como el tipo de suelo según grupo CONEAT (MGAP, 1994), la fertilidad actual (el resultado del análisis de suelo), historia de fertilización y tipo de pastura;
- ✓ Bases científicas: las respuestas del sistema están basadas en resultados de la investigación y experimentación científica;
- ✓ Actualización continua: la base de información puede y debe ser actualizable y mejorable, conforme se producen nuevos resultados relevantes y pertinentes.

# OPTIFERT-P



**Figura 1.** OptiFert-P es una herramienta accesible, específica y robusta desarrollada por el equipo de Pasturas y Forrajes de INIA y disponible vía web. Permite definir la dosis de fertilización fosfatada para las pasturas sembradas. <https://pasturas.inia.org.uy/fertilidad/gui/>

### **Base experimental**

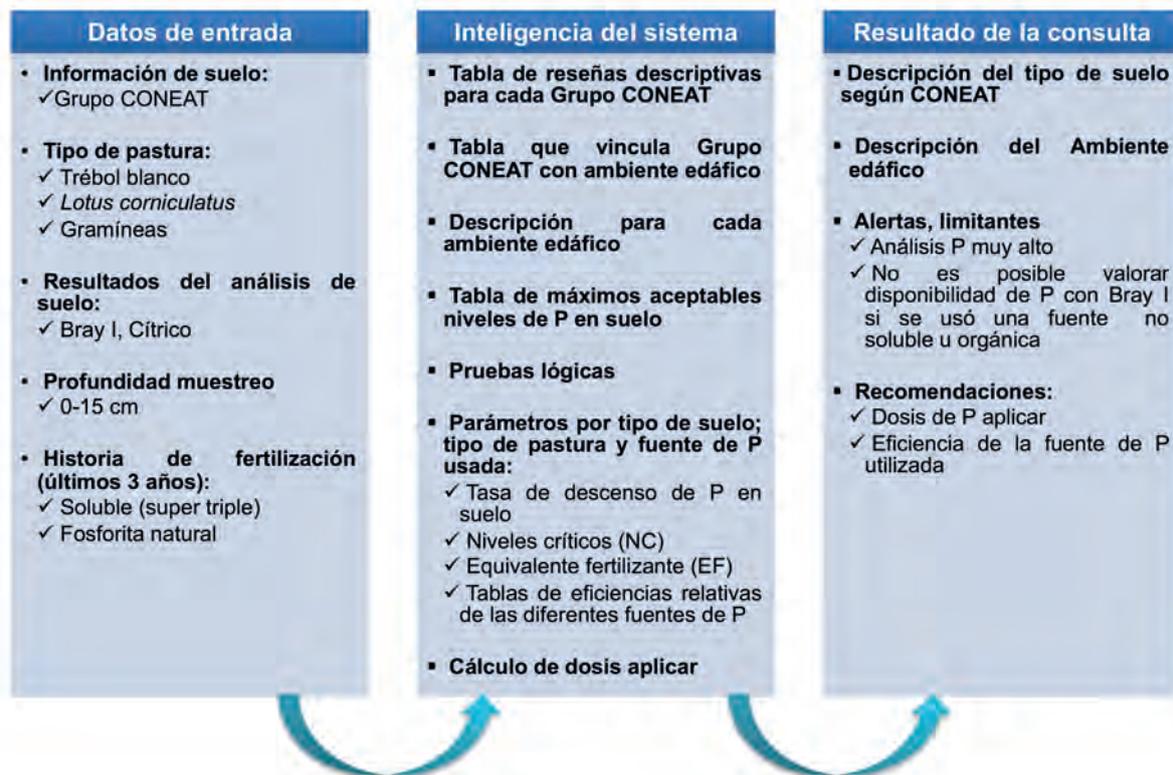
Entre los años 2008 y 2012 se llevó a cabo una red de experimentos de fertilización fosfatada de pasturas, ubicados sobre diversos suelos de las principales zonas pecuarias del país, los cuáles fueron instalados y manejados con un protocolo común de evaluaciones.

Se evaluaron dos tipos de fertilizantes (fuente soluble y roca fosfórica) sobre dos especies (*Trifolium repens* (trébol blanco) y *Lotus corniculatus*) y tres métodos de extracción de P (Bray-1, resinas catiónicas y ácido cítrico) como indicadores de disponibilidad de P en suelo. Los principales resultados de interés fueron obtener los niveles críticos y el equivalente fertilizante (EF) para los métodos de análisis de P extractable según tipo de suelo y fuente de P.

A partir de la información experimental de los 14 sitios estudiados, se generaron ecuaciones de pedotransferencia para estimar los niveles críticos y el equivalente fertilizante de otras unidades de mapeo del sistema CONEAT. Dichas ecuaciones se basan en propiedades fisicoquímicas del suelo como variables regresoras o explicativas, llegando de esa manera a comprender, aproximadamente, el 65% del territorio nacional. Fueron calculados todos los modelos posibles, seleccionándose aquellos que contenían el menor número de variables, mayor  $R^2$  ajustado y menor cuadrado medio del error.

### **Bases del sistema OptiFert-P para orientar recomendaciones de fertilización fosfatada de pasturas**

El funcionamiento general del sistema está resumido en la Figura 2. El usuario deberá ingresar información del grupo CONEAT, nivel actual de P en el suelo (especificando el método de análisis y profundidad de muestreo) y la pastura a fertilizar. También se requiere indicar tipo de fertilizante fosfatado empleado en la historia reciente (fuentes solubles o roca fosfórica), pues esto condiciona la interpretación de los análisis de suelos. La información de salida es una sugerencia de dosis (expresada en kg de  $P_2O_5$ /ha), una medida de la eficiencia de la fosforita natural (respecto a la fuente soluble), y una medida de la eficiencia de respuesta (expresada como los kg de materia seca producidos por cada kg de  $P_2O_5$  aplicado). Además, en caso de que corresponda, el sistema dará una advertencia de posibles excesos de P en el suelo.



**Figura 2.** Diagrama del funcionamiento general del sistema de soporte para la recomendación de fertilización fosfatada en pasturas.

## Resultados

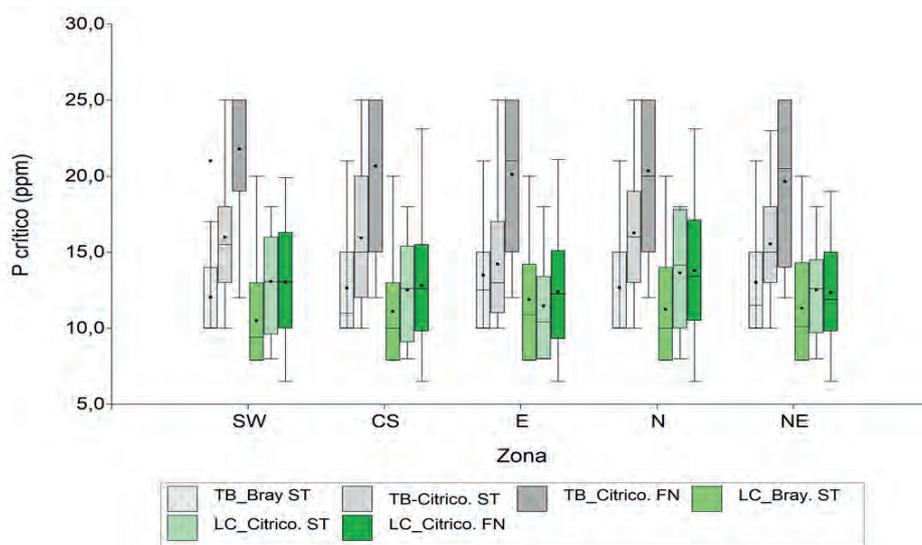
Como resultado de las estimaciones directas del nivel crítico de P en suelo y las realizadas través de las ecuaciones de pedotransferencia, se llegó a una estimación para el 65% de los suelos CONEAT (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Cantidad de grupos CONEAT y área comprendidos por el sistema OptiFert-P: extrapolación con “funciones de pedotransferencia”.

	Cantidad de grupos CONEAT	Área (miles de ha)	% del área
Representados por la red experimental	20	5.096	30
Extrapolados en base a propiedades químicas	93	6.074	35
<i>Subtotal</i>	<i>113</i>	<i>11.170</i>	<i>65</i>
No incluidos*	75	6.074	35
<i>Total</i>	<i>188</i>	<i>17.244</i>	<i>100</i>

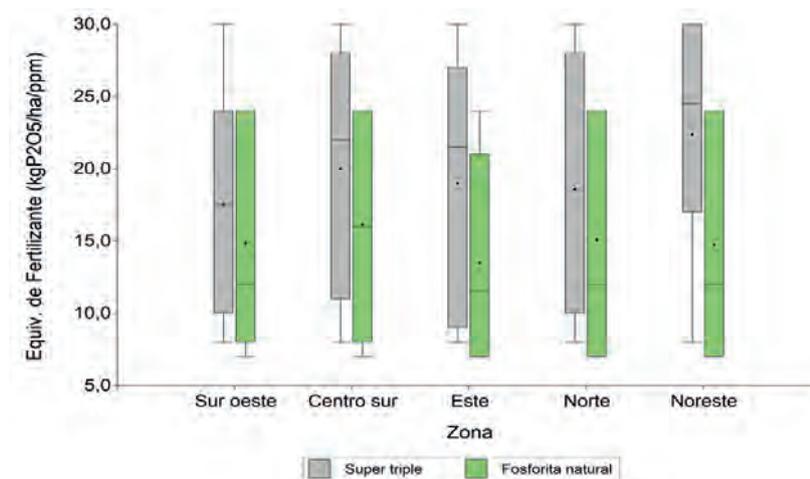
\*áreas de bañados, bajos inundables, suelos superficiales, arenosos.

A modo ilustrativo, mediante un gráfico de cajas, se presenta el promedio y el rango de variación de los valores de P crítico para trébol blanco y *Lotus corniculatus* (Figura 3) para las distintas zonas geográficas del país y según la historia de fertilización (fertilizantes solubles o fosforita) y el método de análisis de P extractable (P-Bray o P-cítrico). Similarmente, se presenta el promedio y el rango de variación del equivalente fertilizante (Figura 4) para las distintas zonas geográficas y según tipo de fertilizante. El rango de variación representado con las cajas es debido a la amplia variación de grupos CONEAT dentro de cada zona geográfica.



**Figura 3.** Nivel crítico de fósforo (P; ppm), por zona geográfica, para trébol blanco (TB) y *Lotus corniculatus* (LC), considerando los métodos analíticos ácido cítrico (Cítrico) y Bray I (Bray), para super triple (ST) y fosforita natural (FN).

\* Zonas geográficas de Uruguay. Sur oeste: Colonia, Río Negro, Soriano; Centro sur: Flores, Florida, Durazno, San José, Canelones, Montevideo; Este: Treinta y Tres, Rocha, Lavalleja, Maldonado; Norte: Artigas, Salto, Paysandú; Noreste: Tacuarembó, Rivera, Cerro Largo.



**Figura 4.** Equivalente fertilizante, por zona geográfica, para super triple (ST) y fosforita natural (FN), para el método de P ácido cítrico.

\* Zonas geográficas de Uruguay. Sur oeste: Colonia, Río Negro, Soriano; Centro sur: Flores, Florida, Durazno, San José, Canelones, Montevideo; Este: Treinta y Tres, Rocha, Lavalleja, Maldonado; Norte: Artigas, Salto, Paysandú; Noreste: Tacuarembó, Rivera, Cerro Largo.



Los niveles críticos de P en suelo para, para trébol blanco (TB) y *Lotus corniculatus* (LC), presentaron una gran variabilidad dentro de cada zona. En general los niveles críticos para TB son más altos y con un rango mayor que los de LC. La generalización, a través del uso de un valor promedio por zona, llevaría a tener menor precisión en el ajuste de las fertilizaciones con relación a la demanda de la pastura, que se explican por la gran variabilidad de suelos. A su vez, la historia de fertilización con fosforita natural implica usar los niveles críticos de P para los resultados de análisis mediante el método ácido cítrico, debido a que es el método analítico que mejor determina los niveles de P extractable en suelo, cuando venimos usando fuentes poco solubles en las fertilizaciones. En cuanto a los valores de EF, la situación es similar a la descrita para los niveles críticos.

### **Consideraciones finales**

La variabilidad en los valores de P crítico y de equivalente fertilizante, dentro de cada una de las zonas evaluadas, es alta y mayor a la encontrada entre zonas. Esta realidad ratifica la importancia de ajustar las fertilizaciones fosfatadas para *Lotus corniculatus* y trébol blanco por tipo de suelo, lo que permite un manejo de la fertilidad más ajustada al potencial de producción de acuerdo con el ambiente donde se encuentren implantadas. El ajuste de la fertilización fosfatada en base a indicadores objetivos contribuye a mitigar los problemas de concentración excesiva de fósforo en el suelo, disminuyendo los riesgos de contaminación de aguas debido a dicho nutriente.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece, especialmente, a todo el equipo técnico y de apoyo de INIA que estuvo involucrado en la recolección y análisis de la información y al técnico en informática Peter Fernández, por la participación en el armado del sistema de soporte informático y diagramación de la página web para el funcionamiento del Optifert-P.





## Persistencia productiva de gramíneas forrajeras templadas en ambientes subtropicales

Fernando A. Lattanzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela.

En Uruguay las praderas perennes participan de manera dominante en el componente sembrado de sistemas pastoriles de producción animal. Sin embargo, praderas de gramíneas perennes no logran consistentemente persistencias productivas de varios años, y persisten menos de lo que su potencial biológico permitiría. En gramíneas perennes – p. ej. festuca alta (*Lolium arundinaceum*), dactylis (*Dactylis glomerata*), raigrás perenne (*L. perenne*) y falaris (*Phalaris sp.*) – el potencial biológico de persistir indefinidamente es dependiente de las estrategias de reproducción vegetativa, esencialmente el macollaje, aunque en algunos cultivares esto se complementa con la emisión de rizomas cortos.

Comparadas con pasturas ‘cortas’ de duración típica menor a dos años, pasturas ‘largas’ basadas en festuca o en dactylis pueden persistir varios años y así (i) proveer forraje de menor costo, (ii) otorgar mayor estabilidad a la oferta forrajera y (iii) mejorar más la salud del suelo. Por esto, las pasturas ‘largas’ son una herramienta efectiva para aumentar la sostenibilidad económica y ambiental de los sistemas pastoriles de producción animal. El menor costo del forraje producido se debe que las pasturas ‘largas’ diluyen en el tiempo los costos de implantación o, dicho de otra manera, requieren una menor área a implantar cada año. La mayor estabilidad se debe, primero, a que esta reducción del área a implantar anualmente aumenta el área efectivamente disponible para pastoreo entre marzo y junio. Segundo, a que las mejores condiciones de piso que ofrecen las pasturas ‘largas’ permiten continuar pastoreando con alta humedad de suelo, situación frecuente entre mayo y agosto. Y, finalmente, las pasturas ‘largas’ proveen una cobertura continua del suelo, reduciendo el riesgo de erosión; aportan raíces continuamente, contribuyendo a la formación de materia orgánica; y mantienen bajos los niveles de nitratos disminuyendo el riesgo de pérdida por lavado. Sin embargo, estos beneficios se expresarán solo si se asegura su persistencia productiva.

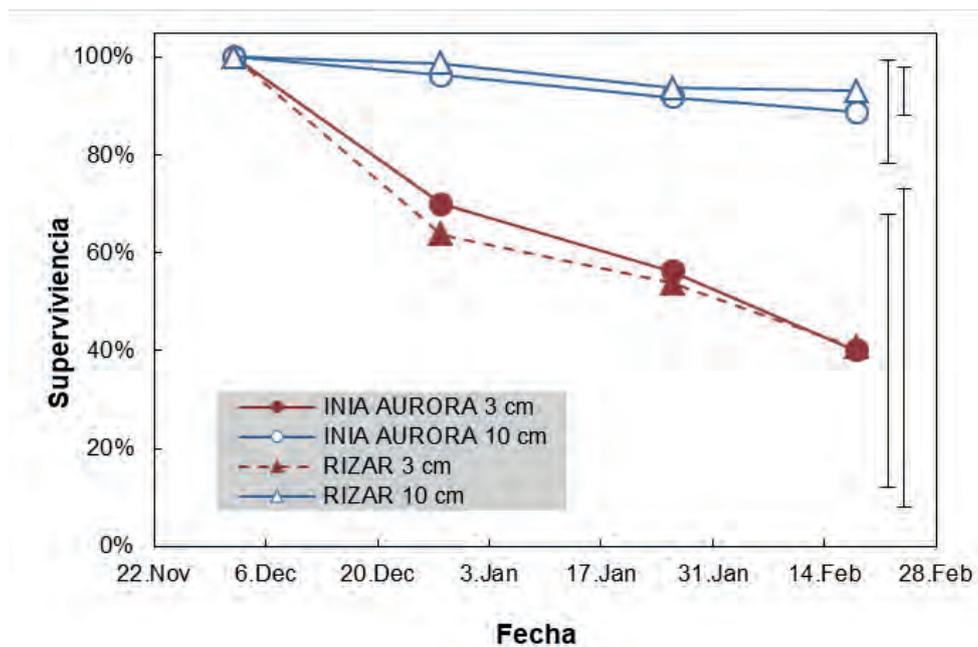
Problemas de baja persistencia de especies sembradas son comunes en muchos agroecosistemas pastoriles. La mayor parte de la investigación sobre persistencia se ha centrado en leguminosas, tanto en climas templados como tropicales. Menos comunes son estudios sobre persistencia de gramíneas en climas subtropicales. La mayoría de los análisis ha considerado el déficit hídrico estival como la principal limitante a la persistencia de gramíneas templadas (Lowe et al., 2009; Langworthy et al., 2019).



### Eco fisiología de la supervivencia estival de macollos

En una serie de trabajos locales liderados por Diego Michelini y José Jáuregui, identificamos la pérdida estival de macollos como el disparador del proceso de degradación y subsecuente pérdida de productividad de estas praderas, así como el rol crucial de la nutrición nitrogenada y el control de floración sobre dicha pérdida de macollos (Michelini, 2016; Jáuregui et al., 2017). Ya en la década de los 80 se había observado que la aparición estival de parches de suelo desnudo rápidamente colonizados por malezas estivales es el síntoma inicial de un proceso de degradación de praderas que deviene en una caída progresiva de su productividad y, eventualmente, en su reemplazo (García, 1979). Prevenir la muerte de macollos que origina esos parches de suelo desnudo es crítico para asegurar la persistencia productiva de praderas.

Luego, en el marco del trabajo de maestría de Fernanda Larratea, uno de los resultados más consistentemente observados en diferentes cultivares, localidades y años, indicó que defoliaciones muy intensas que eliminaban el 100% del área foliar (3 cm de altura remanente) inducían muy rápidamente una alta mortandad de macollos, cosa que no ocurría con defoliación menos intensas (Figura 1).

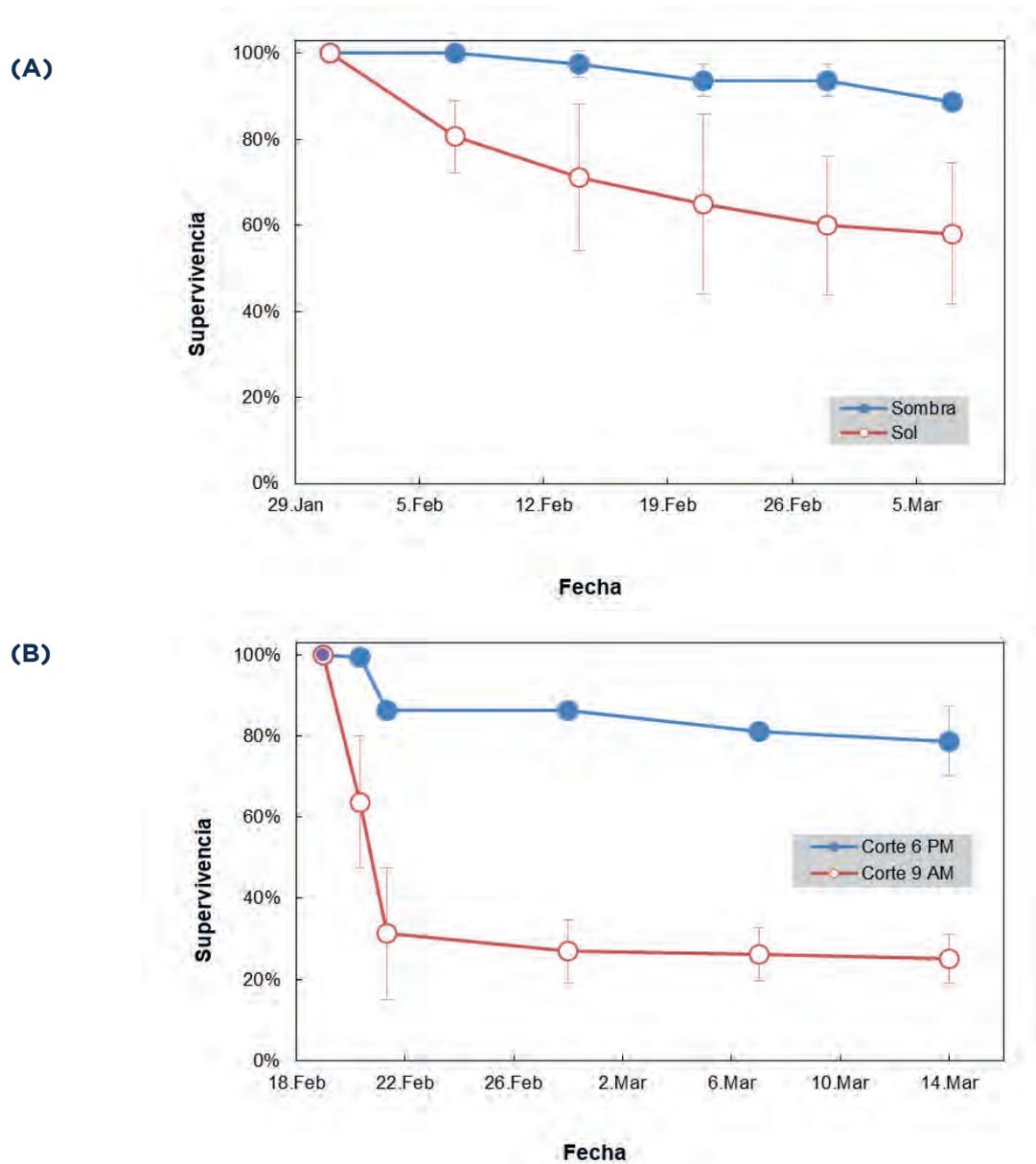


**Figura 1.** Evolución de la proporción de macollos vivos (supervivencia), en dos cultivares de festuca (INIA Aurora y Rizar), luego ser defoliados a 10 o 3 cm de altura de remanente. Barras indican intervalo de confianza del 95% de la media (n=4).

Fuente: Larratea (s/p, inédito)

Posteriormente, en experimentos realizados en sucesivas tesis de grado, confirmamos que, si los macollos no recibían una alta carga de radiación solar inmediatamente post-corte, por ejemplo, si eran sombrados (Figura 2A) o si eran defoliados al atardecer (Figura 2B), la mortandad post-corte se reducía. Estos resultados son consistentes con la idea que la mortandad estival de macollos es causada, principalmente,

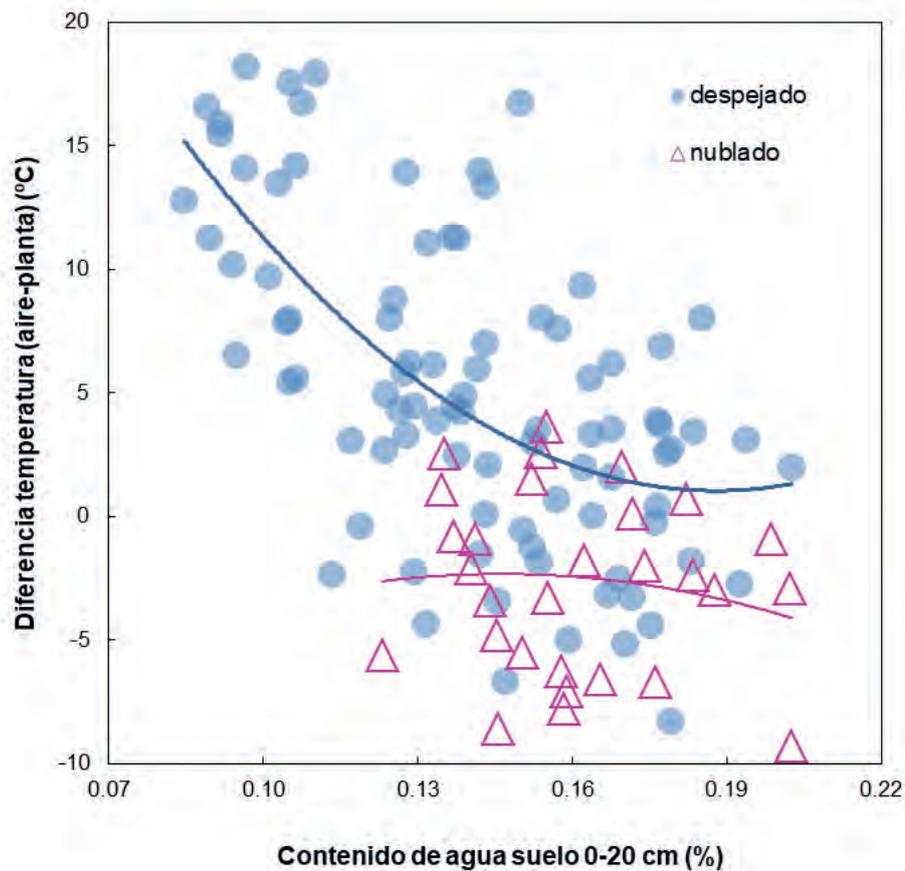
por estrés térmico inducido por la incapacidad de la planta de regular su temperatura mediante la transpiración luego de defoliaciones que remueven, virtualmente, toda el área foliar.



**Figura 2.** Evolución de la proporción de macollos vivos (supervivencia) de festuca luego de una defoliación intensa (3 cm altura de remanente) realizada (A) en plantas sombreadas o expuestas al sol o (B) a las 9 AM o a las 6 PM. Barras indican intervalo de confianza del 95% de la media (n=4).

Fuente: Daghero y Fripp (2021)

Más recientemente, comenzamos a analizar la posibilidad de efectos interactivos entre estrés térmico y estrés hídrico en plantas no defoliadas. Efectivamente, comprobamos que a medida que la planta tiene menos agua disponible y por ende se reduce su capacidad de transpirar, es menos capaz de regular su temperatura en condiciones de alta carga de radiación solar (Figura 3). En estas situaciones es esperable que se disparen altas tasas de mortandad. Experimentos actuales en el marco del doctorado de Federico Pintos explorarán esta hipótesis.



**Figura 3.** Relación entre el contenido de humedad del suelo y la diferencia en temperatura entre el aire y las hojas de macollos de festuca entre la 1 y las 3 PM en días con alta o baja nubosidad.

Fuente: Jáuregui et al. (2020)

### ***Manejo para asegurar la persistencia productiva***

En base a estos resultados, se proponen cuatro objetivos de manejo, asociados a momentos específicos en el año, esenciales para mantener la productividad, la persistencia y el valor nutritivo de pasturas basadas en gramíneas forrajeras perennes.

El primer objetivo es asegurar una buena disponibilidad de nitrógeno a la pastura hacia fines de invierno para lograr una producción temprana de forraje y macollos bien nutridos. Este período está caracterizado por condiciones climáticas de luz y temperatura que comienzan a mejorar, pero una disponibilidad de nitrógeno usualmente baja, ya que el suelo aún está frío y la mineralización de la materia orgánica es lenta. El uso de fertilizante nitrogenado permite remover esta restricción. Se sugiere fertilizar con nitrógeno 3 a 5 semanas antes de la fecha de floración para cultivares tempranos y tardíos, respectivamente. En pasturas con bajo o nula cobertura de leguminosas, se sugiere aplicar hasta 100 kg N/ha, en dos veces separadas por 30 días. Si la cobertura de leguminosas es mayor al 50%, se recomienda reducir la dosis a 40 kg N/ha.



El segundo objetivo es controlar la floración, es decir, minimizar la presencia de varas reproductivas, para asegurar que no se acumule material de baja calidad rechazado por el ganado, y así mantener pasturas cespitosas con mucha hoja. Para esto hay diferentes alternativas, todas complementarias. Se pueden hacer dos pastoreos frecuentes (cada 3 semanas) e intensos (remanente 5 cm) durante el mes previo a la fecha de floración; o pasar una rotativa post-pastoreo a 5 cm por única vez 10 días después de la fecha de floración; o hacer un corte para reservas 10 días después de la fecha de floración. Todos los potreros de un predio con pasturas 'largas' deben recibir, al menos, uno de estos manejos durante la primavera. Fallar en este punto implica convivir durante toda la primavera y el verano con una estructura de pastura dominada por restos muertos que el animal rechaza e impiden el crecimiento activo de la pastura. En pasturas de primer año este manejo no es tan necesario, ya que pocos macollos logran inducirse y florecer durante el año de implantación.

El tercer objetivo es reducir la mortandad estival de macollos de festuca y dactylis por las altas temperaturas, que pueden ser muy perjudiciales para su supervivencia. Como este es un período con baja o nula producción de macollos, una excesiva pérdida de macollos abre el tapiz y permite la aparición y expansión de malezas de verano. Esos espacios enmalezados son difíciles de recuperar. La forma más segura de reducir la mortandad de los macollos es dejar remanentes post-pastoreo de entre 9 y 12 cm de altura, especialmente si hay previsión de ola de calor o de lluvias escasas.

El cuarto objetivo es, una vez terminado el verano, promover el macollaje para reemplazar los macollos muertos. Tanto festuca como dactylis producen muchos macollos nuevos durante marzo y abril, siendo ésta la época indicada para reconstruir la densidad de macollos de la pastura. Un activo macollaje requiere luz y nitrógeno. Para lograr esto, se recomienda pasar una rotativa a 5 cm para eliminar los restos secos acumulados durante el verano, además de una fertilización con hasta 50 kg N/ha. Si la cobertura de leguminosas es mayor al 30%, se recomienda retrasar la aplicación de nitrógeno hasta fines de abril.

### ***¿Cuándo comienza y cuándo termina cada etapa estratégica?***

La fecha exacta en la que ocurre cada una de las etapas descritas dependerá del cultivar (variación en fecha de floración) y del sitio (variación en temperatura). Las etapas 1 y 2 están definidas por la fecha de floración. La variación en esta fecha entre cultivares es muy importante, por lo que es esencial ajustar esta fecha según el cultivar de festuca o dactylis sembrado. Como guía proponemos considerar que el "FIN DE INVIERNO" ocurre 3 semanas antes de la fecha de floración para cultivares tempranos, y 5 semanas antes de la fecha de floración para cultivares tardíos, y que el "PRINCIPIO DE PRIMAVERA" se corresponde con la fecha de floración. Las etapas 3 y 4 están definidas por la ocurrencia de altas temperaturas. En Uruguay hay un claro gradiente de temperatura en sentido sureste-noroeste. Por esto, proponemos considerar que el "COMIENZO DEL VERANO" ocurre el 20 de diciembre al sur del Río Negro, y el 20 de noviembre al norte del Río Negro, y que el "FIN DEL VERANO" ocurre el 20 de febrero al sur del Río Negro, y el 10 de marzo al norte del Río Negro. Por supuesto, estas fechas son sugeridas y deben funcionar como guía, no como reglas inamovibles.



### Consideraciones finales

Asegurar la persistencia productiva de pasturas basadas en festuca o dactylis requiere (1) asegurar una buena disponibilidad de nitrógeno desde fines de invierno, (2) controlar el desarrollo reproductivo al comienzo de la primavera, (3) cuidar la supervivencia de macollos durante el verano y (4) estimular la producción de nuevos macollos una vez que termina el verano (Figura 4).



**Figura 4.** Objetivos de manejo para asegurar la persistencia productiva de pasturas de festuca o dactylis, asociados a los cuatro momentos del año.

A continuación, se resume cómo implementar esos objetivos que, aplicados en forma metódica, consistente y repetidamente año a año, permitirán obtener pasturas de festuca o dactylis productivas y persistentes.



**Fin de invierno:** asegurar buena nutrición y producción temprana de forraje.

- ✓ Fertilizar con nitrógeno 3 (cultivares tempranos) a 5 semanas (cultivares tardíos) antes de la fecha de floración;
- ✓ Si no hay leguminosas, aplicar hasta 100 kg N/ha en dos veces (no menos de 35 kg N/ha);
- ✓ Si la cobertura de leguminosas es mayor al 50%, reducir la dosis a 50 kg N/ha.

**Principios de primavera:** controlar la floración para asegurar pasturas sin matas y con mucha hoja.

- ✓ Hacer dos pastoreos frecuentes (3 semanas) e intensos (remanente 5 cm) el mes previo a la fecha de floración, o
- ✓ Pasar la rotativa post-pastoreo una única vez 10 días después de la fecha de floración, o
- ✓ Hacer un corte para reservas 10 días después de la fecha de floración.

**Principios de verano:** reducir la mortandad de macollos para no dejar espacios vacíos y enmalezamiento.

- ✓ Dejar remanente post-pastoreo de entre 9 y 12 cm de altura, especialmente si hay previsión de ola de calor o lluvias escasas.

**Fin de verano:** promover el macollaje para reemplazar los macollos muertos durante el verano.

- ✓ Pasar rotativa a 5 cm para eliminar restos secos del verano y permitir que llegue luz a la base de los macollos;
- ✓ Fertilizar con nitrógeno (hasta 50 kg N/ha) para estimular la producción de nuevos macollos;
- ✓ Si la cobertura de leguminosas es mayor 30%, retrasar hasta fin de abril la fertilización con nitrógeno.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de grado y posgrado - José Jáuregui, Diego Michelini, Fernanda Larratea, Brian Daghero, Santiago Fripp, Santiago Berger, Pablo García Henon, Ignacio Maglione. A los técnicos del Área de Pasturas y Forrajes (INIA), técnicos y personal de apoyo de la Unidad de Lechería (INIA), Técnicos Sectoriales UCTT (INIA), técnicos y productores integrantes de la Red de Evaluación Participativa de Genética Forrajera (INIA) y a Pablo Chilibroste (FAgro, UdelaR).







# 10 temas claves para avanzar en el manejo del campo natural en los sistemas ganaderos de Uruguay

Martín Jaurena<sup>1</sup>, Jean Savian<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INIA Tacuarembó; <sup>2</sup> INIA Treinta y Tres.

El campo natural (CN) es el patrimonio ecológico, nutricional y fuente de resiliencia para la ganadería uruguaya. La oferta de alimento y la capacidad para recuperarse luego de periodos climáticos adversos convierten al CN en un recurso forrajero estratégico para los productores de ganado. Además, su uso racional es un factor determinante en la economía de los sistemas ganaderos (mal llamados sistemas extensivos). Esta situación ha inducido a conocer el impacto de diferentes prácticas de manejo del pastoreo en la sostenibilidad de los sistemas de producción. Debido a ello, se puede afirmar que la economía de la ganadería se sustenta en la producción de los recursos genéticos nativos, siendo el CN el “cultivo” más extendido en Uruguay. En síntesis, su adecuado uso es clave para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos de nuestro país.

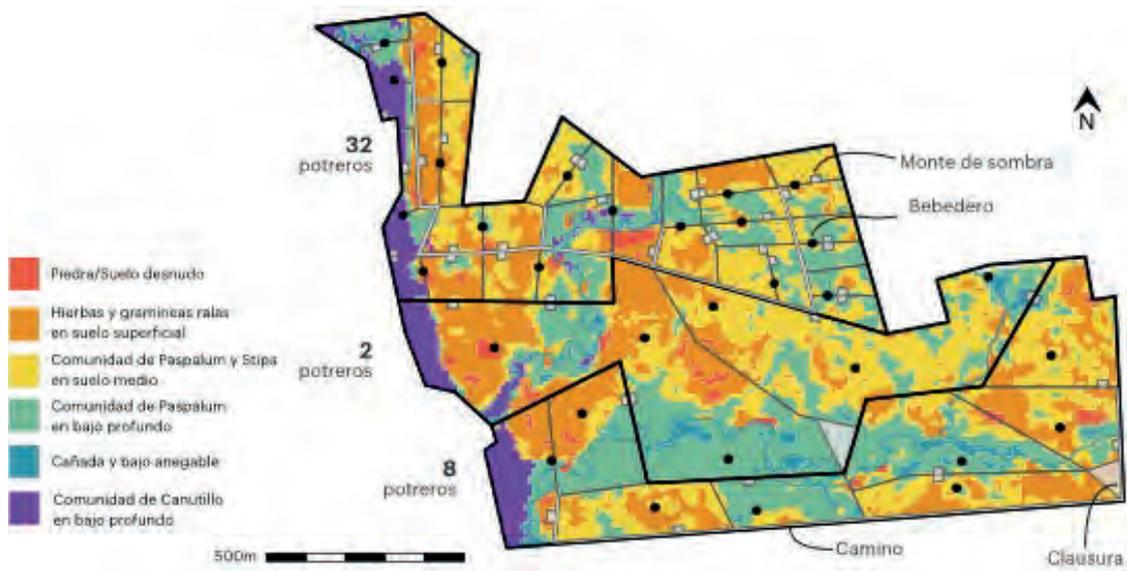
En los últimos años, se han generado avances en el conocimiento del manejo para la recría y engorde de bovinos en los sistemas basados en CN, lo cual es clave para mejorar la eficiencia productiva, así como para reducir los impactos ambientales. El manejo de CN para la recría y el engorde de bovinos debe estar orientado a optimizar la producción vegetal y, por otro lado, a mejorar la cosecha de forraje de calidad, garantizando así la nutrición adecuada de los animales. A continuación, se presentan 10 temas claves con recomendaciones para el manejo sostenible de bovinos durante las etapas de crecimiento y engorde en CN.

## **1 - Clasificación y subdivisión de potreros según comunidades del CN**

El primer paso de intensificación en un sistema ganadero basado en CN es el conocimiento de la integridad de sus componentes, los cuáles son tipos específicos de comunidades con una composición determinada de especies dominantes. El manejo de potreros que separan comunidades nos permite conocer mejor su productividad promedio anual, su estacionalidad y su resistencia a las sequías. Esta información es clave para implementar un sistema de manejo de potreros que permita una alta cosecha de forraje por los animales y, al mismo tiempo, tenga un muy buen valor nutricional. Para ello, es importante separar a las comunidades del CN y con ello hacer “ganadería de precisión”.

A nivel país, existen trabajos que describen las principales macro comunidades del CN (Lezama et al., 2019), sin embargo, a nivel predial es necesario un mayor nivel de detalles. En este sentido, se ha desarrollado una herramienta web que permite clasificar a las comunidades de CN, que está disponible en <https://ee-fontagrobiomasa.projects.earthengine.app/view/clasificacion> con el tutorial en <https://www.youtube.com/watch?v=bwTqAiWSUZO>.

El mapeo de comunidades de vegetación con esta herramienta (Figura 1 muestra un ejemplo de un experimento instalado en la Unidad Experimental “INIA Glencoe”) nos permitirá clasificar potreros, considerando su índice verde promedio y estacional. Este índice, al ser variable de acuerdo con la comunidad existente, nos permite direccionar cada categoría animal a una comunidad específica, considerando así el aporte nutricional del forraje y las necesidades nutricionales de los animales.

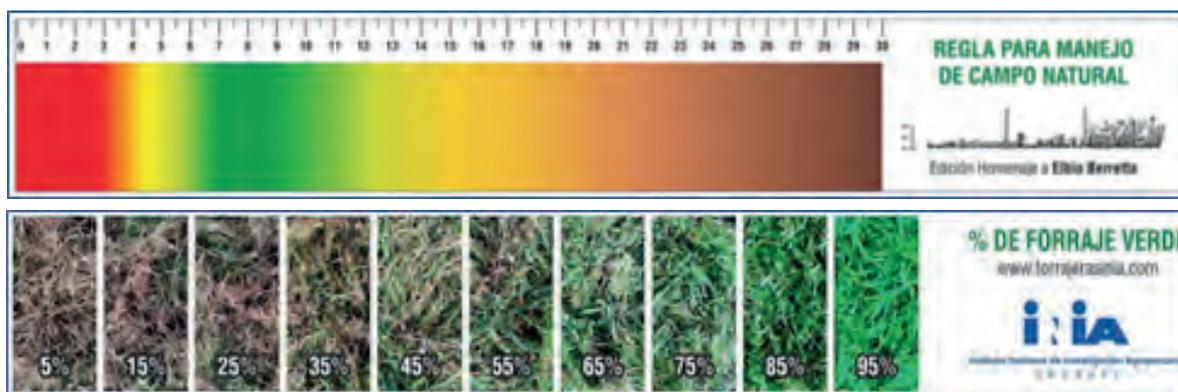


**Figura 1.** Mapa del experimento de largo plazo en la Unidad Experimental “INIA Glencoe”. Se describen las comunidades vegetales, así como caminos, montes de sombra y bebederos.

## 2- Monitoreo

El monitoreo del forraje ayuda a detectar posibles desfasajes entre oferta y demanda, en cantidad y calidad de alimento disponible, permitiendo tomar medidas rápidas en el manejo de los animales y de la pastura, así como optimizar la producción. Este monitoreo se tiene que realizar periódicamente, mediante recorridos y toma de datos y, en base a los resultados, reajustar el manejo. A partir de un monitoreo regular en el tiempo, dependiente de las decisiones de manejo a tomar, es posible evaluar su disponibilidad (sea con base en cortes de forraje, con el uso de una regla, plato o visual) y su valor nutricional (% de forraje verde visual, índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVi), tipo de heces, etc.).

En la Figura 2 presentamos una herramienta generada por INIA para el manejo del CN, la regla verde (Jaurena et al., 2018). La misma funciona como un semáforo, de manera a orientar las decisiones de manejo con respecto a la cantidad y al valor nutritivo del forraje de las comunidades de pasturas del CN, dominadas, principalmente, por pasto chato y pasto horqueta.

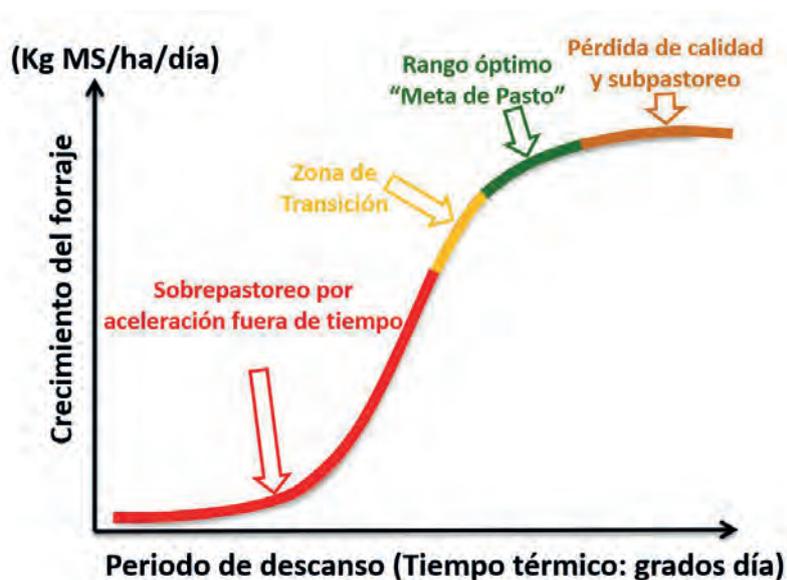


**Figura 2.** Regla verde para manejo del campo natural. Arriba se presenta el semáforo de disponibilidad de biomasa asociado a la altura del forraje y abajo, semáforo de valor nutricional del forraje asociado a la proporción de hojas verdes.

En síntesis, los resultados del monitoreo ayudan a los productores a tomar no solo las decisiones de manejo de pasturas y de uso de suplementos, sino también a atender posibles deficiencias nutricionales en el ganado y optimizar el uso de los ecosistemas naturales.

### 3- Sistema de pastoreo

El sistema de pastoreo se refiere al método con el cual se maneja el pastoreo de animales en los potreros de un predio o de un módulo. Son varios los sistemas, los cuales están diseñados para aprovechar de manera eficiente los recursos pastoriles disponibles. Es necesario aclarar que el hábito de pastoreo de un animal es un evento discreto, por lo tanto, "NO EXISTE EL PASTOREO CONTINUO", lo que sí ocurre es el pastoreo a carga animal continua o rotativa. Independientemente del método utilizado, luego de una defoliación hay una primera etapa en que la pastura crece lentamente, luego ocurre el máximo crecimiento y, finalmente, un periodo en el cual se desacelera por el incremento de la senescencia (Figura 3).



**Figura 3.** Evolución del crecimiento acumulado de una pastura, en función del tiempo térmico (tiempo expresado en grados acumulados por encima de niveles de temperatura base), luego del pastoreo.



El pastoreo con carga continua es un sistema en el cual los animales tienen acceso constante a la pastura durante todo el tiempo. Es muy simple y de muy bajo costo, pero puede resultar en el uso ineficiente del forraje, consecuencia del exceso de selectividad animal, implicando grandes áreas sobre y subpastoreadas, tanto en el tiempo como en el espacio. Por otro lado, en el pastoreo con carga animal rotativa los animales cambian periódicamente entre diferentes parcelas o potreros. Esta situación permite manejar el periodo de descanso de los potreros para que los mismos se recuperen post-defoliación, habiendo una acumulación de forraje en disponibilidad y calidad para el pastoreo siguiente.

El monitoreo del forraje es clave para identificar las parcelas que alcanzan las metas de pasto - “parcelas prontas para cosechar” - y también para identificar los momentos en el cual se alcanza el forraje remanente con la necesidad de cambio hacia otras parcelas (Figura 3). En este sentido, se puede utilizar el criterio del “50% del forraje disponible en un pastoreo” para no penalizar las ganancias individuales de los bovinos en recría y engorde, así como cuidar del forraje remanente y de las reservas de las plantas. Este criterio se basa en que cada animal utiliza, aproximadamente, el 50% de la altura del forraje disponible en cada bocado (Cangiano et al., 2002). Por lo tanto, si en un pastoreo utilizamos sólo la mitad de la altura del forraje, los animales estarían, teóricamente, dando un solo bocado en el estrato superior de la pastura, que es el que presenta el mayor valor nutricional.

En sistemas de pastoreo con carga rotativa, es fundamental encontrar un equilibrio en la cantidad de días de descanso al pastoreo para maximizar la producción, el valor nutricional y la cosecha de forraje. Este equilibrio suele estar determinado por diversos factores, como el tipo de comunidad de CN, las condiciones climáticas, la carga animal. Es importante considerar que la pastura es un ser vivo y que los períodos de descanso no deben ser fijos, sino que dependen, principalmente, de las respuestas de las especies a la temperatura en unidades de tiempo térmico. A nivel comercial, en el CN, debido a la alta diversidad de especies, siempre hay selectividad animal en las plantas consumidas, formando estratos de pastoreo. Igualmente, la regla de “utilizar la mitad del forraje y dejar la otra mitad en la planta como reserva” es una medida a considerar.

Cada sistema de pastoreo tiene sus ventajas y desventajas. La elección del método más adecuado dependerá, principalmente, de las posibilidades de inversión, de la capacitación en monitoreo y pastoreo, del tiempo destinado al monitoreo y a la toma de decisiones, del tipo de animales y de pasturas, de la disponibilidad de agua y de la capacidad de ajuste de la carga animal.

#### **4 - Ajuste de la carga animal**

La carga animal es el número de animales ajustado en unidades ganaderas que pastorearan en una superficie determinada. Su ajuste en los sistemas basados en CN es un proceso importante para equilibrar la cantidad de animales con la cantidad de pasto ofrecido. Es sustancial tener en cuenta que la producción de forraje es muy variable en el tiempo y espacio. Primero, porque los campos naturales son dominados



por gramíneas estivales que concentran su producción en primavera y verano. Segundo, porque el crecimiento de forraje es altamente variable y depende, principalmente, de las lluvias en primavera y verano. De esta manera, el ajuste de la oferta de forraje se tiene que realizar mediante ajustes de la carga de animales, garantizando a los animales suficiente alimento para su dieta y evitando el sobrepastoreo.

Para que el ajuste de la carga animal sea efectivo, hacer una planificación forrajera de mediano plazo y determinar cuántos animales pueden pastorear una determinada área es fundamental, para que dicho pastoreo sea sostenible en un año promedio, pero, sobre todo, en un año de sequía (carga segura). El estado de los animales, y al mismo tiempo el monitoreo de la disponibilidad de forraje y su valor nutricional, también son clave para alcanzar un ajuste efectivo de la carga.

En síntesis, el nivel de carga animal nos indica, por un lado, cuanto podemos optimizar la cosecha de forraje y, por otro lado, el nivel de riesgo ante una crisis por falta de forraje.

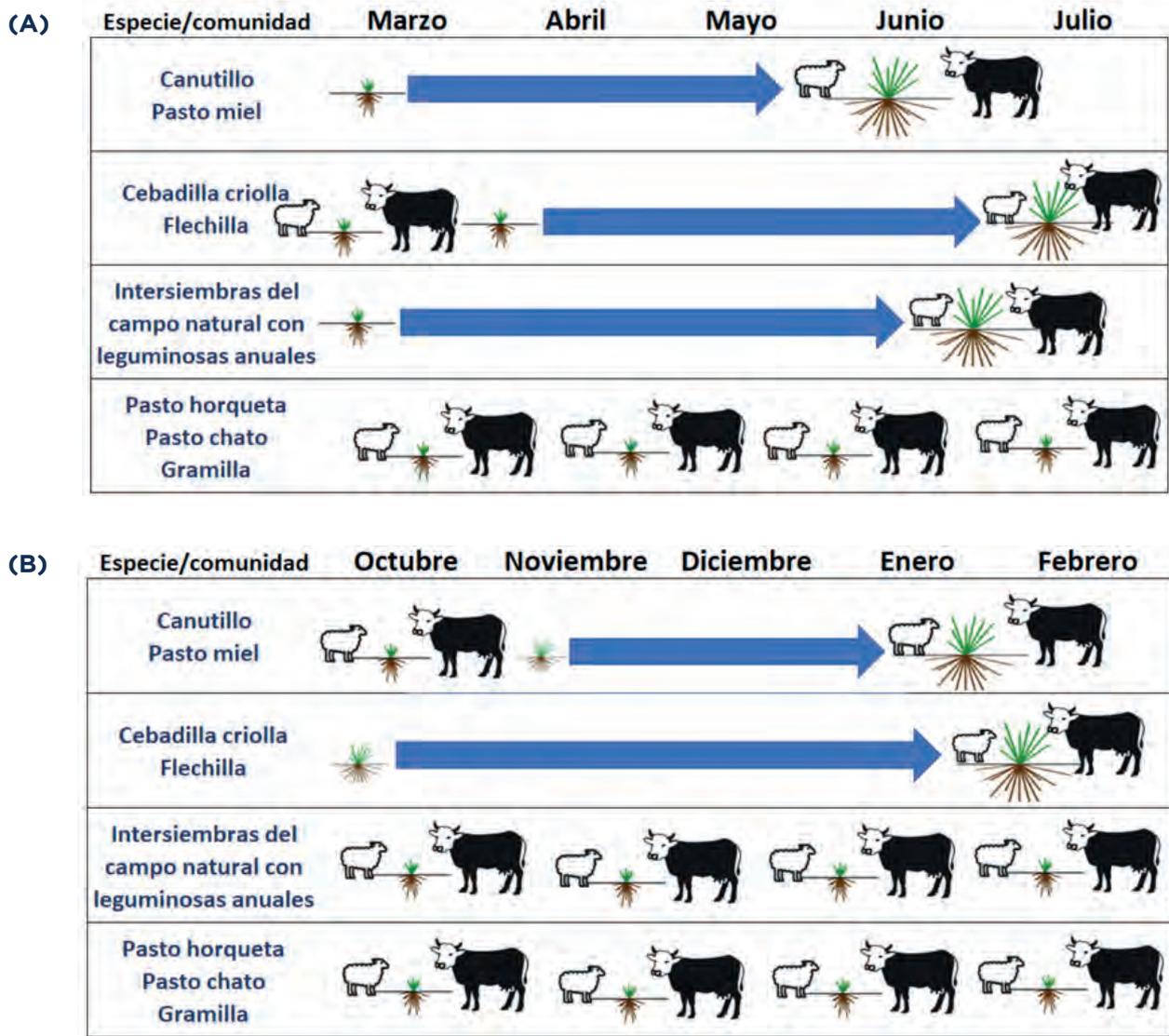
### **5 - Diferimiento de forraje**

El diferimiento de forraje consiste en dejar potreros sin ser pastoreados durante un periodo largo de tiempo, con tres objetivos principales, que son: i) ajustar la oferta de forraje en momentos de exceso de crecimiento para no perder valor nutricional en áreas de pastoreo, ii) acumular forraje para un periodo posterior de déficit y iii) permitir que las pasturas degradadas se recuperen. Este diferimiento puede realizarse de diferentes formas, pero siempre considerando el tipo de comunidad específica de CN para establecer el período máximo sin ser pastoreada durante otoño-invierno (Figura 4A) y primavera-verano (Figura 4B).

El pastoreo post-destete de terneros debe ser realizado sobre una pastura con alta disponibilidad de hojas verdes y a una carga animal moderada, para cumplir con las demandas de esta categoría. En destetes de otoño, esta situación se logra mediante un pastoreo previo de alta intensidad en verano para eliminar restos secos, tallos y hojas viejas, y luego un diferimiento planificado para que acumulen hojas verdes de alto valor nutricional. Dicho diferimiento (Figura 4A) se puede realizar primero en los potreros con más crecimiento del forraje en fin de verano, y luego en comunidades con mayor proporción de gramíneas invernales o intersembradas con Lotus anuales, de forma de lograr una escalera de pastoreo durante la etapa de recría.

En síntesis, el diferimiento es una técnica importante para mantener la productividad y la calidad de las pasturas. De esta forma, se asegura un suministro constante de alimento de calidad para el ganado y promueve la sostenibilidad mediante la recuperación de áreas degradadas.





**Figura 4.** Recomendaciones de periodos de diferimiento otoñal (A; flecha azul) y primaveral (B; flecha azul) en diferentes comunidades de campo natural.

### 6 - Fertilización de campos naturales

La fertilización del CN puede cumplir un rol fundamental en mejorar la disponibilidad de forraje para las categorías de recria y terminación, en los periodos de escaso crecimiento de la pastura y, al mismo tiempo, incrementar su valor nutricional. Para ello, se recomienda identificar potreros con alta presencia (>20%) de *Bromus auleticus* (cebadilla criolla) o *Stipa setigera* (flechilla común), especies que tienen muy buena respuesta a la fertilización nitrogenada otoñal y de fin de invierno y que presentan altos niveles de energía, proteína cruda y fósforo. Otra estrategia es tener módulos con campos naturales con alta dominancia (>30%) de especies estivales productivas, como *Andropogon lateralis* (canutillo) y/o *Paspalum dilatatum* (pasto miel), fertilizados con nitrógeno en primavera e inicio del verano. En la Figura 5 presentamos una regla específica con recomendaciones prácticas para el manejo intensivo de campos con canutillo (más detalles en el QR).

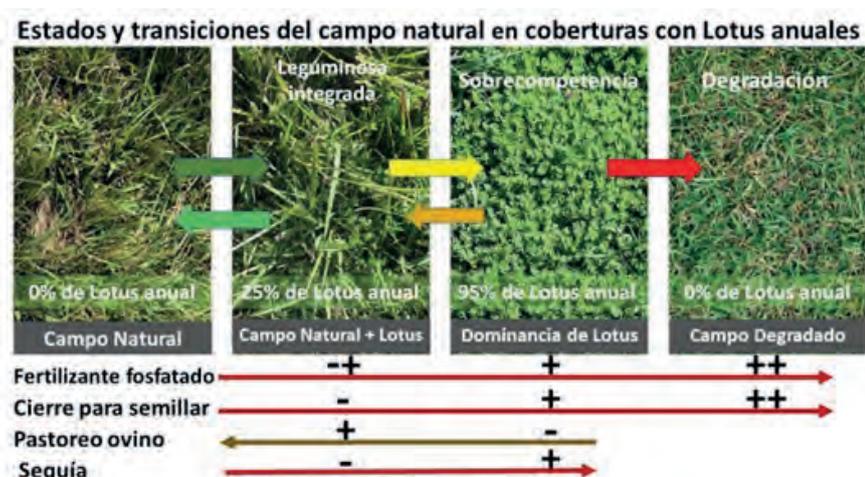


**Figura 5.** Recomendaciones de manejo para la intensificación productiva en comunidades de canutillo.

### 7 - Intersiembra de leguminosas anuales en campos naturales

La siembra en cobertura de leguminosas anuales (Lotus rincón y Lotus INIA Basalto) es una herramienta de manejo que permite mejorar a corto, mediano y largo plazo la productividad y el valor nutricional del forraje. Es clave que las leguminosas reciban su inoculación tradicional en el mismo día de la siembra con la cepa específica de Rizobios, la cual tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo a través de simbiosis, evitando el uso de fertilizantes nitrogenados y mejorando el valor nutricional del forraje. Para la implantación del mejoramiento con leguminosas anuales en forma previa es necesario utilizar un pastoreo intenso, así como el uso de fertilizantes fosfatados. Las siembras con drones se realizan en forma rápida y se accede a lugares difíciles de llegar con maquinaria tradicional, solucionando la logística.

Para lograr intersiembras sostenibles con Lotus anuales, con persistencias productivas de décadas, hay que tener precaución en no excederse en la refertilización fosfatada. Siendo así, no es conveniente dejar excluido en primavera para sembrar a la cobertura cuando se tiene más del 25% de área cubierta por Lotus anuales. Estas medidas de manejo se realizan para lograr alta persistencia de los Lotus anuales y el equilibrio de las especies sembradas con las gramíneas perennes, las cuales son el esqueleto del CN. A continuación, en la Figura 6, presentamos un esquema de estados y transiciones, que pueden funcionar como una guía de manejo de los campos naturales intersembrados con Lotus anuales (adaptado de Jaurena et al., 2016).

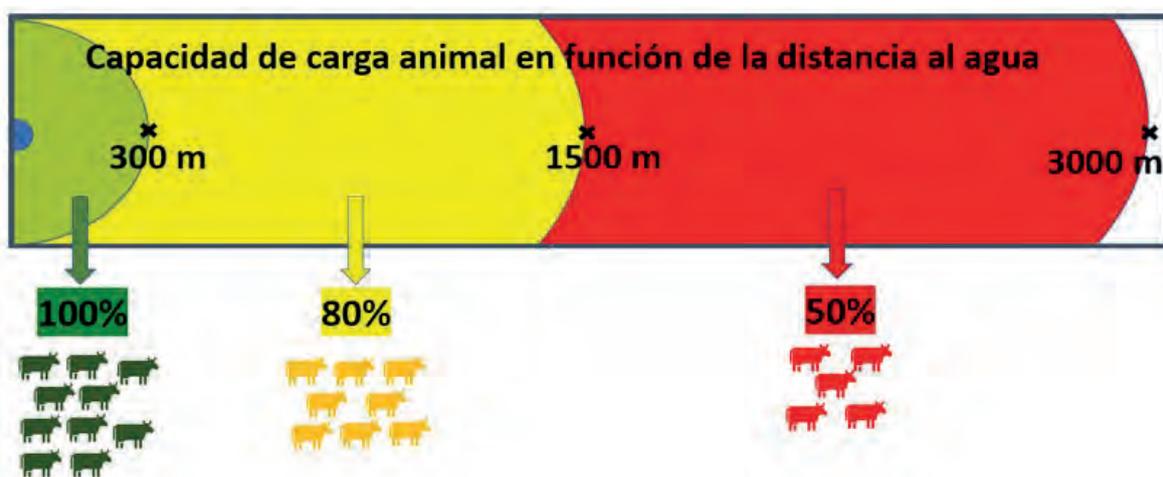


**Figura 6.** Esquema de estados y transiciones para coberturas de Lotus anuales (Lotus rincón y Lotus INIA Basalto) en campo natural.

Los símbolos + y - nos indican la intensidad de cada factor. En la medida que se aumenta el uso del fertilizante fosfatado, se realizan cierres para semillar y ocurren periodos de sequía, es generada una mayor degradación, mientras que el pastoreo ovino, controla la oblación de Lotus y puede transformarse en una herramienta válida al momento de prevenir degradación del CN.

## 8 - Manejo del agua y de la sombra

En la medida que se intensifica el manejo, se incrementan las subdivisiones, el uso de la fertilización y las intersempresas de leguminosas, es importante también asegurar a los animales un adecuado acceso al agua de calidad y a la sombra. La distancia al agua es clave para optimizar el pastoreo, una vez que, al hacer recorridos largos hacia la fuente de agua, el animal deja de pastorear y gasta energía. Actualmente, no tenemos un conocimiento detallado de cómo la distancia al agua limitaría la utilización y el consumo de la pastura por los bovinos. Sin embargo, algunos antecedentes internacionales reportan una utilización del 80% del forraje a partir de los 300 metros, y del 50% a partir de los 1.500 metros (Figura 7) respecto a la utilización del forraje cercana al bebedero (Holecheck, 1988; Stumpp et al., 2005).



**Figura 7.** Esquema del efecto de la distancia al agua en la capacidad de carga animal de una pastura. Adaptado de Holecheck (1988) y Stumpp et al. (2005).

Existen muchas situaciones de incremento del número de potreros y de mejoras de la calidad del agua con el uso de bebederos. Si esa situación es acompañada de monitoreo, lleva a mejoras en el uso del forraje, pero, por otro lado, se pasa a un déficit de sombra para los mismos. Usemos como ejemplo un potrero de 120 ha, que tenía un monte de sombra para todos los animales. Este potrero se divide en 40 parcelas con agua, pero sólo una de estas parcelas queda con sombra. Antes de subdividir este potrero e intensificar la recría, sería necesario considerar algunos aspectos, como las comunidades existentes en el CN, el monitoreo del forraje, el número y la ubicación de los bebederos y la implantación de sombra para los animales.

## 9 - Integración de herramientas para lograr sistemas sostenibles

El manejo de CN para la recría y engorde de bovinos en pastoreo requiere un enfoque integral que combine el manejo eficiente de las subdivisiones, el monitoreo del forraje y el manejo de los sistemas de pastoreo. Para optimizar el uso de este CN, precisamos combinar dichos manejos con el uso de módulos estratégicos de pasturas cultivadas, diferimientos de forraje, suplementación, distribución del agua y de la sombra (Figura 8). El uso de esa caja de herramientas nos permite utilizar, en forma eficiente, la base productiva del CN, mejorando sus limitaciones y aprovechando las sinergias a nivel del sistema productivo.



**Figura 8.** El uso de una caja de herramientas nos permite intensificar de forma sostenible la producción ganadera sobre campo natural.

Fuente: Jaurena et al. (2021)

En resumen, una combinación eficiente de dichas herramientas nos permite alcanzar las metas de optimización de la genética, nutrición, salud y del bienestar de los animales. Esto garantizará una producción sostenible y de calidad a lo largo del tiempo y en el espacio.

### 10 - Alianzas coinnovadoras

Establecer alianzas con grupos de productores, técnicos, investigadores y especialistas en manejo de pasturas permite el intercambio de conocimientos de base científica y experiencias que contribuyan a mejorar los sistemas de cría y engorde en CN. Más específicamente, la coinnovación en el ámbito ganadero implica aprender haciendo, identificando y resolviendo los desafíos y las oportunidades a nivel local/regional para incrementar la eficiencia y sostenibilidad. Esto puede implicar en la utilización de tecnologías validadas de monitoreo, en la adopción de sistemas de gestión del pastoreo, en el desarrollo de módulos intensivos, en la recuperación de áreas degradadas, con el fin de mejorar la productividad y la sostenibilidad. Con estas alianzas y con la participación de los diferentes actores del sector, es posible identificar problemas, desarrollar soluciones con base en la ciencia, así como aplicarlas y medirlas en la práctica, mejorando la rentabilidad y la sostenibilidad de la ganadería en Uruguay.

## Literatura citada

- ALECRIM, F.; DEVINCENZI, T.; REYNO, R.; MEDEROS, A.; SIMÓN, C.; MARIOTTA, J.; SANTANDER, D.; LATTANZI, F.; IRIGOYEN, L.; CIGANDA, V. 2024. El uso de leguminosas forrajeras en mejoramientos de campo natural como estrategia de intensificación sostenible para la ganadería de carne: su implicancia en las emisiones entéricas de metano y en la eficiencia de la utilización del nitrógeno. *Revista INIA* 76: 51-55.
- AYALA, W.; BEMHAJA, M.; COTRO, N.; DOCANTO, J.; GARCÍA, J.; OLMOS, F.; REAL, D.; REBUFFO, M.; REYNO, R.; ROSSI, C.; SILVA, J. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, UY: INIA. 131 p. (INA Otros Documentos; 38).
- BOERGER, A. 1943. Fundamentos de la producción vegetal. 1. ed. Montevideo, UY: Barreiro. 758 p. (Investigaciones Agronómicas; 1)
- BARBAZÁN, M.; FERRANDO, M.; ZAMALVIDE, J. 2007. Estado nutricional de *Lotus corniculatus* L. en Uruguay. *Agrociencia* 11(1): 22-34.
- BORDOLI, J.M. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. Manejo de la fertilidad en sistemas extensivos (cultivos y pasturas). Montevideo, UY: Unidad de Educación Permanente y Postgrado, Facultad de Agronomía (UdelaR). p. 71-79.
- CANGIANO, C.A.; GALLI, J.R.; PECE, M.A.; DICHIO, L.; ROZSYPALEK, S.H. 2002. Effect of liveweight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research* 53(5): 541-549.
- CASTILLO, A.; REBUFFO, M.; DALLA-RIZZA, M.; FOLLE, G.; SANTINAQUE, F.; BORSANI, O.; MONZA, J. 2012. Generation and characterization of inter-specific hybrids of *Lotus uliginosus* x *L. corniculatus*. *Journal of Crop Science* 52: 1-11.
- CASTRO, J.L.; ZAMUZ, E.M.; OUDRI, N. 1981. Guía para fertilización de pasturas. Estación Experimental Agropecuaria INIA La Estanzuela, UY: INIA. (Miscelánea n. 37).
- CONDÓN, F.; REBUFFO, M.; ALZUGARAY, R.; CUITIÑO, M.J. 2010. Mejoramiento genético de avena por resistencia al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum* Rondani). En: ALTIER, N.; REBUFFO, M.; CABRERA, K. (Eds.), *Enfermedades y plagas en pasturas*. Montevideo, UY: INIA. p. 97-103 (INIA Serie Técnica; 183)
- CONDÓN, F.; JAURENA, M.; REYNO, R.; OTAÑO, C.; LATTANZI, A. F. 2017. Spatial analysis of genetic diversity in a comprehensive collection of the native grass *Bromus auleticus* Trinius (ex Nees) in Uruguay. *Grass and Forage Science* 72(4):723-733.
- DAGHERO, B.; FRIPP, S. 2021. Supervivencia estival de macollos de *Festuca arundinacea* bajo diferentes frecuencias de corte en primavera. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 67 p.
- DALLA-RIZZA M.; REAL, D.; REYNO, R.; PORRO, V.; BURGUEÑO, J.; ERRICO, E.; QUESENBERRY, K. H. 2007. Genetic diversity and DNA content of three South American and three Eurasian *Trifolium* species. *Genetics and Molecular Biology* 30(4): 1118-1124.
- FISCHER, G.J.; BROTONS, C.; GHEORGHIANOV, V. 1937. Los ensayos de avena para forraje verde realizados en el año 1934. *Archivo Fitotécnico del Uruguay* 2: 483-529.
- GARCÍA, J. 1979. Manejo estival de *Festuca arundinacea*. En: 2 Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, Montevideo. Montevideo, UY: Facultad de Agronomía (UdelaR). p. 13.
- GARCÍA, J.A.; REBUFFO, M.; FORMOSO, F. 1991. Las forrajeras de La Estanzuela. Montevideo, UY: INIA. 15 p. (INIA Boletín de Divulgación; 7)
- GARCÍA, J.A. 1998. Titán y Cetus: nuevos cultivares de raigrás de INIA. En: Jornada 1998, Lechería y Pasturas, INIA La Estanzuela. La Estanzuela, UY: INIA. p. 91-94. (INIA Serie Actividades de Difusión; 163).
- GIORELLO, D. Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación. DSc Thesis, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba (Brasil). 99 p.



GUTIÉRREZ, F.; CALISTRO, E. 2013a. Nuevas opciones en verdes de raigrás para las siembras de otoño. Revista INIA 32: 28-30.

GUTIÉRREZ, F.; CALISTRO, E. 2013b. Festuca arundinacea INIA Aurora e INIA Fortuna: nuevos cultivares para aumentar la estabilidad de las pasturas perennes. Revista El Tambo 193: 70-74.

GUTIÉRREZ, F.; DO CANTO, J.; REYNO, R.; ROSSI, C.; STEWART, A.; CARRERE, M.; NOLLA, F. 2023a. Perennial ryegrass 'Virazón', a new cultivar for warm temperate areas in Uruguay and South America. Proceedings of the XXV International Grassland Congress, Covington, Kentucky, EEUU. p. 584-587.

GUTIÉRREZ, F.; LATTANZI, F.; REYNO, R.; ROSSI, C.; NOLLA, F.; DO CANTO, J. 2023b. VIRAZÓN: primer cultivar de raigrás perenne seleccionado en Uruguay. Revista INIA 72: 40-44.

HENRY, T. 1952. El Lolium multiflorum "La Estanzuela 284". Archivo Fitotécnico del Uruguay 5: 231-235.

HOLECHEK, J.L. 1988. An approach for setting the stocking rate. Rangelands 10: 10-14.

INASE - INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS, UY. 2021. Declaraciones movimientos de semilla. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjExMjVINmItOTIhOC00OWZhLWJmNzctMmRjMTc0NmZhNTc2liwidCI6ljM1NwY2Yzg4LTQ1ODUtNDdjZC1hNTlmLTdhOGFiNzcyMTk1NCJ9&pageName=ReportSection>

INASE - INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS, UY. 2024. Declaraciones movimientos de semilla. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjExMjVINmItOTIhOC00OWZhLWJmNzctMmRjMTc0NmZhNTc2liwidCI6ljM1NwY2Yzg4LTQ1ODUtNDdjZC1hNTlmLTdhOGFiNzcyMTk1NCJ9&pageName=ReportSection>

INIA - INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, UY. 2024a. Convenio de mejoramiento genético de raigras y festuca entre Grasslands Innovation y PGG Wrightson de Nueva Zelanda con INIA Uruguay. Montevideo. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/368500I1.php>

INIA - INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, UY. 2024b. Catálogo de Cultivares de Especies Forrajeras. Disponible en: <https://catalogoforrajeras.inia.uy/gramineas/gramineas-perennes/festuca/festuca-carape/>

JÁUREGUI, J.M.; LATTANZI, F.; BERONE, G.D. 2020. Nitrogen fertilisation during spring delayed heat stress in tall fescue (*Lolium arundinaceum*) swards. Proceedings of the 43º Congreso Argentino de Producción Animal. Virtual. Revista Argentina de Producción Animal 40: 143.

JÁUREGUI, J.M.; MICHELINI, D.F.; AGNUSDEI, M.G.; BAUDRACCO, J.; SEVILLA, G.H.; CHILIBROSTE, P.; LATTANZI, F.A. 2017. Persistence of tall fescue in a subtropical environment: tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. Grass and Forage Science 72: 454-466.

JAURENA, M.; LEZAMA, F.; SALVO, L.; CARDOZO, G.; AYALA, W.; TERRA, J.; NABINGER, C. 2016. The dilemma of improving native grasslands by overseeding legumes: production intensification or diversity conservation. Rangeland Ecology & Management 69(1): 35-42.

JAURENA, M.; PORCILE, V.; BAPTISTA, R.; CARRIQUIRY, E.; DÍAS, S. 2018. La regla verde: una herramienta para el manejo del campo natural. Revista INIA 54, 26-29.

JAURENA, M.; DURANTE, M.; DEVINCENZI, T.; SAVIAN, J.V.; BENDERSKY, D.; MOOJEN, F. G.; PEREIRA, M.; SOCA, D.; QUADROS, F.L.F.; PIZZIO, R.; MABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F.; LATTANZI, F. A. 2021. Native grasslands at the core: a new paradigm of intensification for the Campos of Southern South America to increase economic and environmental sustainability. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5: 547834.

LANGWORTHY, A.D.; RAWNSLEY, R.P.; FREEMAN, M.J.; CORKREY, R.; PEMBLETON, K.G.; HARRISON, M.T.; LANE, P.A.; HENRY, D.A. 2019. Effect of stubble height and irrigation management on the growth, botanical composition and persistence of perennial ryegrass, tall fescue and chicory swards in cool-temperate Tasmania. Crop and Pasture Science 70: 169-182.

LEZAMA, F.; PEREIRA, M.; ALTESOR, A.; PARUELO, J.M. 2019. Grasslands of Uruguay: classification based on vegetation plots. Phytocoenologia 49(3): 211-229.

LOWE, K.F. 2009. The use of temperate species in the Australian subtropics. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. Waitangi, New Zealand. p. 9-15.



MARANGES, F.; DO CANTO, J.; REYNO, R.; GUTIERREZ, F.; ROSSI, C.; DÍAZ, J.; STEWART, A. 2018. Raigrás Anual Winter Star 3. Revista INIA 52: 18-20.

MARANGES, F.; DO CANTO, J.; GUTIERREZ, F.; REYNO, R.; ROSSI, C.; LATTANZZI, F.; DÍAZ, J.; STEWART, A. 2019. FESTUCA RIZAR: una nueva opción rizomatosa de alta productividad, persistencia y rusticidad. Revista INIA 56: 32-34.

MARANGES, F.; DO CANTO, J.; REYNO, R.; GUTIÉRREZ, F. 2020. Raigrás Anual 'Cambará'. Revista INIA 60: 49-52.

MARANGES, F.; ROSSI, C. 2021. Intensiva revolución forrajera: la década "ganado". Revista INIA 66: 63-67.

MGAP - MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. 1994. Grupos de suelos CONEAT: índices de productividad. Montevideo (Uruguay): MGAP. 182 p.

MICHELINI, D.F. 2016. Persistencia de festuca alta (*Lolium arundinaceum* Schreb.): dinámica poblacional estival en pasturas con diferente desarrollo reproductivo. MSc Tesis, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay).

MILLOT, J.C.; REBUFFO, M.; ACOSTA, Y. 1981. RLE 115: nueva variedad de avena. En: Ministerio de Agricultura y Pesca, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Colonia, UY: CIAAB. p. 1-12. (CIAAB Miscelánea; 36)

MILLOT, J.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay: Informe técnico para la Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Montevideo, UY: MGAP. 199 p.

MORÓN, A. 2007. Avances hacia a una nueva guía de fertilización de pasturas. Proceedings of the Seminario Internacional de Nutrición Vegetal - Criterios para la fertilización de cultivos y pasturas. Paysandú, UY, EEMAC, Facultad de Agronomía (UdelaR). p. 1-13

MORÓN, A. 2008. Relevamiento del estado nutricional y la fertilidad del suelo en cultivos de trébol blanco en la zona Este de Uruguay. En: BERMÚDEZ, R.; AYALA, W. (Eds.), Seminario de actualización técnica: fertilización fosfatada de pasturas en la región este, INIA Treinta y Tres. Montevideo, UY: INIA. p. 17-29. (INIA Serie Técnica; 172)

NARANCIO, R.; ISENEGGER, D.; REYNO, R.; SPANGENBERG, G.; DALLA-RIZZA, M. 2024. Tissue culture and high efficiency transformation in an apomictic initial variety of *Paspalum notatum* Flügge. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*.

OBERTI, H.; REYNO, R.; DO CANTO, J.; CASTRO, L.; MURCHIO, S.; ROSSI, C.; AYALA, W.; DALLA-RIZZA, M. 2024. An update in *Claviceps paspali* disease: a comprehensive analysis on field and greenhouse *Paspalum* spp. *Infection. Plant disease*, in press.

REAL, D.; DALLA-RIZZA, M.; REYNO, R.; QUESENBERRY, K.H. 2007. Breeding system of the aerial flowers in an amphicarpic clover species: *Trifolium polymorphum*. *Crop Science* 47: 1401-1406.

REBUFFO, M.; RISSO, D.; RESTAINO, E. 2000. Tecnología en alfalfa. Montevideo, UY: INIA. 159 p. (INIA Boletín de Divulgación; 69).

REYNO, R.; NARANCIO, R.; SPERANZA, P.; DO CANTO, J.; LÓPEZ-CARRO, B.; HERNÁNDEZ, P.; BURGUEÑO, J.; REAL, D.; DALLA-RIZZA, M. 2012. Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) native to Uruguay. *Genetic Resource and Crop Evolution* 59: 1823-1832.

RISSO, D.; ALBICETTE, M.M. 2000. Lotus Maku: manejo, utilización y producción de semillas Montevideo, UY: 2001. 69 p. (INIA Serie Técnica; 119).

SILVEIRA GUIDO, A.; CONDE JAHN, E. 1946. El pulgón verde de los cereales del Uruguay. *Revista de la Facultad de Agronomía (Uruguay)* 41: 35-86.

STUMPP, M.; WESCHE, K.; RETZER, V.; MIEHE, G. 2005. Impact of grazing livestock and distance from water source on soil fertility in southern Mongolia. *Mountain Research and Development* 25: 244-251.



## CAPÍTULO II

### Avances tecnológicos en la suplementación de bovinos de carne en pastoreo

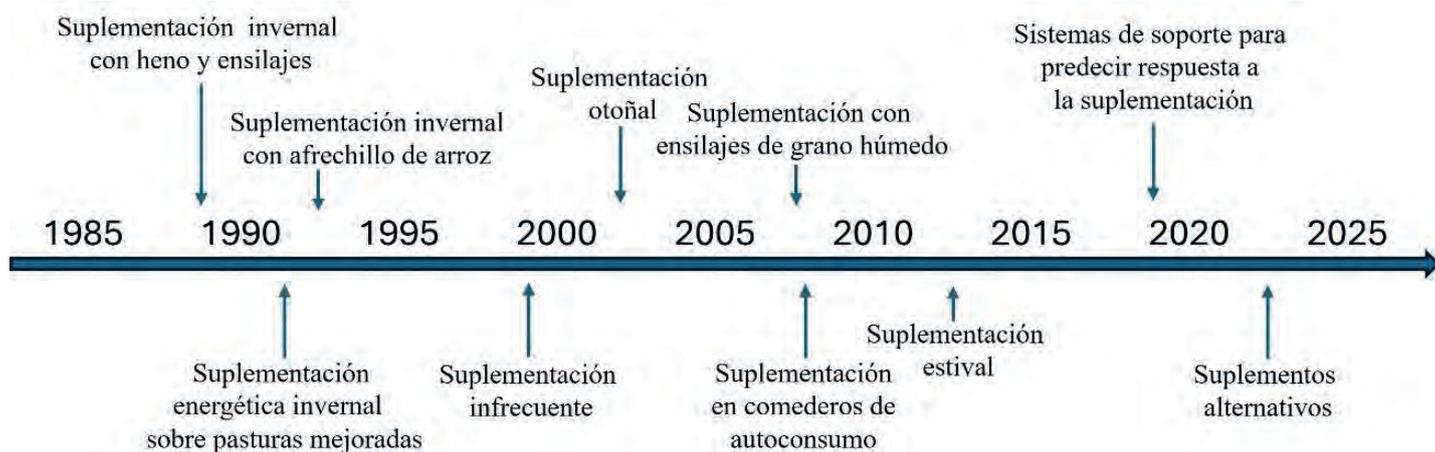
Pablo Rovira<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INIA Treinta y Tres; <sup>2</sup> INIA La Estanzuela.

La suplementación en pastoreo constituye un paso estratégico en el camino tecnológico para lograr mayor productividad y eficiencia en el proceso de recría y engorde de bovinos. El INIA lleva más de 30 años de trabajo en esta área desde las primeras investigaciones llevadas a cabo en La Estanzuela a partir de la década del 80'. Aquellos trabajos pioneros desarrollaron alternativas como la suplementación con heno (Risso et al., 1991), con ensilajes (Risso et al., 1991; Vaz Martins et al., 1998) y con concentrados energéticos (Risso et al., 1991; Vaz Martins, 1997) evaluando como variables la frecuencia de cambio de parcela, la presión de pastoreo y el nivel de suplementación sobre praderas y verdesos. La información generada es material de consulta para técnicos y productores hasta el día de hoy en aspectos relacionados a la suplementación animal en sistemas intensivos de producción.

Luego se realizaron una serie de trabajos en sistemas extensivos de producción que evaluaron la suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz sobre campo natural (Quintans et al., 1993; Quintans, 1994; Quintans y Vaz Martins, 1994). Dicha tecnología, que luego siguió siendo ampliamente investigada en el este y norte del país, así como validada en predios comerciales, asegura que bovinos en crecimiento no pierdan peso en el invierno sobre campo natural y asegura el logro de los objetivos de producción ya sea con fines reproductivos o de engorde.

A partir de los años 2000 se comenzaron a registrar cambios estructurales en la ganadería uruguaya, como ser la mayor integración con la agricultura y disponibilidad de maquinaria, limitantes en la disponibilidad de mano de obra para trabajar en el predio por mayor competencia con otros rubros, valorización de las distintas categorías animales, además de una mayor diversificación de los negocios ganaderos con énfasis en la aceleración de la etapa de recría, entre otros. Estos cambios marcaron nuevas necesidades de investigación en el área de suplementación, fundamentalmente en los temas de: (i) método y frecuencia de entrega del suplemento para hacer un uso más eficiente del tiempo y de los recursos humanos, (ii) suplementación en épocas no tradicionales para levantar limitantes nutricionales de las pasturas, (iii) mejoras en el procesamiento y aprovechamiento de granos, (iv) sistemas de soporte para la predicción de la respuesta productiva y económica a la suplementación y (v) uso de suplementos alternativos (Figura 1).



**Figura 1.** Guía orientativa de la evolución cronológica del inicio de las principales líneas de investigación de suplementación de bovinos en pastoreo (Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger-CIABB e INIA).

El objetivo del presente artículo es sistematizar la información generada por INIA en suplementación de bovinos en pastoreo a partir del año 2000 de manera de generar un material técnico de referencia para la toma de decisiones en procura de mejorar la productividad y eficiencia de los sistemas ganaderos.

# Conceptos generales de los suplementos

Pablo Rovira<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INIA Treinta y Tres; <sup>2</sup> INIA La Estanzuela.

A grandes rasgos, los suplementos pueden ser clasificados en seis grandes clases: (1) forrajes y alimentos groseros, (2) ensilajes, (3) suplementos energéticos, (4) suplementos proteicos, (5) suplementos minerales y/o vitamínicos y (6) aditivos (Cozzolino, 2000). A continuación, se menciona información general sobre los suplementos energéticos y proteicos, por ser los más utilizados en el país y base de la mayoría de los trabajos de investigación presentados en esta misma publicación. Una guía orientativa del valor nutricional de los suplementos más utilizados se observa en la Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Guía orientativa del valor nutricional de los suplementos más comúnmente utilizados en Uruguay (Adaptado de: Mieres et. al, 2010; INIA-MGAP-IPA, 2015; Banchemo et al., 2021; Canozzi et al., 2022a y 2022b).

Clasificación	Suplemento	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg MS)
Energético	Grano de maíz	9,0	3,0
	Grano de sorgo	7,5	2,8
	Grano de trigo	12,0	2,9
Energético-proteico	Afrechillo de arroz entero	14,0	3,0
	Afrechillo de trigo	15,0	2,5
	Cascarilla de soja	12,0	2,6
	Ración balanceada de recría	15,0	2,9
	Grano de lupino	35,6	2,9
	Burlanda de maíz	31,2	2,6
Proteico	Expeler de soja	42,0	2,9
	Expeler de girasol	28,0	2,2

Los suplementos energéticos son aquellos que contienen <18% de fibra cruda y <20% de proteína cruda. Son muy utilizados ya que la energía es el primer nutriente limitante para el crecimiento y desarrollo animal en la mayoría de los esquemas de suplementación. Los alimentos energéticos más comunes en nuestro país son los granos de cereales. En los granos no importa solamente la cantidad de energía suministrada, sino también el nivel de degradabilidad ruminal del almidón que es importante en la utilización de los nutrientes y el desempeño de los animales. Granos como el trigo y la cebada de elevada degradabilidad, podrían ser más efectivos para balancear pasturas de otoño con elevados niveles de proteína soluble, mientras que el maíz y el sorgo con menor degradabilidad ruminal, pueden ser más apropiados de suplementar durante invierno-primavera, ya que suministrarían una mayor proporción de la energía directamente digerible a nivel intestinal (Vaz Martins y Messa, 2007). Por otro lado, granos con algún tipo de procesamiento (partidos, molidos y/o laminados) tienen mayor digestibilidad ruminal que los granos enteros debido a que se facilita el acceso de las bacterias del rumen al almidón del grano.



El bajo nivel de proteína de los granos de cereales resulta una limitante para categorías en pleno crecimiento, como es el caso de terneros en su primer invierno. Si la suplementación se realiza sobre una pastura de calidad (pradera, mejoramiento de campo, verdeos, etc.), la proteína la aporta la propia pastura, pero si los animales están pastoreando campo natural, es necesario incluir una fuente de proteína para lograr ganancias de peso satisfactorias. Los suplementos proteicos contienen >20% de proteína cruda en base seca. Los más comunes en nuestro país son las harinas o expeler de origen vegetal (ej. soja, girasol), los concentrados proteicos que mezclan fuente vegetales y sintéticas (urea) de nitrógeno (ej. bloques proteicos, raciones comerciales) y la urea en sus distintas versiones (rápida y lenta liberación). Más recientemente, ha incrementado la disponibilidad del grano de lupino y de los subproductos de la producción de etanol (ej. granos de destilería y solubles de maíz y sorgo) asociado a la expansión agrícola y/o de los biocombustibles.

En el grupo de los suplementos energético-proteicos se incluyen los subproductos de la industria molinera, como ser el afrechillo de arroz (entero y desgrasado), el afrechillo de trigo y la cascarilla de soja. Son equilibrados en la relación energía/proteína con densidades medias para ambos nutrientes, siendo generalmente de las opciones más en cuenta desde el punto de vista de costo-beneficio. Algunas particularidades son:

- ✓ Presentan niveles de energía similares o inferiores a los alimentos energéticos pero un mayor nivel de proteína (aunque inferior al de un suplemento proteico);
- ✓ La energía se encuentra almacenada en la grasa o en la fibra, a diferencia de los granos donde el almidón es la fuente de energía;
- ✓ Al ser subproductos pueden presentar una alta variabilidad en su valor nutricional entre años y entre plantas de procesamiento (origen).

También se incluye en este grupo la mayoría de las raciones comerciales que ofrecen una oferta balanceada de energía y proteína, en donde la relación entre ambos parámetros varía en función de la categoría animal. Es importante en alimentación de rumiantes la sincronización entre la energía y la proteína para evitar excesos o deficiencias de dichos nutrientes. Excesos de proteína degradable en el rumen con relación a la disponibilidad de energía generan un exceso de amoníaco que es eliminado como urea en la orina. Por el contrario, un déficit de proteína degradable en el rumen se asocia con una reducción de la actividad fermentativa y del consumo (Cozzolino, 2000).

### ***Típos de respuestas a la suplementación***

La suplementación tiene como objetivo adicionar algo que falta ya sea en cantidad o en calidad para mantener o mejorar el desempeño productivo animal en pastoreo a través de un aumento de la dotación y/o de la ganancia de peso (Baldi et al., 2008). Cuando los bovinos en pastoreo son alimentados con suplementos, el consumo de materia seca (CMS) del forraje (CMSf) generalmente tiende a disminuir en



menor o mayor proporción, lo que se conoce como tasa de sustitución (Bargo et al., 2003). En otras palabras, el animal sustituye un alimento “barato”, como es el pasto, por un alimento “más caro”, como es el suplemento suministrado. Al no mediarse un incremento en la dotación animal para aprovechar el pasto sobrante como consecuencia de la sustitución, la respuesta al suplemento será poco efectiva desde el punto de vista bioeconómico (Baldi et al., 2008). Dicha tasa de sustitución (TS), expresada como los kg de MS del forraje sustituidos por kg de MS de suplemento, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TS = \frac{\text{CMSf animales no suplementados} - \text{CMSf animales suplementados}}{\text{CMS del suplemento}}$$

Una TS < 1 significa que el CMS total en los animales suplementados es mayor que el CMS total en los animales no suplementados. Mientras que una TS ~ 1 significa que el CMS total es similar en ambos grupos de animales (Bargo et al., 2003). Como referencia a nivel nacional, los valores de la TS en pasturas de alta calidad varían entre 0,5 a 1 kg de forraje sustituido por kg de suplemento consumido, mientras que en pasturas de baja calidad (< 65% digestibilidad) la TS varía entre 0,2 y 0,5 kg de forraje por kg de suplemento consumido (Baldi et al., 2008).

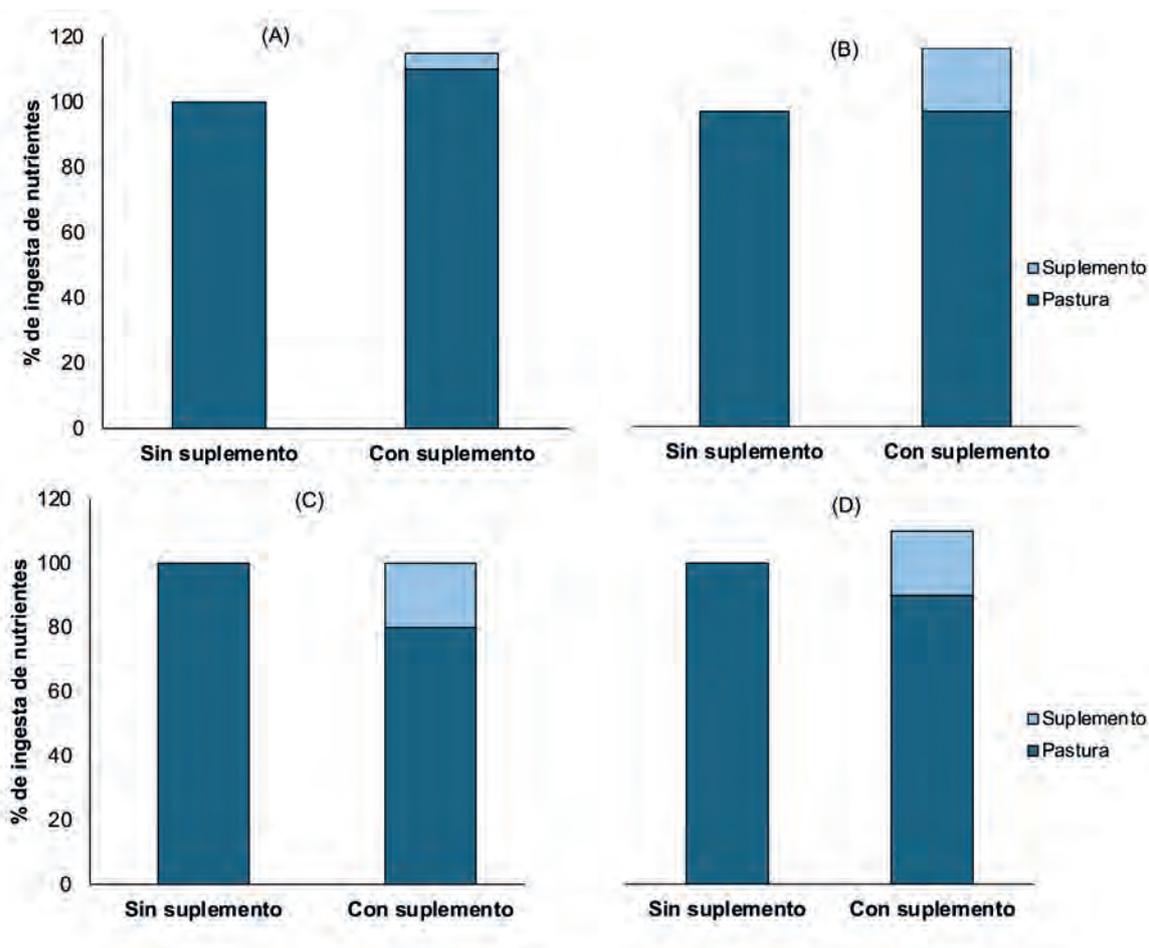
La respuesta biológica de la suplementación en condiciones de pastoreo depende del grado de conocimiento que se tiene de la pastura, del animal y del suplemento (Cibils et al., 1997). Al respecto, la siguiente es una serie de recomendaciones realizadas por Baldi et al. (2008) luego de una exhaustiva revisión del tema:

- ✓ Pastura: a medida que la cantidad y calidad de la pastura disminuye, mejora la respuesta animal a la suplementación por una menor tasa de sustitución de forraje por suplemento;
- ✓ Suplemento: la mejor respuesta animal en términos de ganancia de peso por unidad de suplemento ofrecido se obtiene a niveles de oferta del suplemento de 0,5-1,0% del peso vivo (PV);
- ✓ Animal: animales jóvenes (ej. terneros) son más eficientes en convertir el suplemento ofrecido en kg de PV animal comparado con animales adultos (ej. novillos).

Un aspecto importante al seleccionar un suplemento es saber cómo afecta el consumo diario de forraje. En muchas situaciones, el éxito o el fracaso de un programa de suplementación depende de este factor. Las situaciones más comunes se observan en la Figura 2 y se describen a continuación.

- ✓ Adición con estímulo (Figura A). La disponibilidad de forraje no es limitante, pero su baja calidad limita el consumo y la digestión del forraje. El suplemento estimula el consumo y la digestión del forraje. Por ejemplo, suplementación con bloques o concentrados proteicos sobre pasturas naturales de alta disponibilidad y baja calidad en verano-otoño.
- ✓ Adición (Figura B). La disponibilidad de forraje es muy limitante o restringida. El suplemento se adiciona manteniendo el consumo del forraje al mismo nivel. Por ejemplo, suplementación con granos sobre pasturas mejoradas con oferta de forraje restringido.

- ✓ Sustitución (Figura C). La adición del suplemento deprime el consumo de forraje. Por ejemplo, suplementación con granos sobre pasturas de alta disponibilidad.
- ✓ Adición-Sustitución (Figura D). La disponibilidad de forraje es baja a media. El suplemento deprime parcialmente la ingesta de forraje, pero hay un incremento total del consumo. Por ejemplo, suplementación con afrechillo de arroz sobre campo natural.



**Figura 2.** Cuatro posibles situaciones generalmente encontradas en un programa de suplementación: (A) adición con estímulo, (B) adición, (C) sustitución, (D) adición-sustitución  
Adaptado de McCollum (1997)

Para iniciar cualquier tipo de suplementación se debe respetar el proceso de acostumbramiento progresivo del rumen al cambio en la dieta. El período debe tener una duración mínima de 7 a 10 días, como forma de reducir el riesgo de posibles enfermedades metabólicas. Los niveles de suplementación durante este período deben ser crecientes hasta alcanzar las cantidades deseadas a suministrar a los animales (Clariget et al., 2014).



## Suplementación invernal tradicional sobre pasturas mejoradas y campo natural

Juan Clariget<sup>1</sup>, Pablo Rovira<sup>2</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>, Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>3</sup>, Fabio Montossi<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> INIA La Estanzuela; <sup>2</sup> INIA Treinta y Tres; <sup>3</sup> INIA Tacuarembó.

En pasturas sembradas de calidad, los granos de cereales actúan como suplementos energéticos que complementan el alto aporte de proteína de la pastura. Así lo confirman resultados obtenidos en sistemas intensivos de producción. En trabajos realizados en INIA La Estanzuela, novillos suplementados sobre avena con grano de sorgo lograron la mejor respuesta productiva a niveles de suplementación de 0,4-0,5% PV (Buono et al., 2007; Alejandro y Sciarra, 2014). En el norte del país, en sistemas más extensivos, la suplementación de terneros con grano de sorgo molido sobre campo natural mejorado a niveles de 0,8% PV permitió evitar la pérdida de peso vivo invernal e incrementar la producción de carne por unidad de superficie (Luzardo y Cuadro, 2018).

A nivel experimental, se incorporaron innovaciones metodológicas que permitieron afinar la relación entre el consumo de grano y forraje, así como su repercusión en el desempeño productivo. Canozzi et al. (2022a; 2023) utilizaron los comederos electrónicos Super SmartFeed (C-Lock Inc., Rapid City, SD) que permiten asignar y cuantificar el nivel de suplemento a cada animal a través de la lectura automática de la caravana de trazabilidad (Figura 1). Luego de ser propiamente calibrados y validados (Ramos et al., 2024), los mismos se utilizaron en una pastura de raigrás, donde se encontró que la suplementación con grano de maíz seco al 0,4% PV, durante el engorde de novillos, maximizó el consumo de forraje y digestibilidad de la fibra. Niveles mayores de suplementación (0,8-1,2% PV) no se vieron reflejados en mayor ganancia de peso, posiblemente debido a una reducción del pH ruminal dado el efecto sustitutivo de suplemento por forraje. Estos resultados confirman los obtenidos previamente con grano de sorgo sobre avena (Buono et al., 2007; Alejandro y Sciarra, 2014).

La tecnología de suplementación invernal con granos de cereales, especialmente sorgo, se ha extendido a zonas extensivas asociado al avance de la agricultura en suelos marginales y al ensilaje de grano húmedo (EGH) como método del almacenamiento. Una guía práctica para la planificación, confección, y utilización de EGH de sorgo (EGHS) fue publicada por Rovira y Velazco (2012a). Desde el punto de vista nutricional, el desafío que se presenta en zonas extensivas sobre campo natural es el bajo aporte de proteína, tanto de la base forrajera como del grano, que no llega a cubrir los requerimientos de los animales en crecimiento.

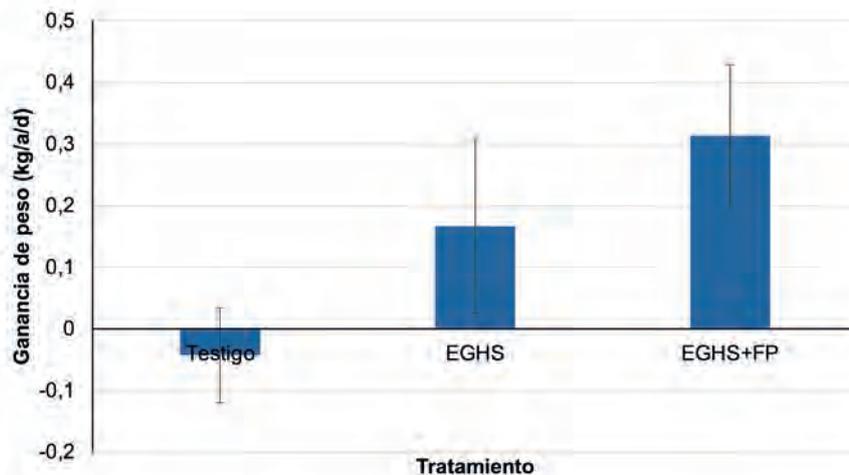


**Figura 1.** Los comederos automáticos Super SmartFeed (C-Lock) utilizados en INIA La Estanzuela es una de las grandes innovaciones metodológicas incorporadas en los trabajos experimentales de suplementación para cuantificar consumo, desempeño productivo y eficiencia de conversión.

Fotos: Maria Eugênia A. Canozzi

Analizando en forma conjunta cuatro experimentos en los que se trabajó con terneros sobre campo natural en invierno, aquellos animales que no fueron suplementados perdieron peso (-0,04 kg/a/d), mientras que la suplementación con EGHS al 1% PV permitió una ganancia de peso promedio de 0,17 kg/a/d (Rovira, 2014a; Rovira y Echeverría, 2014a). Dicho nivel de ganancia está algo por debajo a los valores reportados utilizando afrechillo de arroz (AA) como fuente de suplemento (0,19 - 0,20 kg/a/d; Quintans, 2014). En algunas ocasiones el sorgo ha demostrado una respuesta animal significativamente menor comparado con AA por problemas de apetecibilidad, alto contenido de taninos y menor contenido proteico (Quintans y Vaz Martins, 1994). Desde el punto de vista nutricional, al igual que sucede con la mayoría de los grano de cereales, en la medida que el EGHS se suministra como único suplemento sobre pasturas de baja calidad a categorías animales en crecimiento, la disponibilidad de nitrógeno (expresado en forma de amonio) en el rumen no es suficiente para mantener un crecimiento activo de la microbiota, afectando negativamente el nivel de proteína microbiana que pasa a ser digerida en el tracto digestivo posterior del animal.

En el mismo conjunto de experimentos mencionado anteriormente, la inclusión de una fuente proteica para aumentar el aporte del EGHS a 12-16% de PC incrementó significativamente la ganancia de peso, logrando 0,32 kg/a/d con una mejora de la eficiencia de conversión que pasó de 7,3 kg MS suplemento/kg PV adicional (mín. 5,2; máx. 10,7) cuando se suministró sólo EGHS a 4,6 kg MS suplemento/kg PV adicional (mín. 3,6:1; máx. 6,4:1) cuando se incorporó la fuente proteica en mezcla con el EGHS (Rovira, 2014a) (Figura 2). No existieron diferencias en respuesta animal a la fuente de proteína, habiendo evaluado fuentes de origen vegetal, urea y combinaciones de ambas (Benítez et al., 2014; Rovira y Echeverría, 2014b; Rovira y Velazco, 2014; Rovira et al., 2014). Estos resultados demuestran que, al nivel de productividad obtenido (<0,40 kg/a/d), fue más importante cubrir el déficit de nitrógeno en el rumen independientemente de la fuente proteica utilizada, aunque se deben tener recaudos con la urea como fuente de suplemento animal en aspectos relacionados al nivel de inclusión y la forma de suministro.



**Figura 2.** Ganancia de peso de terneros sobre campo natural (testigo), suplementados con ensilaje grano húmedo de sorgo (EGHS, 8% proteína) o con EGHS más la adición de una fuente proteica (FP) para subir la proteína de la mezcla al rango 12-16% (Resumen de cuatro experimentos, Unidad Experimental Palo a Pique, Treinta y Tres).

Similares resultados fueron obtenidos con novillos sobreaño (290 kg PV) sobre campo natural (Rovira, 2014b). Animales suplementados al 1,0% PV con una mezcla de EGHS y urea (97,2% y 2,8%, respectivamente) obtuvieron una ganancia de peso 25% superior que aquellos suplementados solo con EGHS (0,62 y 0,49 kg/a/d, respectivamente), mejorando la eficiencia de conversión (13 y 9 kg MS suplemento/kg PV adicional, respectivamente).

La adopción de la tecnología de ensilaje de grano húmedo, especialmente de sorgo, se ha expandido hacia zonas tradicionalmente no agrícolas asociado a la rusticidad del cultivo de sorgo y al desarrollo de emprendimientos cooperativos. Es bastante común la siembra conjunta del cultivo en un predio y la posterior distribución del suplemento en los campos de los productores participantes (Figura 3).



El grano húmedo de sorgo complementado con suplementos proteicos (~40% PC) en una relación 80:20, respectivamente, es una excelente alternativa de suplementación (1,0% PV) para la recría de bovinos en pasturas de mediana a baja calidad.

**Figura 3.** Suplementación de vaquillonas con grano húmedo de sorgo. Jornada de difusión INIA-Cooperativa Agraria Limitada de Aiguá.

Foto: Horacio Saravia

Recientemente, se han desarrollado trabajos para sistematizar la información de suplementación animal tanto sobre pasturas mejoradas como sobre campo natural. Clariget et al. (2021) desarrollaron un modelo de regresión lineal múltiple para predecir la ganancia diaria de peso adicional (GDPa, kg/a/d) asociada a la suplementación con concentrados energéticos sobre pasturas mejoradas. El modelo obtenido ( $R^2 = 0,34$ ) utilizó las variables de peso vivo, nivel de suplementación (% PV supl.) y asignación de forraje (% PV asign.) combinadas en la siguiente ecuación:

$$GDPa = -0,019 + 0,224 (\% PV\ supl.) - 0,060 (\% PV\ asign.) + 0,0013 (PV)$$

A modo de ejemplo, terneros de 160 kg, en invierno, manejados con una asignación de forraje de 2,5% PV sobre pasturas mejoradas y suplementados con concentrados energéticos al 1,0% PV alcanzarían una GDPa de 0,26 kg/a/d, mientras que manejados a una asignación de forraje de 3,5% PV con el mismo nivel de suplemento tendrían una GDPa inferior (0,20 kg/a/d) debido a una mayor tasa de sustitución de forraje por concentrado (Clariget et al., 2021). Por el contrario, un incremento del nivel de suplementación de 1,0 a 1,5% PV a un mismo nivel de asignación de forraje (2,5% PV) incrementaría la GDPa de 0,26 a 0,37 kg/a/d.

La revisión y sistematización de la información sobre el desempeño productivo de bovinos en pastoreo realizada por Clariget et al. (2021) fue la base para el desarrollo de la herramienta web EfiCarne (Figura 4), recomendada para la gestión de la alimentación de bovinos en sistemas pastoriles intensivos, contribuyendo a la toma de decisiones en el proceso de recría y engorde de bovinos para carne. Mediante información que aporta el usuario, EfiCarne permite estimar el tamaño diario de franja de pastoreo, la ganancia de peso de los animales, la eficiencia de conversión de pasturas y suplementos energéticos, además del resultado económico de la suplementación energética.



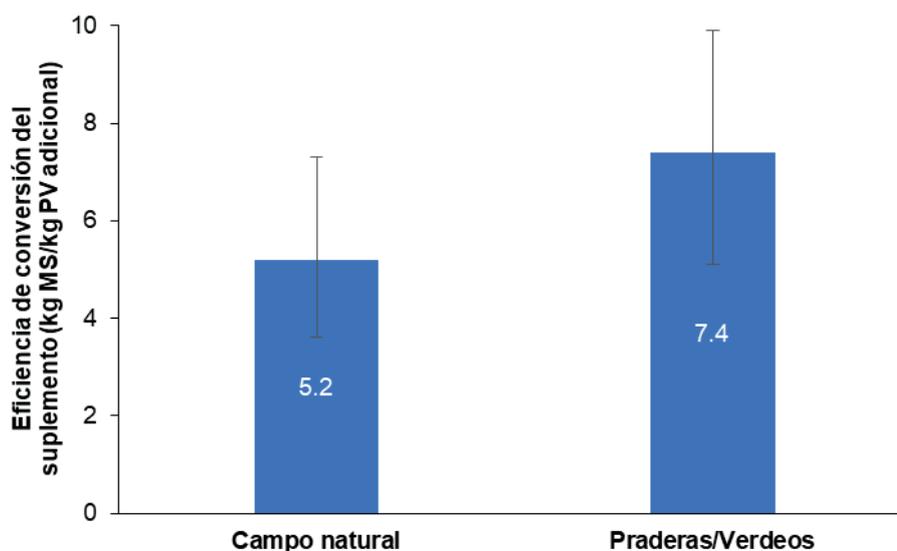
**Figura 4.** EfiCarne es una herramienta web, desarrollada por INIA, para la gestión de la alimentación de bovinos en sistemas pastoriles intensivos.

<https://eficarne.inia.uy/calcular>



Sobre campo natural, Cazzuli et al. (2023a) analizó la información de más de 20 experimentos (1993-2018) de suplementación invernal energético-proteica de terneros realizados en Uruguay para predecir la respuesta a la suplementación con mayor precisión. La ganancia promedio de animales con y sin acceso a suplementación fue de 0,49 (min. 0,05; máx. 1,24) y 0,13 (min. -0,19; máx. 0,58) kg/a/d, respectivamente, determinando +0,38 kg/a/d (min. -0,10; máx. 1,52) adicionales debido al suplemento. Se identificaron tres formas de respuesta o modelos de predicción de la evolución de peso de los animales: lineal, cuadrática y exponencial. Mientras que, en los casos de respuestas lineales, la diferencia entre peso vivo de los animales testigo y suplementados, fue en constante aumento a medida que transcurría el tiempo desde inicio de la suplementación, los casos de respuesta cuadrática y exponencial “demoraron” en responder al inicio del período, acelerándose más tarde (Cazzuli et al., 2023b; 2023c). Esto demuestra que la respuesta a la suplementación es dinámica existiendo un efecto “año” asociado a factores del clima, la pastura y la relación pastura-animal-suplemento.

La eficiencia de conversión (EC) promedio del suplemento fue 5,8 kg MS de suplemento requeridos para producir un kg extra de peso vivo. En el 80 % de los tratamientos, la EC fue menor a 7,3 kg MS/kg PV, mientras que las mejores eficiencias rondaron los 3,0 kg MS/kg PV (Cazzuli et al., 2022a). En el mismo set de experimentos, se observó una tasa de sustitución de forraje por suplemento en el rango 0,3 - 1,1 kg MS forraje/kg MS suplemento (Cazzuli et al., 2023b). Los parámetros estimados pueden ser utilizados como insumos en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones de los productores ganaderos. Como ejemplo, la Figura 5 resume la eficiencia de conversión del suplemento de bovinos en pastoreo sobre campo natural y pasturas mejoradas de acuerdo con la sistematización de la información generada en 30 años procesada por Clariget et al. (2021) y Cazzuli et al. (2022a).



**Figura 5.** Eficiencia de conversión del suplemento de bovinos en pastoreo. Resumen de 30 años de investigación. Adaptado de Clariget et al. (2021) y Cazzuli et al. (2022a).

\* El valor en cada columna es la mediana del conjunto de datos y los extremos de las líneas verticales representan el percentil 20 y 80.





## Suplementación infrecuente: ¿es posible reducir la frecuencia de suplementación sin afectar el desempeño productivo de los animales?

Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>2</sup>, Pablo Rovira<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó; <sup>3</sup>INIA Treinta y Tres.

Desde el año 1999 INIA comenzó la búsqueda de estrategias de manejo que faciliten el uso eficiente de la mano de obra asignada a la tarea de entrega del suplemento a los animales. En un escenario con recursos humanos y disponibilidad de tiempo cada vez más limitantes, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos facilita la adopción de la tecnología de suplementación en sistemas pastoriles (La Manna et al., 2007). En ese escenario surge la alternativa de suplementación infrecuente, distribuyendo el equivalente semanal de suplemento en menos días efectivos de suministro. La Figura 1 ejemplifica diferentes alternativas que entregan la misma cantidad de suplemento por semana, pero distribuida de distinto modo.

Frecuencia de suministro	Día de la semana						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Todos los días	 0,7%PV	 0,7%PV	 0,7%PV	 0,7%PV	 0,7%PV	 0,7%PV	 0,7%PV
Lunes a viernes	 0,98%PV	 0,98%PV	 0,98%PV	 0,98%PV	 0,98%PV		
Día por medio	 1,22%PV		 1,22%PV		 1,22%PV		 1,22%PV
Tres veces por semana	 1,63%PV		 1,63%PV		 1,63%PV		

**Figura 1.** Ejemplos de distintas alternativas de suplementación infrecuente tomando como referencia un nivel de suplementación de 0,7% PV/animal todos los días de la semana.

Los trabajos de investigación en suplementación infrecuente de bovinos en pastoreo se iniciaron en INIA La Estanzuela utilizando grano húmedo de sorgo o maíz como suplementos suministrados a novillos en terminación sobre praderas o verdes de invierno. La información generada fue consistente evidenciando

que la ganancia de peso alcanzada con la suplementación infrecuente fue similar a la obtenida con suplementación diaria los siete días a la semana (La Manna et al., 2005; La Manna et al., 2005; Buono et al., 2007; Alejandro y Sciarra, 2014). Estos trabajos manejaron un nivel de suplementación diario de 0,5% PV equivalente a 0,7% PV en los días de suministro (dds) cuando se entregó de lunes a viernes, 0,87% PV/dds (lunes a jueves), 1,0% PV/dds (día por medio) o 1,17% PV/dds (lunes, miércoles y viernes).

Como regla general se recomienda que el nivel de suplemento en los días de suministro no supere el 1,2% PV ya que se pueden observar reducciones en la ganancia diaria de peso comparado con la suplementación diaria (Buono et al., 2007), especialmente cuando se suministran granos de cereales. Los mismos tienen una alta concentración de carbohidratos de rápida degradación ruminal que, cuando se entregan en altas cantidades en los días de suministro, pueden disminuir el pH ruminal causando acidosis y/o provocar una insuficiencia de nitrógeno afectando negativamente la digestión de la fibra del forraje en el rumen.

Debido a los buenos resultados de la suplementación infrecuente que permitieron la certificación de la tecnología a nivel del INIA (Figura 2), a partir del año 2009 se comenzó a investigar dicha forma de suministro con afrechillo de arroz entero (AA) sobre campo natural en la región de Basalto (Figura 3). Trabajos publicados por Lagomarsino et al. (2014) y Luzardo et al. (2014) no encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso de terneros suplementados con AA diariamente (0,8% PV) o en forma infrecuente, ya sea de lunes a viernes (1,1% PV/dds) o día por medio (1,6% PV/dds) (Cuadro 1). Una de las recomendaciones de manejo para la implementación de la suplementación infrecuente sobre CN fue el diferimiento de forraje con 60-80 días de acumulación previa (> 1.500 kg MS/ha, > 7 cm de altura), asegurando una respuesta animal positiva en CN de la región de Basalto, aunque las condiciones particulares de cada año (ej. número de heladas) pueden afectar la magnitud de la respuesta (Montossi et al., 2009; Luzardo et al., 2014). Si bien esta recomendación es genérica a cualquier esquema de suplementación, en casos de suplementación infrecuente adquiere mayor importancia ya que asegura el adecuado consumo de MS en los días que no se suplementa el ganado.



**Figura 2.** La suplementación restringida e infrecuente de terneros sobre pasturas sembradas es una tecnología que ha sido certificada por INIA en el marco del programa CERTEC.Agro.

<http://www.inia.uy/productos-y-servicios/Productos/Certificacion-de-tecnologias>



A partir de los buenos resultados de la suplementación infrecuente de novillos con grano de sorgo sobre avena en INIA La Estanzuela, se comenzó a estudiar la suplementación infrecuente de terneros con afrechillo de arroz sobre campo natural.

**Figura 3.** Terneros suplementados en forma infrecuente con afrechillo de arroz entero en campo natural de Basalto (Unidad Experimental de Glencoe, INIA Tacuarembó).

Foto: Santiago Luzardo

Una de las ventajas del uso de AA en esquemas de suplementación infrecuente es que no genera acidosis ruminal incluso a altos niveles de consumo, ya que no contiene niveles significativos de almidón. Como contrapartida, la presencia de 15-20% de grasas (extracto etéreo) en la composición del AA entero puede comprometer el desempeño y salud animal si se supera cierto umbral de suministro. El exceso de grasa en la dieta de rumiantes tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de las bacterias celulolíticas del rumen, responsables por la digestión de la fibra del forraje, además de ocasionar disturbios digestivos. Por lo anterior, no es recomendable excederse de 5-6% de extracto etéreo en la dieta total (Clariget y La Manna, 2016). Si bien dicho umbral fue superado en el nivel de suplementación de 1,6% PV/dds (Cuadro 1), no se observó una merma en la ganancia de peso comparado con los animales suplementados diariamente.

**Cuadro 1.** Ganancia de peso (g/a/d) y eficiencia de conversión (kg MS suplemento/kg PV adicional; entre paréntesis) de terneros suplementados en invierno sobre campo natural (CN) y praderas (PP) con afrechillo de arroz entero en el norte del país (Lagomarsino et al., 2014; Luzardo et al., 2014).

Año	Base forrajera	Suplementación <sup>1</sup>			
		Testigo	TLD 0,8% PV	LaV 1,1% PV	DpM 1,6% PV
2009	CN	119 <sup>a</sup>	570 <sup>b</sup> (4,1)	637 <sup>bc</sup> (3,7)	661 <sup>c</sup> (3,6)
2010	CN	19 <sup>a</sup>	149 <sup>bc</sup> (6,0)	117 <sup>b</sup> (7,8)	197 <sup>c</sup> (5,3)
2011	CN	406 <sup>a</sup>	635 <sup>b</sup> (6,7)	676 <sup>b</sup> (6,2)	612 <sup>b</sup> (9,0)
2011	PP	734 <sup>a</sup>	1000 <sup>b</sup> (4,7)	901 <sup>b</sup> (7,6)	1007 <sup>b</sup> (4,5)
2012	PP	440 <sup>a</sup>	673 <sup>b</sup> (5,4)	603 <sup>ab</sup> (6,5)	660 <sup>b</sup> (4,9)

<sup>1</sup>Testigo: sin suplemento, TLD: suplemento ofrecido todos los días a razón de 0,8% PV, LaV: suplemento ofrecido de lunes a viernes a razón de 1,1% PV, DpM: suplemento ofrecido día por medio a razón de 1,6% PV.

\*Letras diferentes en una misma fila representan diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05).

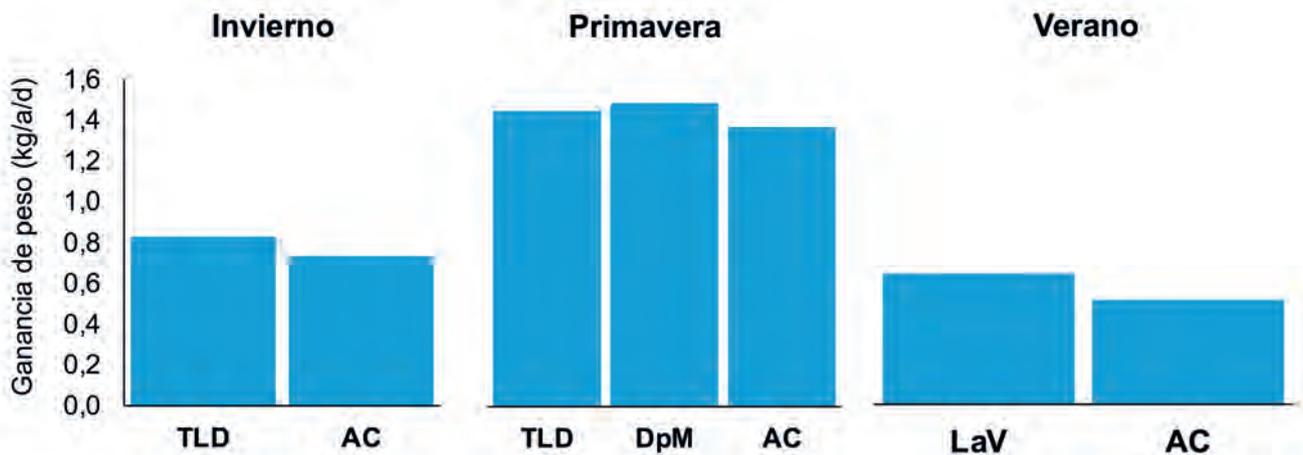
La suplementación infrecuente también ha sido evaluada con suplementos proteicos. La Manna et al. (2014) utilizaron expeler de girasol (EG) suministrado día por medio a novillos pastoreando un rastrojo de sorgo cosechado para grano húmedo. Confirmando los resultados anteriores, la suplementación infrecuente y diaria de EG logró similares ganancias de peso en los animales.

Una de las variantes de la suplementación infrecuente es el uso de comederos de autoconsumo. Los trabajos de investigación mencionados hasta el momento utilizaban comederos lineales (bateas) donde todos los animales tenían suficiente espacio para acceder al suplemento los días de suministro. A partir del 2008, se comenzó a evaluar la suplementación restringida (1,0% PV) e infrecuente de bovinos utilizando comederos de autoconsumo con recarga del suplemento a tiempo fijo (Rovira y Velazco, 2012b; Velazco et al., 2012; Velazco y Rovira, 2012) (Figura 4).

Frecuencia de suministro	Día de la semana						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Todos los días	 1,0%PV	 1,0%PV	 1,0%PV	 1,0%PV	 1,0%PV	 1,0%PV	 1,0%PV
Recarga del comedero una vez por semana	 7,0%PV						
Recarga del comedero dos veces por semana	 3,5%PV			 3,5%PV			

**Figura 4.** Ejemplos de alternativas de suplementación infrecuente utilizando comederos de autoconsumo con recarga de suplemento a día fijo tomando como referencia un nivel de suplementación diario de 1,0% PV/animal todos los días de la semana.

Cuando los comederos se recargaban cada siete días con ración (10% NaCl), al cuarto día ya estaban desprovistos de suplemento. Por lo tanto, los animales dependían únicamente de la pastura como recurso nutricional durante los siguientes tres días hasta la siguiente recarga. A pesar de ello, no hubo diferencias significativas en la ganancia de peso entre los animales suplementados diaria o infrecuentemente en comederos de autoconsumo, aunque estos últimos redujeron numéricamente la ganancia de peso entre un 5 y 20% (Figura 5). Esto puede ser debido al costo metabólico de mantener un ambiente ruminal más variable asociado a la intermitencia de periodos con y sin acceso al suplemento en el comedero, al mayor porcentaje de sal en las raciones de autoconsumo comparado con las de suministro diario (-10% y -0,5%, respectivamente), y/o a una mayor variabilidad del consumo de suplemento entre animales. Además, la ganancia de peso en los días sin disponibilidad de suplemento en el comedero está altamente relacionada a la cantidad y calidad de la base forrajera.



**Figura 5.** Experimentos comparando distintos métodos de entrega y frecuencia de suplementación con ración balanceada al 1,0% PV (equivalente semanal) sobre praderas en distintas épocas de año.

TLD: suplementación todos los días en bateas, DpM: suplementación día por medio en bateas, LaV: suplementación lunes a viernes en bateas, AC: suplementación en autoconsumo con ración con 10% de sal con recarga fija del comedero cada 7 (invierno y primavera) o 14 días (verano).

Posteriormente, Cazzuli (2017) utilizó ración de autoconsumo sin sal adicional como limitador del consumo, pero con cáscara de arroz como fuente de fibra corta para evitar disturbios ruminales. Los comederos se recargaban de forma fija dos veces por semana a razón de 2,8 y 4,2% PV en los días de recarga (equivalente a 0,8 y 1,2% PV, respectivamente, en régimen de suministro diario los 7 días de la semana). Coincidentemente con los trabajos anteriores, no hubo diferencias significativas en la ganancia de peso de animales suplementados diariamente o en comederos de autoconsumo con recarga fija del suplemento (0,51 y 0,60 kg/a/d, respectivamente).

La suplementación infrecuente y restringida que utilizó comederos de autoconsumo también fue validada en predios de productores manejando distintas categorías de animales (terneros, novillos, vaquillonas) y el afrechillo de arroz (AA) como suplemento. En escalas comerciales de producción, con un nivel de oferta del AA de 0,8-1,0% PV y recargas entre una y dos veces por semana del comedero, los animales lograron ganancias positivas de peso (0,12-0,28 kg/a/d) durante el periodo de evaluación (Cazzuli et al., 2017a). Asociado al alto contenido de grasa del AA, los autores reportaron que el uso de comederos de metal favoreció una “bajada” más fluida del AA hacia la parte inferior del comedero donde el animal accede al suplemento comparado con comederos de madera, ya que estos últimos predisponían a un mayor humedecimiento del AA.

Por su composición nutricional, el grano de lupino es un excelente suplemento para terneros sobre campo natural en el primer invierno (Figura 6). En una experiencia realizada en Facultad de Agronomía (D’Ambrosio et al., 2021), la ganancia diaria de peso obtenida por terneros sobre campo natural suplementados diariamente con grano de lupino a razón de 0,9% PV fue de 0,62 kg/a/d, logrando una eficiencia de conversión de 3,0 kg MS suplemento/kg PV adicional, tomando como referencia el desempeño de terneros sin suplementación (0,15 kg/a/día). En un experimento realizado junto a la

empresa MEGAAGRO, Larrosa y Onetto (2024) evaluaron la suplementación infrecuente o en comederos de autoconsumo con grano de lupino sobre campo natural en INIA Treinta y Tres. Se obtuvo una similar eficiencia de conversión que la suplementación diaria (3,3 kg MS suplemento/kg PV adicional) logrando ganancias de 0,35 kg/a/d (1,0% PV semanal de grano de lupino, entregado tres días por semana) y 0,95 kg/a/d (1,7% PV semanal de grano de lupino, entregado tres días por semana en comederos de autoconsumo).



El grano de lupino es muy apetecible y tiene un alto valor nutricional, logrando muy buenas eficiencias de conversión tanto en terneros como en novillos.

**Figura 6.** Ternero consumiendo grano de lupino entero (Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres).  
Foto: Eduardo Larrosa y Nicolás Onetto

En el tratamiento de autoconsumo se registraron picos de consumo diario de lupino superiores al 3,0% PV, generando la muerte de un animal por acidosis ruminal crónica. A pesar del bajo contenido de almidón del grano de lupino (< 3%), la patología ruminal realizada por el laboratorio veterinario fue confirmatoria de acidosis (Dutra, 2023). El alto consumo de grano de lupino suministrado ad libitum en comederos de autoconsumo, sumado a la presencia de carbohidratos solubles de alta digestibilidad en la fibra del grano (Gdala y Buraczewska, 1996), fueron los principales factores determinantes en causar acidosis ruminal (Allen et al., 1995).



## Suplementación en épocas no tradicionales: otoño y verano

Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup>, Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>, Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>2</sup>, Pablo Rovira<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó; <sup>3</sup>INIA Treinta y Tres.

Como se mencionó anteriormente, en INIA existe una experiencia muy larga de trabajos de suplementación de animales en pastoreo sobre pasturas mejoradas durante el invierno. A inicios de la década del 2000 se desarrollaron líneas de investigación que pretendían mitigar la “problemática otoñal” de las praderas y verdeos invernales, definida como pasturas de muy bajo contenido de materia seca (MS) o “aguachentas”, alto contenido de proteína soluble y bajo nivel de carbohidratos solubles (Vaz Martins y Banchemo, 2005). Estas características de la pastura determinan en el animal bajo consumo de MS aun frente a altas asignaciones de forraje, desbalance proteína-carbohidrato en el rumen y alta tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo (Fernández y Mieres, 2005). Como consecuencia, el animal no cumple con los requisitos diarios para suplir el nivel de energía necesario. Por otro lado, se producen diarreas no patológicas asociado al bajo contenido de MS de la pastura que comprometen la ganancia de peso, retrasando los procesos de crecimiento y engorde (Josifovich, 1995).

El uso de suplementos en forma de forrajes conservados (heno) y/o suplementos energéticos (granos) aparecieron como opciones interesantes para el otoño como forma de corregir las características del forraje, aun cuando la disponibilidad de este no era limitante, y superar las bajas ganancias de peso. En el caso del heno, el objetivo fue aportar fibra que aumente el contenido global de MS de la dieta enlenteciendo el tránsito del alimento a través del tracto digestivo. En el caso de suplementar con grano, se buscaba aportar carbohidratos solubles para aumentar la utilización de la proteína soluble del forraje, aumentando la síntesis de proteína microbiana, disminuyendo las pérdidas de nitrógeno en la orina y el costo energético de este proceso (Vaz Martins y Messa, 2007).

A nivel internacional, varios trabajos han reportado la reducción de las pérdidas de nitrógeno y la mejora en la síntesis de proteína bacteriana ruminal asociado a la suplementación con concentrados sobre pasturas tiernas de alta calidad, como raigrás y alfalfa (van Vuuren et al., 1993; Elizalde et al., 1999). A diferencia de la suplementación tradicional durante el invierno, en donde se busca aumentar el suministro de energía en la dieta mediante la adición de los nutrientes contenidos en el suplemento, la suplementación otoñal con concentrados es una herramienta para equilibrar la composición química de la pastura, agregando aquellos nutrientes en los que la pastura es deficiente o desbalanceada.

En una tesis de grado realizada en INIA Treinta y Tres, Ferreira Chávez et al. (2002) evaluaron el efecto de la suplementación con heno ad libitum en la ganancia de peso de novillos pastoreando raigrás y avena (20,0% MS y 14,4% PC). El consumo de heno fue de 0,57 kg/a/d, pero no se registraron diferencias

en la ganancia de peso entre los animales con y sin acceso a heno, promediando 1,39 kg/a/d. Una de las razones para la falta de respuesta a la suplementación con heno se atribuyó al contenido de MS del forraje, superior a 16%, umbral por debajo del cual se producirían los disturbios arriba mencionados (Josifovich, 1995). Similares resultados fueron obtenidos por Vaz Martins et al. (2005b) y Beretta et al. (2017), quienes no obtuvieron una respuesta significativa en la ganancia de peso de novillos manejados sobre praderas y raigrás, respectivamente, en otoño con o sin acceso a fardos de baja calidad.

En lo que respecta a la suplementación otoñal con granos (0,7-1,0% PV), Vaz Martins et al. (2005a) encontraron una respuesta significativa durante un período acotado de tres semanas al final del período experimental, donde se pudo observar el efecto del “otoño” sobre la ganancia de peso (Cuadro 1). Durante el resto del periodo experimental, la pastura se encontró en un estado vegetativo “sazonado” (25% MS y 15% PC), generando ganancias de peso elevadas para la estación del año sin un desbalance de entidad proteína/energía a nivel ruminal. Esto demuestra lo impredecible de la aparición del fenómeno y lo condicionado que está a los factores ambientales (Vaz Martins y Messa, 2007).

**Cuadro 1.** Ganancia de peso otoñal de novillos (kg/a/d) suplementados al 1% del peso vivo (PV) con grano de maíz o trigo sobre una pastura con base de alfalfa a una asignación de forraje de 4% (4 kg MS/100 kg PV/d).

	Todo el periodo (13/05/03 - 24/06/03)	Últimos 21 días
Testigo	0,58 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
Maíz	0,89 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b</sup>
Trigo	0,75 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05).

La inconsistencia de los resultados se debe a que el desbalance nutricional de pasturas de alta calidad en el otoño es altamente dependiente del año. El problema se manifiesta en mayor medida en otoños húmedos, calurosos, con baja radiación solar, neblinas y en ausencia de heladas tempranas que “sazonen” la pastura (Vaz Martins y Banchemo, 2005) (Figura 1). Simeone et al. (2008) reportaron una ganancia de peso media de 0,48 vs. 1,25 kg/a/d en novillos pastoreando verdes de invierno para años «malos» asociados a otoño lluviosos o «buenos» asociados a otoños secos, respectivamente. Además de ser una conjugación de factores del clima y la pastura, las bajas ganancias otoñales de peso generalmente ocurren durante un período acotado, por lo tanto, muchas veces la respuesta benéfica a la suplementación otoñal se diluye en períodos más largos de suplementación en donde la sustitución de forraje por grano cobra mayor relevancia en detrimento del efecto aditivo con estimulación del consumo de MS total.



Las bajas ganancias otoñales de peso ocurren en períodos acotados (semanas) donde se conjugan factores climáticos y nutricionales. Períodos de suplementación muy prolongados “diluyen” la respuesta positiva a la suplementación.

**Figura 1.** Vacas pastoreando avena en mayo donde se observan condiciones climáticas y de la pastura propensas a generar bajas ganancias de peso (Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres).

Foto: Pablo Rovira

La investigación en suplementación estival de vacunos ha sido más reciente y con un volumen de información sensiblemente menor comparado con la suplementación invernal. El verano es una época crítica para implementar sistemas pastoriles de recría e internada de vacunos, siendo necesario, en algunas situaciones, evaluar como alternativa la suplementación estival (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Escenarios en donde la suplementación estival de vacunos podría ser una alternativa productiva y empresarial.

- ✓ Déficit forrajero (sequías).
- ✓ Evitar “malvender” ganado a la entrada del verano.
- ✓ Disminución del área de pastoreo en sistemas agrícola-ganaderos liderados por cultivos de verano (arroz, soja).
- ✓ Necesidad de aliviar los pastoreos y la carga animal en praderas artificiales.
- ✓ Necesidad de acelerar la recría para cumplir objetivos de producción (ej. ingreso a un corral de engorde, inseminación).
- ✓ Mejorar el aprovechamiento de forraje acumulado de baja calidad (proteína).

Cazzuli et al. (2022b) realizaron dos experimentos donde reportaron una respuesta significativa a la suplementación con expeler de girasol (1,0% PV) de novillos pastoreando sudangrás o sorgo forrajero. Manejando una dotación de 7,5 novillos/ha (peso inicial = 279 kg), los animales suplementados ganaron 34% más peso comparado con aquellos sin acceso a suplemento (0,99 y 0,74 kg/a/d, respectivamente). Sin embargo, se obtuvo una elevada eficiencia de conversión, entre 10 y 16 kg de suplemento para lograr 1 kg de peso vivo adicional, comparado con el grupo testigo sin suplementación, que comprometió el beneficio económico de la suplementación. Los autores atribuyeron dicha ineficiencia al alto nivel de suplementación proteica y a la sustitución del consumo de forraje por el consumo del suplemento (Lagomarsino, 2014; Lagomarsino, 2017a; Cazzuli et al., 2022b). Manejando el mismo nivel de suplementación (1,0% PV) con grano de lupino y una dotación de 5,9 UG/ha, Beretta et al. (2022) lograron ganancias de peso de 0,95 y 0,23 kg/a/d en novillos con y sin suplemento, respectivamente, y una eficiencia de conversión de 4,3 kg de MS lupino/kg PV adicional comparado con el grupo sin suplemento. A pesar de



que en ambos trabajos la respuesta a la suplementación fue similar en ganancia de peso (-0,90 kg/a/d), la variación del desempeño de los animales testigo sin acceso a suplementación pudo estar asociada a la productividad y composición química del sorgo forrajero en cada año particular y/o al manejo del pastoreo. Por lo tanto, la incorporación de la suplementación sobre sorgo forrajero resultaría en una mayor predictibilidad y estabilidad en la producción animal obtenida.

Estudios desarrollados en la región de Basalto evaluaron distintas fuentes de suplementación sobre sorgo forrajero, incluyendo grano de maíz (GM), afrechillo de arroz (AA) y expeler de girasol (EG) y de soja (ES). Manejando un nivel de suplementación de 0,5% PV, Lagomarsino et al. (2015; 2017b) reportaron que GM, AA y EG no generaron diferencias consistentes en la ganancia diaria de peso, independientemente de la carga animal utilizada, situándose en el entorno de 0,40 kg/a/d. Estos animales suplementados tuvieron ganancias superiores a las obtenidas por los animales que pastoreaban únicamente sorgo forrajero (0,25 kg/a/d) y manifestaron una mejor eficiencia de conversión del suplemento en la dotación de 10 novillos/ha comparado con la de 7,5 novillos/ha (6,8 y 10,8 kg MS suplemento/kg PV adicional, respectivamente) (Montossi, 2020). En otro grupo de experimentos, Lagomarsino et al. (2017b) tampoco encontraron importantes diferencias en la respuesta animal entre las fuentes consideradas (GM, AA, EG y ES), pero la respuesta a la suplementación con GM fue más sensible a la variación del contenido de proteína del sorgo forrajero entre años, donde en condiciones más bajas de proteína en el forraje (3-7% PC) la respuesta animal fue inferior comparado con condiciones de mayor nivel de proteína en el sorgo forrajero (6-9% PC). El beneficio obtenido por la suplementación sobre los animales pastoreando sorgo forrajero se observaría particularmente en etapas avanzadas del cultivo, cuando este comienza a perder valor nutricional. Siendo así, la respuesta productiva y económica mejoraría si la aplicación de esta suplementación estratégica se concentrara en esta "ventana" de oportunidad (Cazzuli et al., 2017b).

Trabajos de suplementación estival en vacunos también fueron realizados sobre praderas y campo natural. En 2021, novillos (peso inicial: 348 kg PV) suplementados al 0,8% PV con grano de lupino o grano de maíz registraron una ganancia de 0,37 y 0,14 kg/a/d, respectivamente, sobre campo natural mejorado con predominio de festuca (5 novillos/ha), valores significativamente superiores a la ganancia registrada en los animales sin suplemento que perdieron 0,05 kg/a/d (Canozzi et al., 2022b). La eficiencia de conversión fue de 5,7 (lupino) y 10,0 (maíz) kg MS suplemento/kg PV adicional. Según los autores, las condiciones de la pastura (9% PC y 65% FDN) favorecieron una mejor respuesta a la suplementación con lupino, grano de alta degradabilidad y aporte de proteína que probablemente aceleró la tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo y aumentó el consumo total de MS. En el verano 2022, los mismos autores reportaron ganancias de 0,70 (grano seco de destilería con solubles) y 0,86 (maíz quebrado) kg/a/d en novillos (peso inicial: 354 kg) suplementados al 0,8% PV sobre una mezcla de alfalfa y *Dactylis glomerata* a una asignación de forraje de 3,5% PV, mientras que los animales sin suplementación ganaron 0,56 kg/a/d (Canozzi et al., 2022b). En esta situación, la mayor energía suministrada por el grano de maíz comparado con el grano de destilería (3,2 y 2,5 Mcal EM/kg MS, respectivamente) complementó mejor el alto contenido

proteico de la pastura (21% PC), lo que se reflejó también en la eficiencia de conversión obtenida (8,2 y 14,3 kg MS suplemento/kg PV adicional, respectivamente).

En campo natural (Figura 2), durante dos veranos consecutivos con importante déficit hídrico y forrajero (2020/21, 2021/22), novillos de sobreaño (peso inicial: 280 kg) suplementados con una ración energético-proteica al 1,0% PV registraron una ganancia de peso promedio de 0,80 kg/a/d comparado con 0,32 kg/a/d en los animales sin suplemento a una dotación de 1,5-2,0 novillos/ha con una eficiencia de conversión de 6,2 (2021) y 7,7 (2022) kg MS suplemento/kg PV adicional (Rovira et al., 2022; Amorín y Pijuan, 2023). Una de las interrogantes planteadas en estos dos trabajos fue si el consumo de suplemento podría aumentar la producción de calor interno del animal incrementando el riesgo de estrés calórico. Este es un factor adicional que puede interferir con la respuesta a la suplementación estival, y que no está presente en los esquemas tradicionales de suplementación invernal. En los dos años evaluados, la suplementación no afectó la tasa respiratoria de los animales si bien hubo un incremento de la temperatura corporal subcutánea medida a través de la colocación de sensores en el animal en las horas siguientes al suministro del suplemento. La diferencia en la temperatura corporal, que llegó a ser 1°C más entre las 9 y las 10h en los animales suplementados, tendió a desaparecer hacia mediodía luego de que los animales se retiraban a la sombra después de haber ingerido el suplemento (Rovira et al., 2022).

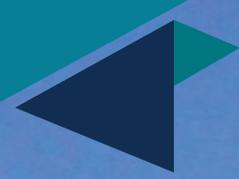


Previo inicio a la suplementación estival es clave tener asegurado el suministro de agua y sombra de manera de no comprometer el bienestar animal y la respuesta a la suplementación.

**Figura 2.** Novillos suplementados sobre campo natural en verano (Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres).

Foto: Pablo Rovira

Comparado con la suplementación tradicional durante el invierno, la eficiencia de conversión del suplemento durante el período estival presentó una mayor variación (5,7 - 14,3 kg MS suplemento/kg PV adicional). Es esperable una mayor variabilidad en la conversión del suplemento durante el verano asociado a la productividad y a la calidad de la base forrajera, estando estrechamente relacionado al régimen de lluvias. Esto obliga a determinar año a año las necesidades reales de suplementación estival en función del clima, la pastura y las relaciones de precio, a diferencia del invierno donde es más probable la falta de pasto y el retorno económico positivo de la suplementación.





## Suplementación *ad libitum* en comederos de autoconsumo: ¿raciones con sal o con cáscara de arroz?

Pablo Rovira<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIA Treinta y Tres; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó.

Las raciones estándar de autoconsumo con agregado de sal (cloruro de sodio, NaCl) para limitar el consumo animal generalmente presentan alrededor de 10% de NaCl. De acuerdo con experimentos realizados en INIA Treinta y Tres, a dicho nivel la limitación de la tasa de consumo de suplemento ocurre a 1,7% PV/a/d (min. 1,6; máx. 1,9) (Rovira et al., 2012; Rovira y Velazco, 2012b; Velazco et al., 2012; Rovira y Echeverría, 2014b). En situaciones comerciales, donde se utilizan más animales por comedero y existe mayor competencia por el acceso a la ración, dicho umbral puede descender al 1,5% PV/a/d. A nivel experimental, la tasa de consumo disminuyó de 1,7% a 1,2% PV/a/d cuando se incrementó de 10 a 15% el contenido de NaCl (Rovira y Velazco, 2012c).

Existen algunas preocupaciones asociadas al uso de raciones con alto contenido de sal como su impacto ambiental (salinización), su naturaleza corrosiva, la capacidad del ganado para adaptarse al consumo de sal incrementando el umbral de tolerancia y un mayor requerimiento de agua (Bohnert y Del Curto, 2003). También, la inclusión de NaCl en cantidades significativas tiene un costo adicional debido al alto precio de mercado de la sal, por lo tanto, las raciones con NaCl para limitar el consumo tienden a ser más caras que sus pares sin NaCl adicional. Desde el punto de vista nutricional, el agregado de NaCl generalmente está asociado a una disminución de la materia orgánica (MO) de la ración, ya que quita lugar a otros ingredientes de mayor aporte nutricional. En experimentos realizados en INIA Treinta y Tres que utilizaron la misma ración sin y con sal adicional (<1% y 9% NaCl, respectivamente), la fracción MO disminuyó 13% en estas últimas (Rovira y Velazco, 2012c). A menor contenido de MO disminuye la concentración energética de la ración, asumiendo igual digestibilidad de la MO. Además, algunos autores han reportado una reducción significativa en la digestibilidad de la MO en suplementos con alto contenido de NaCl (Nelson et al., 1955; Chicco et al., 1971; Thomas et al. 2007). Siendo así, las raciones con NaCl adicional generalmente resultan no sólo en un mayor precio por tonelada sino también en un mayor precio por unidad de energía disponible.

Existe otro grupo de raciones de autoconsumo que no contienen NaCl adicional como limitador de consumo, pero que incorporan fibra corta adicional, como ser cáscara de arroz (CA) o retornable fino de la forestación (Rovira, 2014c; Casaretto y Mondelli, 2017; Simeone et al., 2022). Dicha fibra no limita el consumo animal, pero actúa como un seguro para evitar disturbios metabólicos en un escenario esperado de alto consumo de ración. Dichas raciones se originaron para facilitar el suministro de fibra físicamente efectiva en corrales de engorde prescindiendo del heno o silo de planta entera (Clariget et al., 2023).

El aporte nutricional de la CA es muy bajo debido a su baja digestibilidad, bajo aporte energético (72% FDA) y proteico (3% PC), alto contenido de fibra (81% FDN), sílice (23%) y lignina (16%) (Van Soest, 2006). Adicionalmente, puede causar efectos adversos en la salud animal cuando es suministrada en altas cantidades (Tillman et al., 1969). Sin embargo, cuando se incluye a bajos niveles (< 8%) en raciones balanceadas no se afecta globalmente el valor nutritivo de la ración y se adiciona fibra físicamente efectiva que mejora el ambiente ruminal. La tasa de consumo de bovinos en pastoreo de raciones de autoconsumo con CA promedió 3,0% PV (min. 2,7; máx. 3,6) en cuatro trabajos experimentales llevados a cabo en las regiones de lomadas del este, areniscas y basalto (Cuadro 1), logrando ganancias de peso entre 1,10 - 1,50 kg/a/d.

**Cuadro 1.** Desempeño productivo de bovinos suplementados ad libitum con raciones de autoconsumo.

Referencia	Pastura <sup>1</sup> / Categoría <sup>2</sup>	Ración <sup>3</sup>	Consumo (% PV/d)	Ganancia (kg/a/d)	EC <sup>4</sup>
Rovira et al. (2012a)	CN, Ter.	RB 9% sal	1,7	0,41	-
Rovira y Velazco (2012b)	PP, Nov.	RB 9% sal	1,8	0,97	8,1
Rovira (2014c)	CN, Ter.	RB 8% CA	3,0	1,35	5,4
	MC, Ter.	RB 8% CA	2,7	1,58	8,9
	MC, Ter.	RB 8% CA	2,9	1,50	7,6
Rovira y Echeverría (2014b)	MC, Ter.	SM 10% sal	1,6	0,74	6,5
		RB 10% sal	1,9	1,00	5,8
		RB 8% CA	2,9	1,47	6,0
Cazzuli (2017)	CN, Ter.	RB 8% CA	3,2	1,13	9,4
	CN, Ter.	RB 8% CA	3,6	1,32	7,7

<sup>1</sup>CN: campo natural, PP: pradera, MC: mejoramiento de campo; <sup>2</sup>Ter.: terneros, Nov.: novillos; <sup>3</sup>RB: ración balanceada, SM: sorgo molido, CA: ración con cáscara de arroz; <sup>4</sup>EC: eficiencia de conversión del suplemento (kg MS suplemento necesarios para depositar 1 kg de PV adicional comparado con animales sin suplemento).

Se debe considerar que animales suplementados con ración de autoconsumo con CA realizan visitas (“comidas”) menos frecuentes al comedero y permanecen más tiempo ya que no existe limitador de consumo en la ración. Es decir, los primeros animales que llegan al comedero tienen más probabilidad de consumir más ración que aquellos más rezagados. Por el contrario, animales suplementados con ración de autoconsumo con sal realizan visitas más cortas y frecuentes por la sensación de sed y saciedad que provoca la sal, generando un mayor recambio de animales en el comedero (Rovira y Echeverría, 2014b) (Figura 1).



Comparado con las raciones con sal adicional, las raciones de autoconsumo con fibra (cáscara de arroz) no limitan el consumo de suplemento, por lo que logran mayores ganancias de peso manteniendo una eficiencia de conversión biológicamente aceptable.

**Figura 1.** Terneros sobre campo natural suplementados en autoconsumo con ración conteniendo 10% de sal realizaron entre 2 y 4 visitas diarias al comedero con una duración de 25-30 minutos por visita (Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres).

Foto: Pablo Rovira

La suplementación en comederos de autoconsumo puede generar una mayor variabilidad en la ganancia de peso entre animales, y por ende en el peso vivo al finalizar la etapa de suplementación. Esto se debe a la dominancia de una proporción de los animales, que por lo tanto registran mayor consumo de suplemento y mejor ganancia de peso, en detrimento de otros más sumisos. Este efecto ha sido difícil de cuantificar a nivel experimental donde se utilizan pocos animales, pero se ha observado en los sistemas comerciales que utilizan mayor cantidad de animales por comedero. Por tal motivo, resulta importante la observación periódica del grupo de animales y , eventualmente, tomar medidas para amortiguar dicho efecto (ej. retirar animales que no se acercan al comedero o aquellos muy dominantes).

## Literatura citada

- ALEJANDRO, R.; SCIARRA, G. 2014. Efecto de la suplementación infrecuente con sorgo de grano húmedo de novillos pastoreando avena. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 68 p.
- ALLEN, J.G.; TUDOR, G.D.; PETTERSON, D.S. 1995. The feeding of lupin grain can cause rumen acidosis and rumenitis. En: GARLAND, T.; BARR, A.C. (Eds.), Toxic plants and other natural toxicants. Wallingford, UK: CAB International. p. 143-148.
- AMORIN, L.; PIJUAN, J. 2023. Suplementación infrecuente de novillos a campo natural durante el periodo estival. Tesis Ing. Agr., Universidad de la Empresa, Facultad de Ciencias Agrarias, Montevideo (Uruguay).
- BALDI, F.; MIERES, J.; BANCHERO, G. 2008. Suplementación en invernada intensiva: La suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable. En: Jornada de Producción Animal, INIA La Estanzuela. Colonia, UY: INIA. p. 39-52. (INIA Serie Actividades Difusión; 532)
- BANCHERO, G.; GONZÁLEZ, D.; MARCHELLI, J.P. 2021. Confinamiento de ovejas de cría en verano. Revista INIA 66: 17-20.
- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. 2003. Invited Review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. Journal of Dairy Science 86(1): 1-42.
- BENÍTEZ, S.; CUNHA, F.; FERNÁNDEZ, G.; VELAZCO, J.; ROVIRA, P. 2014. Efecto de la sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico en el desempeño productivo de terneros suplementados con grano húmedo de sorgo sobre campo natural. En: ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo, UY: INIA. p. 29-46 (INIA Serie Técnica; 212)
- BERETTA, V.; SIMEONE, A.; FRANCO, J.; BENTANCUR, O. 2017. Suplementación con fuentes de fibra o almidón a novillos en terminación pastoreando verdes de invierno. Agrociencia Uruguay 21(1): 131-139.
- BERETTA, V.; SIMEONE, A.; BURJEL, V.; ZABALVEYTIA, N.; ACOSTA, A.; SIMEONE, P.; UBILLA, N. 2022. Efecto de la suplementación con grano de lupino y su procesamiento sobre la performance de novillos pastoreando sorgo forrajero. Proceedings of the 23<sup>a</sup> Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). Paysandú, UY, Facultad de Agronomía. p. 24-31.
- BOHNERT, D.; DEL CURTO, T. 2003. Supplementation strategies for beef cattle consuming low quality forage. Cattle Producer's Library. Nutrition Section CL 318. Disponible en: <https://agsci.oregonstate.edu/biblio/supplementation-strategies-beef-cattle-consuming-low-quality-forage>
- BUONO, J.; CASH, L.; VAGO, I. 2007. Efecto de la frecuencia de la suplementación con sorgo grano húmedo en la performance y terminación de novillos pastoreando avena. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 87 p.
- CANOZZI, M.E.A.; BANCHERO, G.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A.; PÉREZ, E.; CLARIGET, J. 2022a. Niveles crecientes de suplementación con grano seco de maíz durante el engorde de novillos en pastura de raigrás. ¿Cuáles son los efectos en el consumo de forraje, la eficiencia de conversión y el peso de la canal? Revista INIA 69: 11-15.
- CANOZZI, M.E.A.; ZARZA, R.; BANCHERO, G.; LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; PÉREZ, E.; CLARIGET, J. 2022b. Suplementación estival de novillos sobreano en pastoreo. Revista INIA 71: 25-28.
- CANOZZI, M.E.A.; BANCHERO, G.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A.; CLARIGET, J. 2023. Individual feed intake and performance of finishing steers on ryegrass pasture supplemented with increasing amounts of corn using an automated feeding system. Livestock Science 269: 105169.
- CASARETTO, A.; MONDELLI, S. 2017. Evaluación del retornable fino como fuente de fibra efectiva y del sistema de autoconsumo como método de suministro de raciones sin fibra larga sobre la performance a corral y a la faena de novillos Hereford. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 72 p.
- CAZZULI, F.A. 2017. Efecto de la suplementación infrecuente y auto suministro de suplemento en la recría bovina sobre campo natural. MSc Tesis, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 163 p.
- CAZZULI, F.A.; CLARIGET, J.; LARRATEA, F.; PORCILE, V.; CHALKLING, D.; MONTOSI, F. 2017a. Resultados de validación a nivel comercial de sistemas de suplementación mediante auto-suministro de afrechillo de arroz en diferentes categorías bovinas. En: MONTOSI, P. (Ed.), Sistemas de suplementación mediante auto-suministro para la mejora de la recría invernal de terneros sobre campo natural en el norte del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. p. 47-62 (INIA Serie Técnica; 234)

- 
- CAZZULI, F.; MONTOSI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; CUADRO, R. 2017b. Reflexiones finales. En: MONTOSI, F.; CAZZULI, F.; LAGOMARSINO, X. (Eds.), *Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto*. Montevideo, UY: INIA. p. 85-92 (INIA Serie Técnica; 230)
- CAZZULI, F.; SÁNCHEZ, J.; HIRIGOYEN, A.; ROVIRA, P.; BERETTA, V.; SIMEONE, A.; JAURENA, M.; DURANTE, M.; SAVIAN, J.; POPPI, D.; MONTOSI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; BRITO, G.; VELAZCO, J.I.; BREMM, C., LATTANZI, F. 2022a. Eficiencia de uso de suplementos energético-proteicos en vacunos en invierno sobre campo natural: análisis de casi 30 años de ensayos nacionales. *Revista INIA* 68: 19-22.
- CAZZULI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; MONTOSI, F. 2022b. ¿Existe respuesta a la suplementación estratégica en novillos de recría pastoreando sudangrás y sorgo forrajero? *Agro Sur* 47(2): 7-17.
- CAZZULI, F.; SÁNCHEZ, J.; HIRIGOYEN, A.; ROVIRA, P.; BERETTA, V.; SIMEONE, A.; JAURENA, M.; DURANTE, M.; SAVIAN, J.; POPPI, D.; MONTOSI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; BRITO, G.; VELAZCO, J.I.; BREMM, C., LATTANZI, F. 2023a. Supplement feed efficiency of growing beef cattle grazing native Campos grasslands during winter: a collated analysis. *Translational Animal Science* 7: 1-14.
- CAZZULI, F.; DURANTE, M.; HIRIGOYEN, A.; SÁNCHEZ, J.; ROVIRA, P.; BERETTA, V.; SIMEONE, A.; JAURENA, M.; SAVIAN, J.V.; POPPI, D.; MONTOSI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; BRITO, G.; VELAZCO, J.I.; LATTANZI, F.; BREMM, C. 2023b. Beef cattle grazing native grasslands may follow three different supplement response patterns. *Grasses* 2: 168-184.
- CAZZULI, F.; DURANTE, M.; HIRIGOYEN, A.; SÁNCHEZ, J.; ROVIRA, P.; BERETTA, V.; SIMEONE, A.; JAURENA, M.; SAVIAN, J.; POPPI, D.; MONTOSI, F.; LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; BRITO, G.; VELAZCO, J.I.; LATTANZI, F.A.; BREMM, C. 2023c. Dinámica de la respuesta a la suplementación invernal de bovinos sobre campo natural. *Revista INIA* 75: 12-16.
- CHICCO, C.F.; SCHULTZ, T.A.; RIOS, J.; PLASSE, D.; BURGUERA, M. 1971. Self-feeding salt-supplement to grazing steers under tropical conditions. *Journal of Animal Science* 33: 142-146.
- CIBILS, R.; VAZ MARTINS, D.; RISSO, D. 1997. ¿Qué es suplementar? En: VAZ MARTINS, D. (Ed.), *Suplementación estratégica para el ganado en engorde*. Montevideo, UY: INIA. p. 7-11 (INIA Serie Técnica; 83)
- CLARIGET, J.M.; LEMA, M.; BRITO, G.; PÉREZ, E.; MONTOSI, F.; LA MANNA, A. 2014. Alimentación en sistemas ganaderos intensivos de producción de carne: recomendaciones para la mejora de la productividad. *Revista INIA* 37: 19-24.
- CLARIGET, J.M.; LA MANNA, A. 2016. Consideraciones para no excederse de grasa en dieta de bovinos. Disponible: <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Consideraciones%20para%20no%20excederse%20de%20grasa%20en%20dieta%20de%20bovinos.pdf>
- CLARIGET, J.M.; LEMA, O.M.; LA MANNA, A.; PEREZ, E.; BANCHERO, G.; FERNÁNDEZ, E. 2021. Estimated beef cattle performance under intensive grazing systems in Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 25(1): e107.
- CLARIGET, J.; BANCHERO, G.; AZNÁREZ, V.; ROIG, G.; CANOZZI, M.E.A.; PÉREZ, E.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A. 2023. Cuando lo que tenemos que suplementar es la fibra. *Revista INIA* 72: 18-21.
- COZZOLINO, D. 2000. Características de los suplementos utilizados en Uruguay para su empleo en alimentación animal. Montevideo, UY: INIA. 20 p. (INIA Serie Técnica; 110)
- D'AMBROSIO, B.; MOTTA, M.; PEDETTI, J. 2021. Efecto de la suplementación invernal con grano de lupino sobre la performance de terneros Hereford pastoreando campo natural. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 110 p.
- DUTRA, F. 2023. Acidosis ruminal crónica por lupino australiano. *Archivo Veterinario del Este* 26: 2-3.
- ELIZALDE, J.C.; MERCHEN, N.R.; FAULKNER, D.B. 1999. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: II. Protein and amino acid digestion. *Journal of Animal Science* 77: 467-475.
- FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J. 2005. Algunos conceptos sobre el uso de suplementos en sistemas invernaderos. En: *Jornadas Producción Animal Intensiva*, INIA La Estanzuela. Colonia, UY: INIA. p. 1-10. (INIA Serie Actividades Difusión; 406)
- FERREIRA CHÁVEZ, E.; FIGARES, C. L.; RODRÍGUEZ, J. F. 2002. Efecto de la suplementación con heno sobre verdeos de invierno en el engorde de novillos. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 194 p.





GDALA, J.; BURACZEWSKA, L. 1996. Chemical composition and carbohydrate content of seeds from several lupin species. *Journal of Animal and Feed Sciences* 5: 403-416.

INIA-MGAP-IPA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Instituto Plan Agropecuario). 2015. Características de los suplementos. En: *Alternativas para enfrentar situaciones de crisis forrajera*. Montevideo, UY: INIA-MGAP-IPA. p. 6-7.

JOSIFOVICH, J.A. 1995. Invernada en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, ARG: Hemisferio Sur. 319 p.

LAGOMARSINO, X.; SOARES DE LIMA, J.M.; MONTOSSI, F. 2014. Uso eficiente de la mano de obra: suplementación invernal infrecuente de terneros sobre praderas. *Revista INIA* 37: 25-31.

LAGOMARSINO, X.; CAZZULI, F.; BOTTERO, S.; MARTÍNEZ, Y.; MONTOSSI, F. 2015. Estrategias de alimentación estival de novillos en la región de Basalto. *Revista INIA* 43: 17-22.

LAGOMARSINO, X., CAZZULI, F.; LUZARDO, S.; MONTOSSI, F. 2017a. Evaluación de la productividad de novillos pastoreando sorgo forrajero y sudangrás con suplementación proteica. En: MONTOSSI, F.; CAZZULI, F.; LAGOMARSINO, X. (Eds.), *Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto*. Montevideo, UY: INIA. p. 25-45 (INIA Serie Técnica; 230)

LAGOMARSINO, X., CAZZULI, F.; LUZARDO, S.; MONTOSSI, F. 2017b. Evaluación de novillos sobre sorgo forrajero con distintas cargas y tipo de suplementación. En: MONTOSSI, F.; CAZZULI, F.; LAGOMARSINO, X. (Eds.), *Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto*. Colonia, UY: INIA. p. 46-77 (INIA Serie Técnica; 230)

LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J. BANCHERO, G.; VAZ MARTINS, D. 2005. Frecuencia de alimentación: una estrategia de manejo. En: *Jornadas Producción Animal Intensiva, INIA La Estanzuela*. Montevideo, UY: INIA. p. 47-57. (INIA Serie Actividades Difusión; 406)

LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J.; BANCHERO, G.; VAZ MARTINS, D. 2007. Suplementación infrecuente: ¿es posible trabajar menos y producir lo mismo? *Revista INIA* 10: 15-18.

LA MANNA, A.; BANCHERO, G.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J.; TIERI, M.P.; PÉREZ, E. 2014. Efecto de la suplementación infrecuente y de dos niveles de expeler de girasol en el desempeño productivo de novillos pastoreando un rastrojo de sorgo cosechado para grano húmedo. En: *Jornada Técnica, INIA La Estanzuela*. Colonia, UY: INIA. p. 43-44. (INIA Serie Actividades Difusión; 645)

LARROSA, E.; ONETTO, N. 2024. Evaluación de distintas estrategias de suplementación invernal de terneros con grano entero de lupino sobre campo natural. Tesis Ing. Agr., Universidad de la Empresa, Facultad de Ciencias Agrarias, Montevideo (Uruguay).

LUZARDO, S.; CUADRO, R.; LAGOMARSINO, X.; MONTOSSI, F.; BRITO, G.; LA MANNA, A. 2014. Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto - Suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en Basalto. En: BERRETTA, E.; MONTOSSI, F.; BRITO, G. (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto*. Montevideo, UY: INIA. p. 93-125 (INIA Serie Técnica; 217).

LUZARDO, S.; CUADRO, R. 2018. El uso de pasturas sembradas y suplementación en la recría de terneros machos en el Basalto. *Revista INIA* 53: 18-21.

McCOLLUM, T. 1997. *Supplementation strategies for beef cattle*. Texas Agricultural Extension Service. Publication B-6067. Disponible en: <https://amarillo.tamu.edu/files/2015/10/Supplementation-Strategies-B6067.pdf>

MIERES, J.; ACOSTA, Y.; LA MANNA, A. 2010. Parámetros de calidad de alimentos y requerimientos nutritivos para el ganado lechero. Montevideo, UY: INIA. 2 p. (Cartilla n.9)

MONTOSSI, F.; LUZARDO, S.; BRITO, G.; CUADRO, R.; BERRETTA, E. 2009. Estrategias de manejo en otoño-invierno para mitigar los efectos de la sequía en sistemas extensivo de recría e invernada. *Revista INIA* 17: 16-20.

MONTOSSI, F. 2020. Engorde y recría de novillos sobre sorgo forrajero: uso e impacto en producción animal. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=3jVo5V5enRQ>

NELSON, A.B.; MACVICAR, R.W.; ARCHER, W.; MEISKE, J.C. 1955. Effect of a high salt intake on the digestibility of ration constituents and on nitrogen, sodium, and chloride retention by steers and wethers. *Journal of Animal Science* 14: 825-830.



QUINTANS, G.; VAZ MARTINS, D.; CARRIQUIRY, E. 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. En: Jornada Campo Natural, INIA Treinta y Tres. Montevideo, UY: INIA. p. 35-53. (INIA Serie Actividades Difusión; 49)

QUINTANS, G. 1994. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. En: QUINTANS, G.; FIGURINA, G.; SARAIVIA, H. (Eds.), Bovinos para carne: avances en suplementación de la cría e internada intensiva, INIA Treinta y Tres. Treinta y Tres, UY: INIA. p. 13-21. (INIA Serie Actividades Difusión; 34)

QUINTANS, G.; VAZ MARTINS, D. 1994. Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. En: QUINTANS, G.; FIGURINA, G.; SARAIVIA, H. (Eds.), Bovinos para carne: avances en suplementación de la cría e internada intensiva, INIA Treinta y Tres. Treinta y Tres, UY: INIA. p. 8-12. (INIA Serie Actividades Difusión; 34)

QUINTANS, G. 2014. La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría. En: Seminario de actualización técnica: estrategias de intensificación ganadera, INIA Treinta y Tres. Montevideo, UY: INIA. p. 1-15. (INIA Serie Actividades Difusión; 734).

RAMOS, B.; BANCHERO, G.; LA MANNA, A.; CANOZZI, M.E.A.; FERNÁNDEZ, E.; CLARIGET, J. 2024. Applicability of an automated supplement feeder to dose titanium dioxide to estimate forage intake, fecal output, and diet digestibility of beef cattle. *Applied Animal Science* 40: 132-141.

RISSO, D.F.; AHUNCHAÍN, M.; CIBILS, R.; ZARZA, A. 1991. Suplementación en internadas del litoral. En: RESTAINO, E.; INDARTE, E. (Eds.), Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, UY: INIA. p. 51-65. (INIA Serie Técnica; 15)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I. 2012a. Ensilaje de grano húmedo de sorgo: guía práctica para su uso en la alimentación de ganado en regiones ganaderas. Montevideo, UY: INIA. 22 p. (INIA Boletín de Divulgación; 101).

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I. 2012b. Comparación de la suplementación diaria o en autoconsumo en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. p. 33-42 (INIA Serie Técnica; 199)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I. 2012c. Evaluación de un sistema de autoconsumo restringido con distinto contenido de sal en la ración en terneros suplementados sobre campo natural. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. Montevideo, UY: INIA. p. 23-31 (INIA Serie Técnica; 199)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I.; QUINTANS, G. 2012. Monitoreo del consumo y conducta de terneros suplementados en comederos de autoconsumo sobre campo natural. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. Montevideo, UY: INIA. p. 13-21 (INIA Serie Técnica; 199)

ROVIRA, P. 2014a. Análisis integrado de los trabajos experimentales. En: ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Colonia, UY: INIA. p. 81-89. (INIA Serie Técnica; 212)

ROVIRA, P. 2014b. Efecto de la adición de urea al grano húmedo de sorgo en el desempeño productivo de novillos suplementados sobre campo natural. En: ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo, UY: INIA. p. 59-67. (INIA Serie Técnica; 212)

ROVIRA, P. 2014c. Suplementación de bovinos en autoconsumo: uso de raciones con fibra. Montevideo, UY: INIA. 2 p. (Cartilla n. 23)

ROVIRA, P.; ECHEVARRÍA, J. 2014a. Efecto del nivel de suplementación de una mezcla de grano húmedo de sorgo y núcleo proteico en el desempeño productivo de terneros sobre campo natural. En: ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo, UY: INIA. p. 69-79. (INIA Serie Técnica; 212)

ROVIRA, P.; ECHEVERRÍA, J. 2014b. Efecto del tipo de ración en el consumo, desempeño productivo y conducta de terneros suplementados en autoconsumo. En: Seminario de actualización técnica: estrategias de intensificación ganadera, INIA Treinta y Tres. Treinta y Tres, UY: INIA. p. 16-12. (INIA Serie Actividades Difusión; 734)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I. 2014. Efecto del agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en el crecimiento de terneros suplementados sobre campo natural. En: ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo, UY: INIA. p. 12-22. (INIA Serie Técnica; 212)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.; MONTOSSI, F. 2014. Desempeño productivo de terneros sobre campo natural suplementados con grano húmedo de sorgo y distintos niveles de nitrógeno de liberación lenta (Rumenfeed™). En:

ROVIRA, P. (Ed.), Suplementación de bovinos con grano húmedo de sorgo y fuentes proteicas sobre campo natural. Montevideo, UY: INIA. p. 45-78. (INIA Serie Técnica; 212)



ROVIRA, P.; AMORÍN, L.; PIJUAN, J.; LORENZO, P. 2022. Suplementación estival de novillos sobre campo natural: ¿estrategia productiva o económica? Revista INIA 71: 17-21.

SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.C.; FRANCO, J. 2008. Suplementación otoñal de novillos en engorde. Proceedings of the Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIIC). Paysandú, UY, Facultad de Agronomía. p. 24-28.

SIMEONE, A.; BENTANCUR, O.; MANASLISKI, E.; RODRÍGUEZ, F.; FÉLIX, M.; MARIZCURRENA, M.; BERETTA, V. 2022. Evaluation of Wood chips and rice hulls as alternative fiber sources in rations self-fed to early weaned calves. Animal Feed Science and Technology 291: 115351.

THOMAS, D.; BLACHE, D.; REVEL, D.; NORMAN, H.; VERCOE, P.; DURMIC, Z.; DIGBY, S.; MAYBERRY, D.; CHADWICK, M.; SILLENCE, M.; MASTERS, D. 2007. The impact of high dietary salt and its implications for the management of livestock grazing saline land. Proceedings of the Agribusiness Livestock Updates. Perth, Australia. p. 82-83.

TILLMAN, A.D.; FURR, R.D.; HANSEN, K.R.; SHERROD, L.B.; WORD, J.D., Jr. 1969. Utilization of rice hulls in cattle finishing rations. Journal of Animal Science 29: 792-796.

VAN SOEST, P.J. 2006. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. Animal Feed Science and Technology 130: 137-171.

VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J.; VROONS DE BRUIN, J. 1993. Ryegrass versus corn starch or beet pulp fiber diets effects on digestion and intestinal amino acid in dairy cows. Journal of Dairy Science 76: 2692-2700.

VAZ MARTINS, D. 1997. Suplementación energética en condiciones de pastura limitante. En: VAZ MARTINS, F. (Ed.), Suplementación estratégica para el ganado en engorde. Montevideo, UY: INIA. p. 17-22. (INIA Serie Técnica; 83)

VAZ MARTINS, D.; CIBILS, R.; AHUNCHAIN, M.; de LAMARE, M.C. 1998. Engorde de novillos en base a silo de maíz suplementado con pasturas o expeller de girasol. En: VAZ MARTINS, F. (Ed.), Utilización de ensilaje de maíz y grano para el engorde de novillos. Montevideo, UY: INIA. p. 1-12. (INIA Serie Técnica; 98)

VAZ MARTINS, D.; BANCHERO, G. 2005. Alternativas de suplementación y manejo de bovinos y ovinos para superar las bajas ganancias de otoño-invierno. En: Jornada, INIA La Estanzuela. Colonia, UY: INIA. p. 11-12. En: (INIA Serie Actividades Difusión; 406)

VAZ MARTINS, D.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A.; MIERES, J.; BANCHERO, G. 2005a. Efecto de la degradabilidad del grano como suplemento sobre la ganancia en peso vivo de novillos sobre una pastura de leguminosas en otoño-invierno y primavera. En: Jornada, INIA La Estanzuela. Treinta y Tres, UY: INIA. p. 13-15. En: (INIA Serie Actividades Difusión; 406)

VAZ MARTINS, D.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A.; MIERES, J.; BANCHERO, G.; MESSA, A.; BONO, S. 2005b. Efecto del nivel de oferta de forraje y de la suplementación con grano y heno en la performance de novillos que pastorean una mezcla de leguminosas y gramíneas durante el otoño. En: Jornada, INIA La Estanzuela. Treinta y Tres, UY: INIA. p. 17-20. En: (INIA Serie Actividades Difusión; 406)

VAZ MARTINS, D.; MESSA, A. 2007. Las bajas ganancias otoñales en bovinos, un fenómeno multicausal. Revista INIA 10: 2-5.

VELAZCO, J.I.; ROVIRA, P. 2012. Efecto del método de entrega de la ración en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. p. 51-55 (INIA Serie Técnica; 199)

VELAZCO, J.I., ROVIRA, P.; BONILLA, O. 2012. Efecto del método de entrega y del porcentaje de sal en la ración en el desempeño productivo de novillos suplementados durante el verano. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. p. 43-50 (INIA Serie Técnica; 199)

## AGRADECIMIENTOS

Los autores del capítulo “Avances tecnológicos en la suplementación de bovinos de carne en pastoreo: la contribución de INIA en los últimos 25 años” agradecen a los funcionarios de INIA y a los estudiantes de distintas instituciones que con su esfuerzo y dedicación han contribuido a la instalación, seguimiento y análisis de los trabajos experimentales.

# CAPÍTULO III

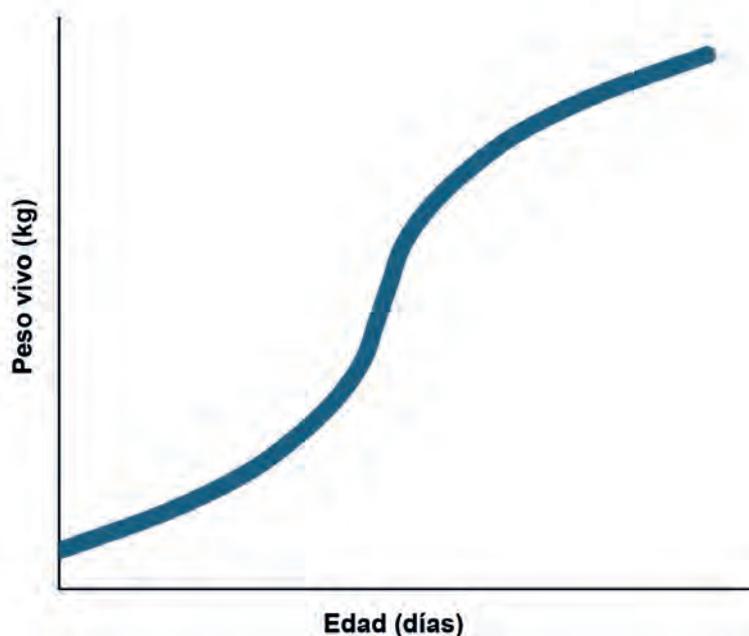
## Avances técnicos en el crecimiento de bovinos para carne

Juan Clariget<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup>, Gustavo Brito<sup>2</sup>, Pablo Rovira<sup>3</sup>, Alejandro La Manna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó; <sup>3</sup>INIA Treinta y Tres.

El crecimiento es definido como un aumento del tamaño, del número de células o de la masa corporal a lo largo del tiempo (Arango y Van Vleck, 2002; Murdoch et al., 2005). En los animales consiste en la acumulación de proteínas, grasas y huesos que, normalmente, se mide como la variación en el peso o en la masa corporal y, por otro lado, la retención de nutrientes se estima a través del peso corporal vacío y su composición (Owens et al., 1995). El crecimiento implica aumentos tanto en el número de células (hiperplasia) como en el tamaño de las células (hipertrofia; Owens et al., 1993; Murdoch et al., 2005).

El crecimiento generalmente sigue una curva sigmoidea (Figura 1), donde el peso acumulado se representa en función de la edad (Owens et al., 1993). Normalmente, el crecimiento de los animales a lo largo de su vida se divide en tres fases: la pre-puberal, la de auto-aceleración y la de auto-inhibición post-puberal. La pubertad se describe como el punto en el que la fase de crecimiento de auto-aceleración cambia a la fase de crecimiento de auto-inhibición, que generalmente ocurre cuando el animal alcanza aproximadamente el 60% de su peso maduro (Brody, 1964), coincidiendo con la madurez sexual. El tamaño corporal maduro y las tasas de crecimiento total o de partes del cuerpo son diferentes de un animal a otro (Gerrard y Grant, 2003) y son influenciados tanto por variables del propio individuo (edad fisiológica, raza, sexo) como del ambiente (nutrición, clima).



**Figura 1.** Curva sigmoide del crecimiento bovino a lo largo de su vida.



### **Factores que afectan el crecimiento bovino**

El potencial de crecimiento difiere enormemente entre las razas de ganado, siendo evidente dos tipos biológicos (Southgate et al., 1982; 1988): i) razas de maduración tardía, p. ej., Charolais y Limousin, y ii) razas de maduración temprana, p. ej., Angus y Hereford. El efecto de la raza sobre el crecimiento y la composición corporal se atribuye en gran medida al peso maduro asociado con cada raza (Owens et al., 1995). El ganado alcanza el peso maduro cuando el peso vacío aumenta sólo por la deposición de grasa (Owens et al., 1995). Cuando se manejan de manera similar, los animales con pesos maduros más pesados predeterminados genéticamente (animales de maduración tardía) crecen más rápido y son más delgados, y sus canales tienen una mayor proporción de músculo y porcentaje de cortes de carne en comparación con los bovinos de maduración temprana (Owens et al., 1995; Afolayan et al., 2007; Warriss, 2010; Keane, 2011; Pesonen y Huuskonen, 2015). Por lo tanto, al comparar la composición corporal del ganado de maduración temprana y tardía, se debe considerar el criterio de valoración a la faena: la gordura, la edad o el peso.

El sexo juega un papel importante tanto en el crecimiento del ganado como en la composición del crecimiento, principalmente debido a las diferencias en la concentración de las hormonas testosterona y estrógeno (Lawrence et al., 2012). Los niveles elevados de producción de testosterona, producida por los testículos, contribuyen a tasas de crecimiento superiores y mayores proporciones de músculo magro en comparación con los machos castrados (Lawrence et al., 2012). Las diferencias en las tasas de crecimiento entre un toro y un novillo comienzan a manifestarse, aproximadamente, a los siete meses de edad con el inicio de la producción de testosterona (Keane, 2003). Los estrógenos, producidos por los ovarios, aumentan la deposición de grasa y disminuyen el tamaño esquelético y la masa muscular en las hembras en comparación con los machos (Hossner, 2006). Las vaquillonas engordan con pesos más livianos que los novillos, los cuales, a su vez, engordan con pesos más livianos que los toros.

Para garantizar que los animales mantengan el crecimiento en su potencial genético, el suministro de nutrientes debe alinearse con sus necesidades nutricionales, las cuales varían a lo largo de su vida (Owens et al., 1993). Restringir la ingesta de nutrientes de un animal interrumpirá el crecimiento, por lo que no alcanzará el potencial predeterminado de su crecimiento (Owens et al., 1995). Sin embargo, en determinadas circunstancias podría producirse un crecimiento compensatorio (se detallará en las páginas siguientes).

En los sistemas pastoriles, la dieta del ganado vacuno en crecimiento generalmente consiste en forraje en forma de pasto pastoreado o conservado, con concentrados ofrecidos como suplemento. El valor nutritivo del pasto pastoreado fluctúa a lo largo del año (Harrison et al., 2003; Mieres 2004), particularmente debido a las prácticas de manejo del pastoreo (Gregorini et al., 2008) y está altamente influenciado por la selectividad animal (Montossi et al., 2001), donde los animales, en general, cosechan en pastoreo una dieta de mayor valor nutricional que la que ofrece la pastura. A medida que los forrajes maduran, la digestibilidad y el valor nutritivo disminuyen, lo que resulta en menores tasas de crecimiento

animal (Harrison et al., 2003). Normalmente, el pasto de primavera, al tener una menor proporción de pared celular de digestión lenta y una mayor proporción de contenido de células digeribles, tiene un mayor valor nutritivo en relación con los pastos de otoño, que son más maduros (Bosch et al., 1992). Los concentrados, al tener un valor nutritivo superior en comparación con los forrajes, comúnmente son ofrecidos cuando las dietas de forraje puro no pueden satisfacer las necesidades del animal (INRA, 1989; NASEM, 2016).

El ganado en crecimiento tiene un mayor requerimiento de proteínas en la dieta que el ganado en engorde (NASEM, 2016). De hecho, la relación entre los requerimientos de energía y proteína aumenta entre 17 y 56% a medida que aumenta el peso corporal del ganado en base a diferentes ganancias diarias de peso (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Requerimientos para el crecimiento y engorde de bovinos para carne.

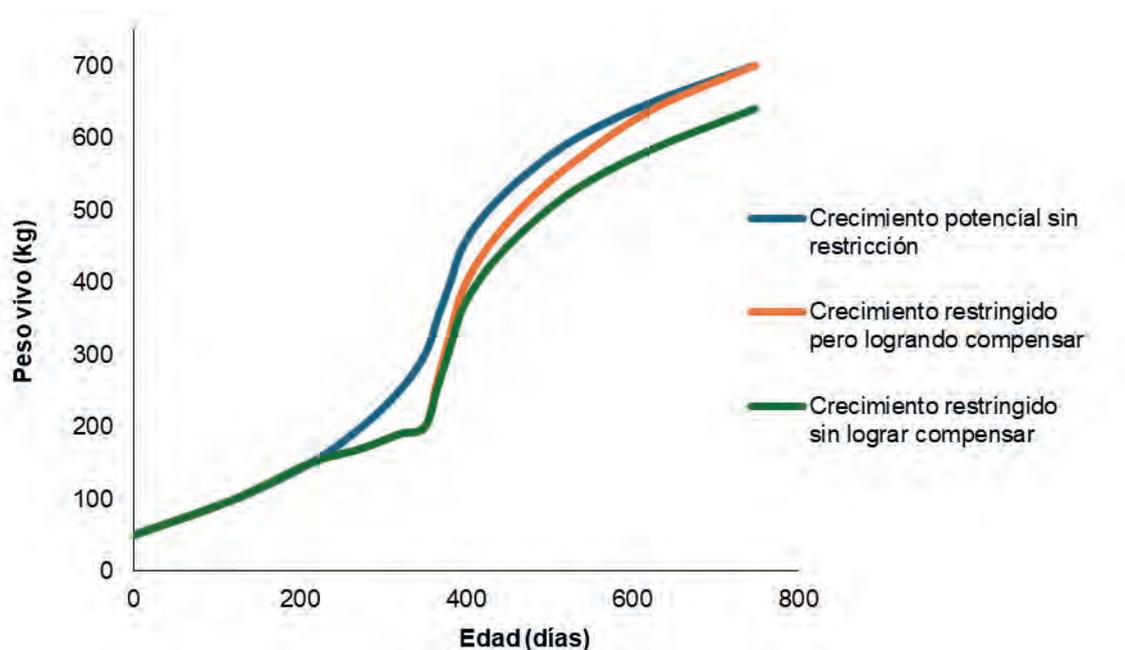
Ganancia de peso (kg/d)	Peso vivo vacío (kg)					
	250	300	350	400	450	500
<i>Requerimientos de energía metabolizable (EM; Mcal/d)</i>						
0,4	10,7	12,5	13,9	15,5	16,7	18,2
0,8	13,9	15,9	17,8	19,8	21,5	23,4
1,2	16,6	19,2	21,5	23,9	25,9	28,2
1,6	19,7	22,6	25,3	28,1	30,5	33,0
<i>Requerimientos de proteína cruda (PC; kg/d)</i>						
0,4	0,50	0,56	0,61	0,65	0,69	0,73
0,8	0,66	0,72	0,76	0,79	0,81	0,84
1,2	0,82	0,88	0,91	0,92	0,93	0,94
1,6	0,97	1,03	1,05	1,04	1,04	1,04
<i>Relación entre los requerimientos de EM y PC (EM/PC por día)</i>						
0,4	21,4	22,3	23,0	24,0	24,4	25,0
0,8	21,1	22,0	23,4	25,2	26,4	27,8
1,2	20,4	21,8	23,7	26,1	27,9	30,0
1,6	20,4	21,9	24,2	26,9	29,4	31,8

Adaptado de NASEM (2016).

### **Crecimiento compensatorio en bovinos y sus mecanismos**

El crecimiento compensatorio es un proceso fisiológico por el cual un animal tiene el potencial, después de un período de alimentación restringida, de acelerar su crecimiento durante la realimentación (Hornick et al., 2000). En los sistemas de producción de carne basados en pasturas, los productores ganaderos usan este concepto con frecuencia, con el objetivo de reducir los costos de producción redistribuyendo el

alimento desde una época del año en que la cantidad y/o la calidad de las pasturas son bajas (invierno) hacia una época en que la cantidad y calidad de las pasturas son abundantes (primavera; Figura 2).



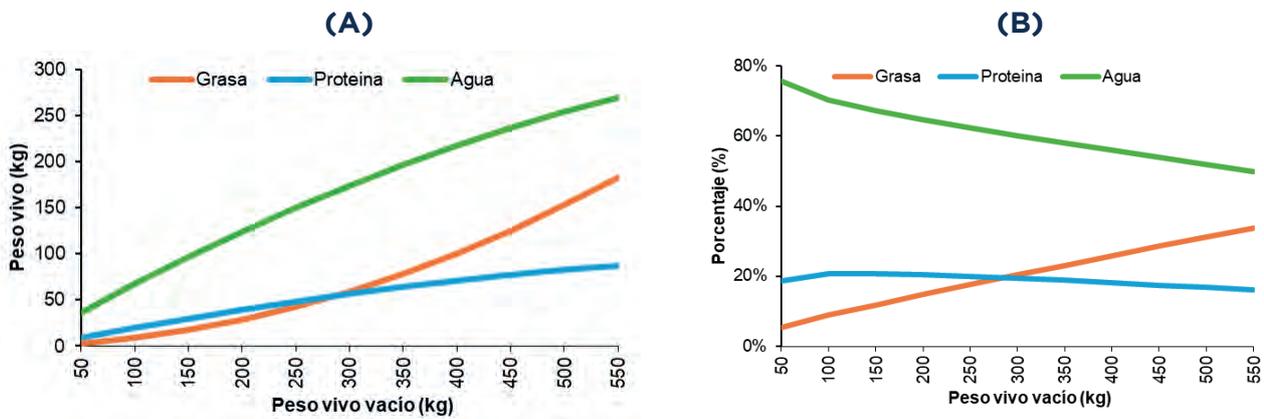
**Figura 2.** Curvas sigmoideas del crecimiento potencial y del crecimiento restringido, con dos ejemplos gráficos donde se logra o no expresar el crecimiento compensatorio.

Son varios los mecanismos que explican el crecimiento compensatorio. Los principales incluyen la reducción del gasto de mantenimiento (reducción en el tamaño y actividad de órganos), la reducción del gasto energético por tejido depositado (mayor deposición de músculo y menor deposición de grasa), la mejor eficiencia para el crecimiento (menor energía neta de ganancia requerida para depositar 1 kg PV), el mayor consumo de alimento en términos relativos y absolutos (% PV o kg/d), y el incremento en el contenido del tracto digestivo.

Los animales que sufren una restricción en el crecimiento son más pequeños y, como consecuencia, las necesidades de mantenimiento del cuerpo pasan a ser menores. De hecho, por cada aumento de 50 kg de peso corporal, la energía neta para mantenimiento (ENm) aumenta entre 8 y 17% (NASEM, 2016). Además, algunos órganos, como el hígado, el bazo, el intestino o el retículo-rumen podrían ser más pequeños no sólo en términos absolutos sino también en términos de tamaño proporcional al peso corporal del animal (Yambayamba et al., 1996; Keogh et al., 2015). Reducir la proporción o el tamaño de estos tejidos permitiría al animal reducir sus necesidades energéticas de mantenimiento.

El ganado que se somete a una restricción alimenticia es más liviano y, generalmente, muestra una mayor deposición de proteínas en comparación con la deposición de grasa (Figura 3). A modo de ejemplo, para un novillo británico de tamaño medio, la proporción de proteínas y grasas en cada kg de ganancia diaria

cambia del 17 al 9% y del 21 al 57%, respectivamente, para novillos de 200 a 500 kg de peso corporal (NASEM, 2000). La eficiencia de acumulación de grasa es energéticamente 1,7 veces mayor que la de la proteína; sin embargo, debido a que la proteína almacena más agua que la grasa depositada (~75 vs. ~10 % del agua), la ganancia de tejido magro es cuatro veces más eficiente que la acumulación del tejido graso (Owens et al., 1995).



**Figura 3.** Peso (A) de los distintos componentes de la canal de machos castrados de razas británicas y sus respectivos porcentajes (B).

Adaptado de NASEM (2016).

Para reponer los tejidos más afectados por la alimentación restringida, se requiere un aumento en la deposición de proteínas al comienzo de la realimentación. De hecho, Carstens et al. (1991) demostraron que novillos con el mismo peso (290 o 450 kg de peso vacío), pero con crecimiento continuo o crecimiento restringido y posterior compensatorio, los últimos presentaban más proteínas, agua y cenizas y menos grasa en el peso corporal vacío. Así, requirieron menor energía para depositar 1 kg de peso corporal. Durante el crecimiento compensatorio, se observa un recambio acelerado que se caracteriza por un marcado aumento de la síntesis en relación con la degradación de proteínas, inicialmente en las vísceras y luego en los músculos. Dado que se requiere menos energía para la deposición de músculo que para la grasa, se incrementa la tasa de crecimiento.

Los animales restringidos cuando pasan a la siguiente etapa de realimentación tienen un consumo mayor en términos absolutos (kg/d; Ryan et al., 1993; Sainz et al., 1995; Bedwell et al., 2008) y/o relativo (%PV o % PV<sup>0,75</sup>; Meyer et al., 1965; Abdalla et al., 1988; Choat et al., 2003; Keogh et al. 2015; Silva et al., 2020). Este es uno de los principales mecanismos que explican el crecimiento compensatorio, siendo las hormonas fisiológicas, como la leptina, fundamentales en el proceso, pues actúan en las reservas de grasa corporal y regulan el apetito y el gasto de energía en el cuerpo (Delavaud et al., 2002).

El ganado que fue restringido y posteriormente realimentado tiene un rápido llenado del tracto digestivo y esto podría hacer una contribución sustancial al aumento en la ganancia de peso (Hogg, 1991). De hecho,



esto fue observado por Yambayamba et al. (1996) hasta los 80 días de realimentación y por Keogh et al. (2015) con 55 días de realimentación. Sin embargo, este efecto tendió a desaparecer cuando se dedicaron más días a la realimentación (Carstens et al., 1991; Sainz et al., 1995; Yambayamba et al., 1996).

### **Factores que afectan el crecimiento compensatorio**

Los principales factores que afectan el crecimiento compensatorio son: la severidad, duración y edad al inicio de la restricción, así como la cantidad y calidad de la dieta durante la realimentación.

Wilson y Osbourn (1960) propusieron tres categorías para clasificar la severidad de la restricción: severa (pérdida de peso), media (mantenimiento del peso) o leve (aumento de peso moderado). Para Nicol y Kitessa (1995) y Hornick et al. (2000), la restricción severa debe ser por un período corto de tiempo, mientras que la restricción leve puede ser por un período más largo (alrededor de 3 a 4 meses). En la literatura, la ganancia diaria mínima recomendada durante el período de restricción varía y, en particular, es afectada por el avance del tiempo y por la nueva información generada por la investigación. Durante las décadas del 70' y 80', Verde (1974) sugirió valores entre 0,20 y 0,35 kg/d, luego en los 90', Carstens et al. (1991) sugirió valores superiores a 0,30 kg/d; ya en la década de 2000, Neel et al. (2007) y Ashfield et al. (2014) recomendaron valores superiores a 0,45 o entre 0,40 y 0,60 kg/d, respectivamente.

El retraso severo y crónico del crecimiento del ganado en las primeras etapas de su vida reduce el potencial de crecimiento, lo que resulta en animales más pequeños a cualquier edad (Greenwood y Cafe, 2007). De hecho, en una revisión, Ryan (1990) concluyó que no se recomienda una restricción en animales muy jóvenes (menores de 3 meses), mientras que Berge (1991), en otra revisión, mostró cómo la capacidad compensatoria de terneros menores a 6 meses de edad era muy limitada. Por lo tanto, el momento menos adverso para imponer una restricción dietética es cuando los animales tienen más de 6 meses de edad.

Por otro lado, Berge (1991) menciona que el crecimiento compensatorio no debe considerarse insignificante en ganado joven, pero comparando terneros vs. novillos, los primeros necesitaron de 14 a 18 meses para compensar el 70-80% de la diferencia de peso generada durante la restricción, mientras que los segundos necesitaron sólo de 4 a 7 meses para obtener el mismo resultado. De hecho, Keane y Drennann (1994) sugirieron que el crecimiento compensatorio durante la realimentación a pasto (6-8 meses) está en el rango de 30-50% para terneros de un año y de 60-80% para novillos de 2 años, lo que indica que el crecimiento compensatorio es mayor en ganado más adulto (2 vs. 1 año).

Buenas condiciones nutricionales, en términos de cantidad y calidad, generan una mayor compensación, además de dar un tiempo adecuado para la recuperación (Nicol y Kitessa, 1995). Verde et al. (1975) recomendaron que, durante la realimentación, los animales necesitan tener acceso *ad libitum* al alimento

con altos valores nutricionales (2,8 Mcal de EM/kg de MS). Además, se recomienda que el período de recuperación sea entre tres y seis meses. De hecho, Nicol y Kiteessa (1995), en una síntesis de experimentos en condiciones de pastoreo, mostraron que la variación en el período de realimentación - menos de 2 meses, de 2 a 5 meses o de 5 a 8 meses - afectaba la diferencia en la ganancia de peso entre los grupos restringidos y no restringidos - que fue cercana a 0,30 kg/d, a 0,20 kg/d o entre 0,15-0,10 kg/d, respectivamente.

### Índice compensatorio

Índice compensatorio es la diferencia de peso que se presenta entre los animales (sin vs. con restricción) al finalizar el período de restricción, menos la diferencia de peso que hay entre los animales (sin vs. con restricción) al finalizar el período de realimentación, dividido la diferencia de peso entre los animales al finalizar el período de restricción, multiplicado por 100 (Wilson y Osbourn, 1960). A modo de ejemplo, si al final del período de restricción la diferencia de PV es de 50 kg (A; Figura 4) y al final del período de realimentación las diferencias entre grupos se reducen a 20 kg (B; Figura 4), el índice compensatorio es de 60%  $((A-B)/A*100)$ . Por lo general, el ganado logra compensaciones entre 0 y 100%, con un promedio del 40% y una mediana del 39% (Clariget et al., 2024).

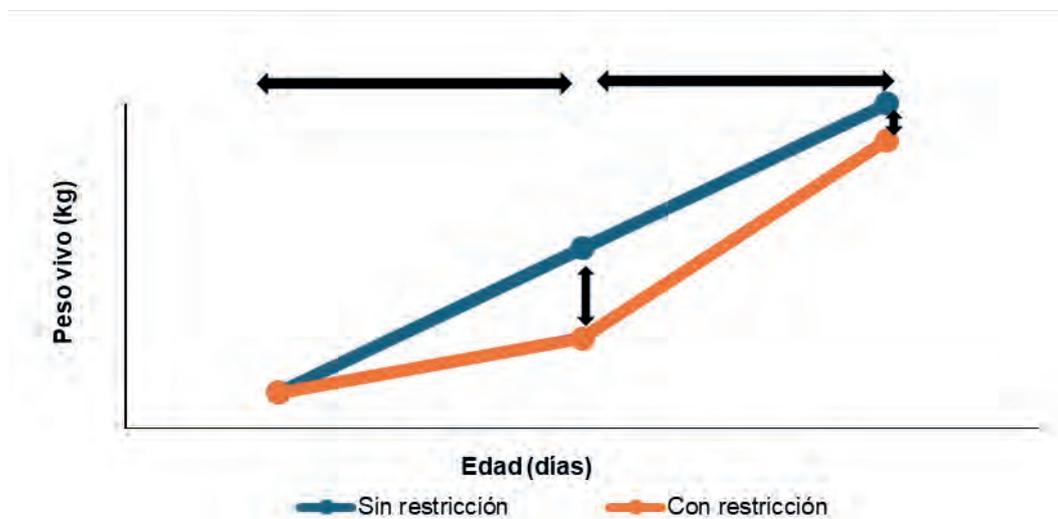
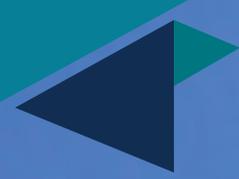


Figura 4. Representación esquemática del índice compensatorio.

Varios de los experimentos publicados en la literatura se centraron en comprender los mecanismos o los factores que explican el crecimiento compensatorio. Sin embargo, es necesario continuar profundizando la comprensión de los factores que influyen en la expresión del crecimiento compensatorio, para poder potenciarlo en los diferentes sistemas de producción de carne. Este es el caso de Uruguay: en las regiones ganaderas de mayor importancia ocurren, normalmente, períodos de restricción y mejoras en la alimentación del ganado en las diferentes fases del crecimiento, donde es necesario cuantificar la magnitud de la expresión del crecimiento compensatorio para establecer prácticas ganaderas que beneficien a los productores.





# Crecimiento compensatorio de terneros en Uruguay

Juan Clariget<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, María Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, David Kenny<sup>2</sup>, Kate Keogh<sup>2</sup>, Alan Kelly<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>Teagasc, Irlanda; <sup>3</sup>University College Dublin, Irlanda.

En Uruguay, se han realizado varios experimentos con terneros/as para carne luego del destete evaluando diferentes regímenes nutricionales durante su primer invierno de vida, así como el efecto posterior sobre el crecimiento. Un resumen cuantitativo de esta información fue realizado, dada la variabilidad existente entre los estudios (severidad, duración y naturaleza de la restricción, cantidad y calidad de la dieta durante la realimentación).

En el artículo publicado por Clariget et al. (2023) fue presentado un metaanálisis de la información disponible a nivel nacional por parte de INIA en los últimos 25 años. El objetivo fue estimar el crecimiento compensatorio de terneros/as para carne bajo diferentes dietas de realimentación (pasturas naturales vs. sembradas) considerando las condiciones experimentales y productivas de nuestro país. La información generada en ese artículo será sintetizada en este subcapítulo.

## **Metodología**

Para este estudio, se revisaron los resultados de experimentos nacionales publicados por INIA, entre los años 2000 y 2020 (<http://www.ainfo.inia.uy/consulta/>), que evaluaran el crecimiento compensatorio en terneros/as para carne. La base de datos final tenía 17 experimentos con un total de 32 comparaciones.

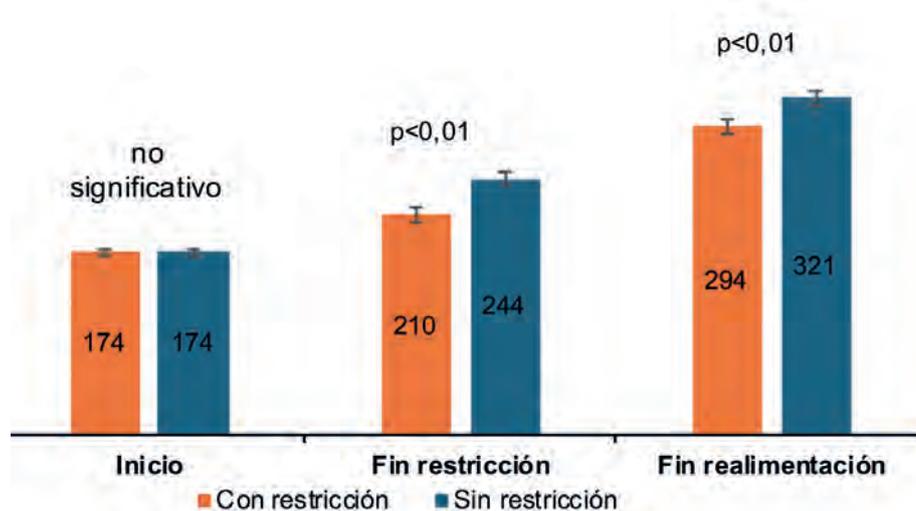
Fueron evaluados 1.635 terneros y terneras, de las razas Hereford, Aberdeen Angus y Braford, con edades al inicio de los tratamientos entre 8 y 11 meses, y pesos entre 130 y 200 kg. Durante el período de restricción (invierno), un grupo de animales recibió una dieta control (“con restricción”) y el otro grupo recibió una dieta mejorada (“sin restricción”). Los animales “con restricción” pastorearon pasturas naturales o pasturas sembradas a baja oferta de forraje (alta carga); mientras que los animales “sin restricción” pastorearon una mayor oferta o calidad de forraje, fueron suplementados, o fueron recriados a corral. Durante la etapa de realimentación (primavera-verano), ambos grupos permanecieron juntos y se evaluó el índice compensatorio: a) general de los experimentos y b) según la dieta de realimentación (pasturas naturales vs. sembradas).

## **Resultados y Discusión**

Durante los tres meses de la restricción invernal ( $96 \pm 14$  días), la diferencia en la ganancia media diaria (GMD) fue significativamente inferior para los terneros “con restricción” en comparación con los terneros “sin restricción” (0,36 vs. 0,73 kg/d, respectivamente). Sin embargo, durante los 4,5 meses ( $136 \pm 60$  días) de la realimentación en primavera-verano, los terneros “con restricción” previa ganaron más que los “sin



restricción” previa (0,67 vs. 0,63 kg/d, respectivamente). Por lo tanto, los terneros “con restricción” invernal compensaron, durante la realimentación en primavera-verano, 7 de los 34 kg de diferencia generados al final del período de restricción (Figura 1), alcanzando un índice compensatorio de 19% (7/34 kg).



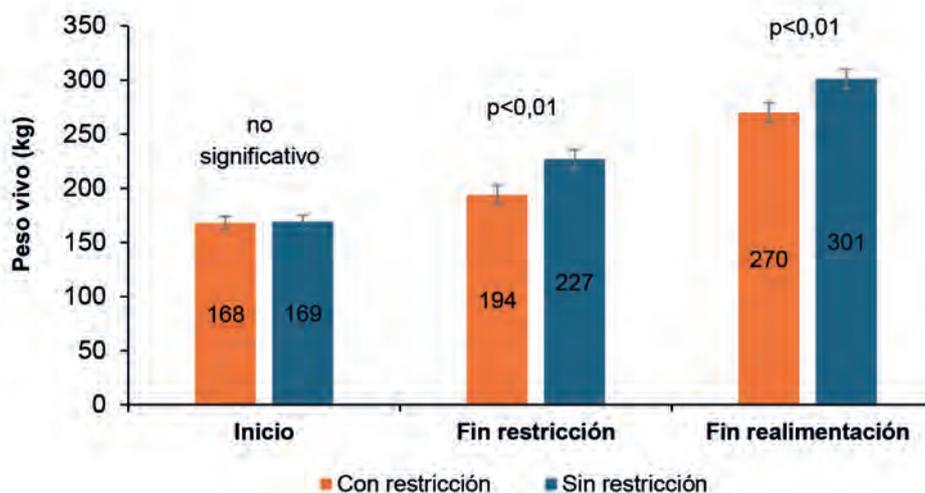
**Figura 1.** Síntesis de 17 experimentos conducidos en Uruguay con datos de peso vivo inicial, al final del período de restricción ( $96 \pm 14$  días de duración) y al final del período de realimentación ( $136 \pm 60$  días de duración) para terneros/as con y sin restricción invernal.

La expresión del crecimiento compensatorio cuando la realimentación se realizó sobre pasturas naturales fue evaluada en 445 terneros/as de ocho experimentos con 17 comparaciones realizadas. Durante los tres meses de la restricción invernal ( $99 \pm 13$  días), los terneros “con restricción” mostraron GMD significativamente inferior que los “sin restricción” (0,24 vs. 0,61 kg/d, respectivamente). Sin embargo, durante los cuatro meses posteriores ( $118 \pm 49$  días) de la realimentación, la GMD no fue diferente entre los terneros “con restricción” previa y los “sin restricción” previa (0,65 vs. 0,64 kg/d, respectivamente). Los terneros “con restricción” invernal compensaron, durante los 4 meses de realimentación, solamente 2 de los 33 kg de diferencia generados al final del período de restricción (Figura 2A), alcanzando un índice compensatorio de tan solo 8% (2/33 kg).

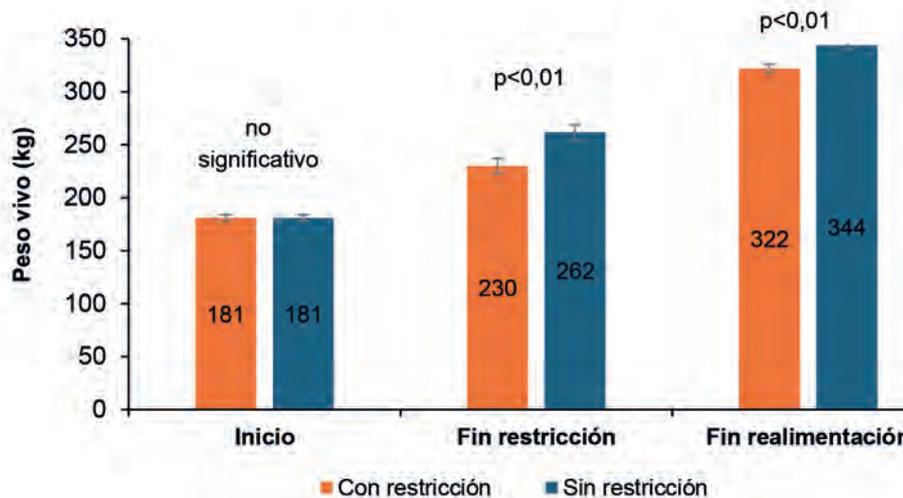
Por otro lado, la expresión del crecimiento compensatorio con realimentación sobre pasturas sembradas fue evaluada en 1.190 terneros/as de nueve experimentos con 15 comparaciones. Durante los tres meses de restricción ( $94 \pm 14$  días), los terneros “con restricción” mostraron una GMD significativamente inferior que los “sin restricción” (0,51 vs. 0,85 kg/d, respectivamente). No obstante, durante los cinco meses posteriores ( $157 \pm 64$  días) de la realimentación en primavera-verano, los terneros “con restricción” previa ganaron significativamente más peso que los “sin restricción” previa (0,70 vs. 0,62 kg/d, respectivamente). Por lo cual, los terneros “con restricción” invernal compensaron, durante los 5 meses de la realimentación, 10 de los 32 kg de diferencia generados al final de la restricción (Figura 2B), alcanzando un índice compensatorio de 33% (10/32 kg).

De manera general, nuestros resultados concuerdan con los hallazgos reportados por Moran y Holmes (1978), quienes encontraron que cuanto mejor es la calidad de la dieta durante la realimentación, mayor será la respuesta del crecimiento compensatorio. Los valores de índice compensatorio aquí reportados, cuando la realimentación se realiza sobre pasturas sembradas (33%), fueron similares a los valores obtenidos por Nicol y Kiteasa (1995) para terneros/as en Nueva Zelanda (37%) y por Keane y Drennan (1994) para terneros en Irlanda (30-50%), ambos realimentados sobre raigrás.

(A)



(B)



**Figura 2.** Peso vivo inicial, al final del período de restricción ( $99 \pm 13$  y  $94 \pm 14$  días de duración) y al final del período de realimentación ( $118 \pm 49$  y  $157 \pm 64$  días de duración, respectivamente) bajo pasturas naturales (A) o pasturas sembradas (B) para terneros/as con y sin restricción invernal.

Uno de los principales mecanismos que explica el crecimiento compensatorio es el aumento en el consumo de alimento durante la realimentación (Sainz et al., 1995). Sin embargo, el mayor contenido de fibra en las pasturas naturales (FDN: 50-80%) comparado con las pasturas sembradas (FDN: 35-55%) podría estar afectando la capacidad de consumo y, por lo tanto, limitando el potencial del crecimiento compensatorio.



### ***Mensaje final***

- ✓ La capacidad de los terneros/as de expresar el crecimiento compensatorio en nuestras condiciones pastoriles es relativamente baja;
- ✓ No se debería especular con que las condiciones nutricionales restrictivas durante el invierno pueden ser mitigadas con el crecimiento compensatorio en primavera-verano, ya que esto, solo ocurre parcialmente;
- ✓ La respuesta del crecimiento compensatorio puede ser mejorada si la realimentación se practica sobre pasturas sembradas de alta calidad (bajo contenido de fibra) en relación con pasturas naturales.

### **AGRADECIMIENTOS**

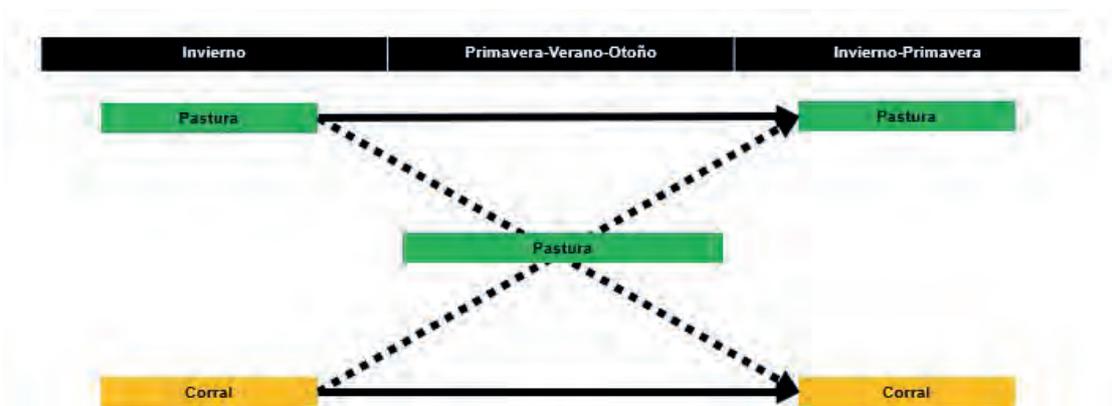
A los investigadores de INIA de las diferentes estaciones experimentales: Graciela Quintans, José Velazco, Pablo Rovira, Mario Lema, Fabio Montossi, Gustavo Brito, Santiago Luzardo, Fiorela Cazzuli, Enrique Fernández y Alejandro La Manna.

# Efectos de la recría en el primer invierno y su engorde posterior

Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>, Donald Chalkling<sup>2</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>3</sup>, Mario Lema<sup>4</sup>, Gustavo Brito<sup>3</sup>, Fabio Montossi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>Sociedad Rural de Río Negro; Uruguay; <sup>3</sup>INIA Tacuarembó; <sup>4</sup>INIA Treinta y Tres.

A partir del año 2008, INIA comenzó a evaluar el efecto de diferentes tasas de ganancias en la recría post-destete y su impacto sobre el crecimiento, deposición de tejidos, rendimiento y calidad de canal y carne. En total se realizaron siete ensayos en INIA La Estanzuela y en la Sociedad Rural de Río Negro, los cuales involucraron 1.118 bovinos. Una representación esquemática del diseño general de los ensayos, así como imágenes de estos se muestran en las Figuras 1 y 2.



**Figura 1.** Representación esquemática del diseño general de los ensayos.

(A)



(B)



**Figura 2.** Imagen de terneros Hereford durante su recría a corral (A) y de novillos Aberdeen Angus sobre pasturas sembradas (B).

## Metodología

En general, los ensayos consistían en una recría invernal (1er invierno) contrastante de los terneros post-destete por dos a cuatro meses, ya sea por el sistema de recría (corral vs. pastura) o por tasas de ganancias de peso diferentes dentro de un mismo sistema (alta vs. baja). Las diferentes tasas de ganancias invernales fueron generadas por restricciones energéticas (Chalking et al., 2011; Peripolli et al., 2017; Brito, 2020 - exp. 2; Correa et al., 2021) o por restricciones proteicas (La Manna et al., 2011a; Brito, 2020 - exp. 1). Posteriormente al período de recría invernal, los terneros de los diferentes tratamientos pastorearon las mismas pasturas por tres a doce meses, momento en el cual comenzaba la etapa de engorde. El engorde se realizó mayoritariamente a corral, pero en algunos ensayos se realizó el contraste entre corral y pastura (La Manna et al., 2011b; Peripolli et al., 2017). Una síntesis de los ensayos realizados se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Síntesis de los ensayos realizados, en Uruguay, a partir del 2008.

Referencia	Lugar	Año	Animales (n y raza)	Recría invernal	Recría conjunta (Prim/Ver/Oto)	Engorde (Inv/Prim)
Peripolli et al. (2017)	INIA LE	2008-2009	240 Hereford	Corral alta Corral baja Pastura alta Pastura baja	Pastura	Corral o pastura
La Manna et al. (2011a)	INIA LE	2009-2010	60 Hereford * Aberdeen Angus	Corral alta Corral media Corral baja	Pastura	Corral o pastura
Tieri et al. (s/p)	INIA LE	2011-2012	113 Hereford	Corral Pastura	Pastura	Corral
Correa et al. (2021)	INIA LE	2012-2016	317 Hereford	Corral alta Corral baja	Pastura	Corral
Chalking et al. (2011)	SRRN	2009-2011	132 Aberdeen Angus	Pastura alta Pastura baja	Pastura	Corral
Brito (2020 - exp. 1)	SRRN	2012-2013	128 Aberdeen Angus	Pastura alta Pastura baja	Pastura	Corral
Brito (2020 - exp. 2)	SRRN	2013-2014	128 Aberdeen Angus	Pastura alta Pastura baja	Pastura	Corral

INIA LE: INIA La Estanzuela. SRRN: Sociedad Rural de Río Negro.

Prim: primavera. Ver: verano. Oto: otoño. Inv: invierno



## **Resultados y Discusión**

### **Desempeño animal y eficiencia de conversión alimenticia**

Los tratamientos, pesos iniciales, tasas de ganancia, duración de cada etapa, sistema de engorde y eficiencia de conversión alimenticia en el corral de los novillos utilizados en los diferentes ensayos se detallan en el Cuadro 2. En el ensayo de Peripolli et al. (2017) donde la restricción fue energética, tanto en la recría invernada a corral como en la recría invernada sobre pastura, los terneros lograron compensar parcialmente el peso (60-75%) durante la recría en conjunto sobre pasturas sembradas (6 meses), pero no alcanzaron el peso del tratamiento con mayor ganancia de peso en la recría invernada (corral alta). Durante la fase de engorde a corral, los terneros recriados a corral en el primer invierno aumentaron de 5 a 10% la ganancia de peso respecto a aquellos animales recriados en pasturas. A su vez, la recría a corral de los terneros en el primer invierno logró mejorar entre un 10 y 20% la eficiencia de conversión alimenticia en el corral de engorde (Cuadro 3).

La Manna et al. (2011a; 2011b), realizando una restricción proteica en los terneros, no observaron un crecimiento compensatorio cuando los animales pastorearon todos juntos en igualdad de condiciones durante primavera-verano-otoño (8 meses). Al comparar los tratamientos con igual cantidad de nitrógeno en la dieta, pero con diferentes niveles de urea (a- 15% PC y 0% urea, b- 15% PC y 0,5% urea y c- 15% PC y 1,0% urea), los terneros a los que se les suministró urea tuvieron menores tasas de ganancias de peso que los que consumían proteína verdadera durante su recría en el corral, diferencia que se mantuvo a lo largo de todo el ensayo.

Tieri et al. (s/p) evaluaron altas tasas de ganancias invernales (más de 1,0 kg/d) bajo dos sistemas de recría (corral vs. pastura). Los autores observaron que, en la etapa de recría conjunta posterior sobre pasturas sembradas durante la primavera, los animales previamente recriados en pasturas lograron mayores tasas de ganancia que los recriados a corral, compensando en un 50% la diferencia de peso generada al final del período de recría invernada. Sin embargo, durante el engorde a corral, los terneros recriados a corral en el primer invierno fueron 5% más eficientes que los recriados en pastura. Estos resultados, coinciden con los reportados por Peripolli et al. (2017) y confirma que la mejora en la eficiencia de conversión alimenticia estaría explicada por una mejor y más rápida adaptación en el corral de engorde de los bovinos previamente recriados a corral (Pettiford, 2004).

**Cuadro 2.** Síntesis de las ganancias medias diarias de peso (GMD), duración de cada etapa (meses), sistema de engorde y eficiencia de conversión alimenticia en el corral (ECA) de los novillos utilizados en los diferentes ensayos realizados en Uruguay, a partir del 2008.

Referencia	Peso inicial (kg)	Recría invernal			Recría pastoril		Engorde			
		Duración (meses)	Tratamiento	GMD (kg/d)	Duración (meses)	GMD (kg/d)	Sistema	Duración (meses)	GMD (kg/d)	ECA
Peripolli et al. (2017), Ferrinho et al. (2020)	170	3	Corral alto	1,09 <sup>a</sup>	6 (3 en primavera + 3 en verano)	0,83 <sup>b</sup> +0,30 <sup>a</sup>	Corral	3	1,57 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>
			Corral bajo	0,78 <sup>b</sup>		0,92 <sup>a</sup> +0,33 <sup>a</sup>			1,55 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>
			Pastura alta	0,54 <sup>c</sup>		0,87 <sup>a</sup> +0,36 <sup>a</sup>			1,48 <sup>b</sup>	8,0 <sup>a</sup>
			Pastura baja	0,37 <sup>d</sup>		0,91 <sup>a</sup> +0,40 <sup>a</sup>			1,43 <sup>b</sup>	8,9 <sup>b</sup>
			Corral alto	1,09 <sup>a</sup>		0,83 <sup>b</sup> +0,30 <sup>a</sup>	Pastura	6	0,80 <sup>c</sup>	
			Corral bajo	0,78 <sup>b</sup>		0,92 <sup>a</sup> +0,33 <sup>a</sup>			0,80 <sup>c</sup>	
			Pastura alta	0,54 <sup>c</sup>		0,87 <sup>a</sup> +0,36 <sup>a</sup>			0,82 <sup>c</sup>	
			Pastura baja	0,37 <sup>d</sup>		0,91 <sup>a</sup> +0,40 <sup>a</sup>			0,78 <sup>c</sup>	
La Manna et al. (2011a; 2011b), Brito et al. (2014)	179	3	Corral 17% PC	0,95 <sup>a</sup>	8	0,40 <sup>a</sup>	Corral	3	1,51 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
			Corral 15% PC	0,83 <sup>ab</sup>		0,39 <sup>a</sup>			1,40 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>
			Corral 13% PC	0,77 <sup>bc</sup>		0,40 <sup>a</sup>			1,45 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>
			Corral 15% PC (0,5 U)	0,74 <sup>bc</sup>		0,37 <sup>a</sup>			1,39 <sup>a</sup>	8,7 <sup>a</sup>
			Corral 15% PC (1,0 U)	0,70 <sup>c</sup>		0,38 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>		
			Corral 17% PC	0,95 <sup>a</sup>		0,40 <sup>a</sup>	Pastura	4	1,31 <sup>b</sup>	
			Corral 15% PC	0,83 <sup>ab</sup>		0,39 <sup>a</sup>			1,24 <sup>b</sup>	
			Corral 13% PC	0,77 <sup>bc</sup>		0,40 <sup>a</sup>			1,22 <sup>b</sup>	
			Corral 15% PC (0,5 U)	0,74 <sup>bc</sup>		0,37 <sup>a</sup>			1,02 <sup>b</sup>	
Corral 15% PC (1,0 U)	0,70 <sup>c</sup>	0,38 <sup>a</sup>	1,11 <sup>b</sup>							
Tieri et al. (s/p)	162	4	Corral	1,28 <sup>a</sup>	3	0,57 <sup>b</sup>	Corral	4	1,32 <sup>a</sup>	8,2 <sup>a</sup>
			Pastura	1,18 <sup>b</sup>		0,63 <sup>a</sup>			1,28 <sup>a</sup>	8,6 <sup>b</sup>
Lema et al. (2016), Correa et al. (2021),	174	3	Corral alto	0,61 <sup>a</sup>	6	0,54 <sup>a</sup>	Corral	4	1,22 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>
			Corral bajo	0,18 <sup>b</sup>	8	0,60 <sup>a</sup>			1,22 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
Chalkling et al. (2011)	166	2	Pastura alta	0,82 <sup>a</sup>	12	0,49 <sup>a</sup>	Corral	3	0,94 <sup>b</sup>	-
			Pastura baja	0,66 <sup>b</sup>		0,46 <sup>b</sup>			1,06 <sup>a</sup>	-
Brito (2020 - exp. 1)	191	3	Pastura alta	0,57 <sup>a</sup>	7	0,44 <sup>b</sup>	Corral	5	1,08 <sup>a</sup>	-
			Pastura baja	0,04 <sup>b</sup>		0,50 <sup>a</sup>			1,08 <sup>a</sup>	-
Brito (2020 - exp. 2)	190	4	Pastura alta	0,86 <sup>a</sup>	8	0,27 <sup>b</sup>	Corral	4	1,45 <sup>a</sup>	-
			Pastura baja	0,61 <sup>b</sup>		0,35 <sup>a</sup>			1,41 <sup>a</sup>	-

**Cuadro 3.** Síntesis de la edad a la faena (meses), pesos de faena (kg), peso de la canal caliente (kg), rendimiento carnicero (%) y deposición de tejidos de los novillos utilizados en los diferentes ensayos realizados en Uruguay, a partir del 2008.

Referencia	Tratamiento invernal	Sistema de engorde	Edad faena (meses)	Peso final (kg)	Peso canal caliente (kg)	Rendimiento (%)	Área de ojo de bife (AOB; cm <sup>2</sup> )	Grasa subcutánea (mm)	Escala USDA de marmoreo
Peripolli et al. (2017), Ferrinho et al. (2020)	Corral alto	Corral	22	504 <sup>a</sup>	256 <sup>a</sup>	50,0 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>
	Corral bajo			499 <sup>a</sup>	254 <sup>ab</sup>	50,7 <sup>a</sup>	64 <sup>ab</sup>	9 <sup>a</sup>	249 <sup>ab</sup>
	Pastura alta		23	502 <sup>a</sup>	250 <sup>ab</sup>	50,4 <sup>a</sup>	62 <sup>ab</sup>	8 <sup>a</sup>	229 <sup>bc</sup>
	Pastura baja			492 <sup>a</sup>	248 <sup>b</sup>	51,8 <sup>a</sup>	64 <sup>ab</sup>	8 <sup>a</sup>	193 <sup>cd</sup>
	Corral alto	Pastura	25	506 <sup>a</sup>	246 <sup>b</sup>	48,7 <sup>b</sup>	61 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	176 <sup>cd</sup>
	Corral bajo			507 <sup>a</sup>	247 <sup>b</sup>	48,5 <sup>b</sup>	62 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	181 <sup>cd</sup>
	Pastura alta		27	506 <sup>a</sup>	248 <sup>b</sup>	49,0 <sup>b</sup>	62 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	180 <sup>cd</sup>
	Pastura baja			506 <sup>a</sup>	249 <sup>b</sup>	49,0 <sup>b</sup>	61 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	149 <sup>d</sup>
Tieri et al. (s/p)	Corral	Corral	22	511 <sup>a</sup>	256 <sup>b</sup>	52,1 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>
	Pastura			515 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>	52,6 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	249 <sup>a</sup>
La Manna et al. (2011b), Brito et al. (2014)	Corral 17% PC	Corral	25	502 <sup>a</sup>	256 <sup>a</sup>	51,1 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	302 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC			493 <sup>a</sup>	252 <sup>a</sup>	51,6 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	243 <sup>a</sup>
	Corral 13% PC			492 <sup>a</sup>	253 <sup>a</sup>	51,5 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	242 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC (0,5 U)			480 <sup>a</sup>	249 <sup>a</sup>	52,5 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	248 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC (1,0 U)			477 <sup>a</sup>	252 <sup>a</sup>	52,0 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>
	Corral 17% PC	Pastura	26	491 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	50,5 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	268 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC			497 <sup>a</sup>	257 <sup>a</sup>	52,1 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	197 <sup>a</sup>
	Corral 13% PC			480 <sup>a</sup>	249 <sup>a</sup>	51,1 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	260 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC (0,5 U)			458 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	51,9 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	186 <sup>a</sup>
	Corral 15% PC (1,0 U)			486 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	51,2 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	340 <sup>a</sup>
Lema et al. (2016), Correa et al. (2021)	Corral alto	Corral	24	491 <sup>a</sup>	269 <sup>a</sup>	54,8 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	301 <sup>a</sup>
	Corral bajo		26	485 <sup>a</sup>	264 <sup>b</sup>	54,5 <sup>b</sup>	63 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	294 <sup>a</sup>
Chalkling et al. (2011), Brito et al. (2014)	Pastura alta	Corral	30	508 <sup>a</sup>	254 <sup>a</sup>	49,9 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	220 <sup>a</sup>
	Pastura baja			499 <sup>a</sup>	247 <sup>b</sup>	49,5 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	218 <sup>a</sup>
Brito (2020 - exp. 1)	Pastura alta	Corral	27	460 <sup>a</sup>	254 <sup>a</sup>	55,1 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>
	Pastura baja			446 <sup>b</sup>	242 <sup>b</sup>	54,3 <sup>b</sup>	59 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	291 <sup>a</sup>
Brito (2020 - exp. 2)	Pastura alta	Corral	26	497 <sup>a</sup>	278 <sup>a</sup>	56,0 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	349 <sup>a</sup>
	Pastura baja			493 <sup>a</sup>	276 <sup>a</sup>	56,0 <sup>a</sup>	61 <sup>b</sup>	7 <sup>a</sup>	352 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes en un mismo ensayo representan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

Escala USDA de marmoreo: 100-199 = "Traces"; 200-299 = "Slight"; 300-399 = "Small"; 400-499 = "Modest"; 500-599 = "Moderate"; 600-699 = "Slightly abundant"; 700-799 = "Moderately abundant"; 800-899 = "Abundant".



En los ensayos reportados por Lema et al. (2016) y Correa et al. (2021) todos los terneros fueron recriados a corral, donde las diferentes ganancias de peso fueron generadas realizando una restricción energética a los animales. Durante la recría conjunta con pasturas en primavera-verano, los terneros previamente restringidos (corral bajo) lograron mayores tasas de ganancias que aquellos con mayores ganancias invernales (corral alto), compensando en un 24% la diferencia de peso generada al final del período de recría invernal. Durante el engorde a corral, a diferencia de lo reportado por Peripolli et al. (2017) y Tieri et al. (s/p), las ganancias de peso y la eficiencia de conversión alimenticia fueron similares entre tratamientos. Esto puede ser debido a que, en el caso de Lema et al. (2016), todos los terneros fueron recriados a corral en el primer invierno.

En el ensayo de Brito (2020 - exp. 1), los terneros restringidos en el primer invierno (pastura baja) estuvieron en mantenimiento de peso. Posteriormente, en los siete meses de recría conjunta en pastura, si bien esos terneros incrementaron la ganancia de peso en relación con los terneros con mayores ganancias invernales (pastura alta), la compensación fue relativamente baja (35%). Resultados similares fueron reportados por La Manna et al. (2011a) cuando realizaron una restricción proteica a los terneros en el primer invierno, donde la compensación fue prácticamente nula. En el ensayo de Brito (2020 - exp. 2), los animales restringidos en el primer invierno lograron una compensación del 75% en los ocho meses posteriores de recría conjunta. Peripolli et al. (2017), realizando una restricción energética de los terneros en el primer invierno, reportaron resultados similares de compensación. De hecho, Drouillard et al. (1991) observó que el crecimiento compensatorio en bovinos era mayor cuando la restricción era energética en lugar de proteica, coincidiendo con los resultados encontrado en los ensayos nacionales.

### **Deposición de tejidos y rendimiento carnicero**

El manejo nutricional diferencial durante la recría invernal en los ensayos de Peripolli et al. (2017) y Ferrinho et al. (2020) afectó el peso de la canal y la deposición de tejidos, reflejado en diferentes valores para el área de ojo de bife (AOB) y nivel de engrasamiento (grasa subcutánea) de los bovinos, sobre todo cuando la terminación fue realizada en condiciones de engorde a corral (Cuadro 3). A su vez, en este ensayo, el engorde a corral logró un mayor contenido de grasa intramuscular (nivel de marmoreo) con relación al engorde en pasturas. Del mismo modo, en los ensayos de La Manna et al. (2011b) y Brito et al. (2014), los novillos engordados a corral presentaron mayores niveles de grasa subcutánea que aquellos terminados en pasturas.

La recría invernal contrastante en el ensayo de Tieri et al. (s/p) no afectó el desarrollo óseo de los animales (datos no presentados en esta publicación), pero si influyó el rendimiento carnicero y la deposición de tejidos. Los terneros recriados a corral con altas tasas de ganancias (superiores a 1,25 kg/d) lograron menores rendimientos carniceros a la faena. Este menor rendimiento carnicero se vio reflejado en los menores valores de AOB y en los mayores valores de engrasamiento (mejor condición corporal y mayores valores de grasa subcutánea). Correa et al. (2021), faenando los novillos a pesos constantes, observaron



que los terneros mejor recriados lograron mayores pesos de la canal y mayores rendimientos carniceros que aquellos con ganancias inferiores a 0,20 kg/d en el primer invierno.

Por último, los terneros recriados a mantenimiento de peso (0,04 kg/d; pastura baja), conforme reportado por Brito (2020 - exp. 1), llegaron a igual grado de terminación (grasa subcutánea y nivel de marmoreo) con un menor peso de faena y peso de la canal y sobre todo logrando menores rendimientos carniceros en comparación a los animales con mayores ganancias en la recría invernal (pastura alta). Por otro lado, en el ensayo de Brito (2020 - exp. 2), los terneros recriados en el invierno que lograron ganancias invernales de 0,61 kg/d (pastura baja), no fueron diferentes en el grado de terminación (espesor de grasa subcutánea) y rendimiento carnicero que los de mayores ganancias en la recría (0,86 kg/d; pastura alta).

***Reflexiones finales de lo reportado en los diferentes ensayos realizando una restricción (~100 días) en el primer invierno de los terneros:***

- ✓ Restricciones energéticas moderadas (ganancias de peso superiores a 0,35 kg/d) permitirían una mejor expresión del posterior crecimiento compensatorio que cuando las restricciones son de naturaleza proteica y/o a niveles de mantenimiento;
- ✓ Restricciones a mantenimiento de peso (sin ganancias de peso) en la recría invernal limitarían el desarrollo animal y el rendimiento carnicero; restricciones moderadas (ganancias de peso de 0,20 kg/d) no afectarían el posterior desarrollo animal, pero si el rendimiento carnicero; mientras que restricciones moderadas con ganancias de peso superiores a 0,35 kg/d no afectarían ninguna de las dos características;
- ✓ La recría a corral de los terneros mejora la eficiencia de conversión alimenticia en el posterior corral de engorde (5-15%).

**AGRADECIMIENTOS**

A los funcionarios de INIA La Estanzuela, de la Sociedad Rural de Río Negro y a los estudiantes de las distintas instituciones que con su esfuerzo y dedicación han contribuido a la instalación, seguimiento y análisis de los trabajos experimentales.





# Efectos de la recría en el segundo invierno y su engorde posterior

Juan Clariget<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>2</sup>, David Kenny<sup>3</sup>, Kate Keogh<sup>3</sup>, Alan Kelly<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó; <sup>3</sup>Teagasc, Irlanda; <sup>4</sup>University College Dublin, Irlanda.

En distintas estaciones experimentales del INIA, se ha evaluado el efecto de diferentes planos nutricionales en los novillos durante su segundo invierno, en las tasas de ganancias de peso, y su posterior impacto sobre el crecimiento, deposición de tejidos y calidad del producto final. Se han generado diversas publicaciones (Pittaluga et al., 2007; Rovira y Velazco, 2012; Lagomarsino y Brito, 2014; Luzardo, et al., 2014), reportando los resultados obtenidos durante el período de realimentación de los novillos luego de una fase de restricción (crecimiento compensatorio), tanto sobre pasturas naturales como sobre pasturas sembradas, y su efecto final en la deposición de tejidos y calidad del producto.

Como ya mencionado, el uso del crecimiento compensatorio constituye una práctica de gestión clave en los sistemas de producción de carne vacuna para reducir los costos generales de alimentación, ya que permite redistribuir el alimento desde una época del año en que la cantidad y/o la calidad de las pasturas son bajas (invierno) hacia una época en que la cantidad y calidad de las pasturas son abundantes (primavera). El ganado que previamente estuvo sujeto a una restricción alimenticia suele tener la capacidad de exhibir una mayor eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y potencial de crecimiento durante la realimentación.

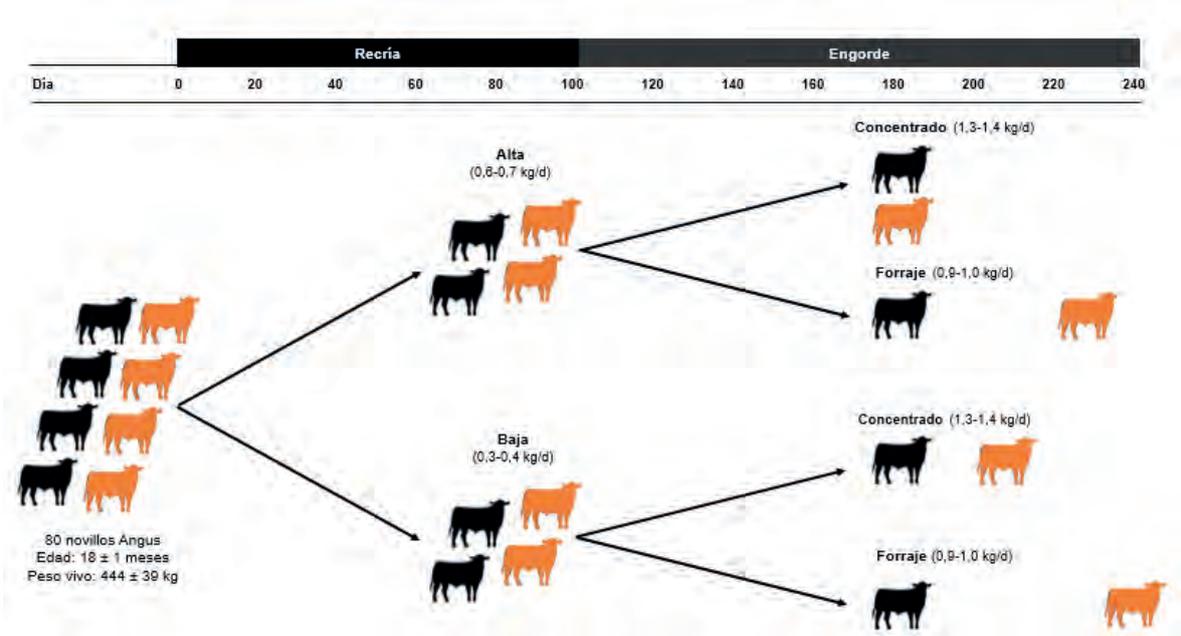
Sin embargo, la literatura publicada muestra una variación significativa entre animales en el potencial de exhibir el crecimiento compensatorio, confundiendo la comparación entre estudios, principalmente debido a variaciones en el manejo durante la restricción y la realimentación, la edad de faena, el grado de terminación de la canal y la madurez del animal (Hironaka y Kozub, 1973; Abdalla et al., 1998; Sainz et al., 1995; Keady et al., 2021). Por lo tanto, el objetivo de este ensayo desarrollado en el 2021 fue evaluar el efecto de la restricción alimenticia en novillos Aberdeen Angus sacrificados a una edad similar y/o un peso vivo similar sobre la ECA, la deposición de tejidos y la calidad de la carne bajo dos dietas de engorde divergentes (forraje vs. concentrado).

## **Metodología**

Ochenta novillos con un peso vivo promedio de  $444 \pm 39$  kg y una edad promedio de  $18 \pm 1$  meses fueron bloqueados y asignados aleatoriamente a uno de dos grupos de tasas de ganancias de peso contrastantes durante la recría invernal (alta: 0,60-0,70 kg/d vs. baja: 0,30-0,40 kg/d), que tuvo una duración de 97 días. Posteriormente, dentro de cada grupo, la mitad de los novillos fueron engordados con dietas de forraje mientras que la otra mitad con dietas basadas en concentrados.

Durante el período de recría, la dieta “alta” consistió en 100% silopaq de alfalfa + dactylis, mientras que la dieta “baja” consistió en 70% silopaq de alfalfa y dactylis + 30% heno de rastrojo de cebada. Durante el período de engorde, la dieta de forraje consistió en 100% silopaq de alfalfa y dactylis, mientras que la dieta de concentrado consistió en 75% de concentrados (70,1% de grano de maíz húmedo, 3,1% de harina de soja, 0,95% de carbonato de calcio, 0,55% de urea, 0,25% de sal, 0,045% de Rovimix®-DSM y 0,015% de Rumensin 200TM-ELANCO) + 25% de silopaq de alfalfa y dactylis.

Después de 84 días de engorde, la mitad de los novillos de todos los tratamientos fueron sacrificados a una edad similar (24 meses), mientras que la otra mitad fue sacrificada cuando los novillos en las diferentes combinaciones de tratamientos alcanzaron un peso vivo similar de aproximadamente 620 kg. Adicionalmente, se realizaron dos faenas con otros 16 novillos representativos el día 0 y el día 97, de manera a proporcionar parámetros de referencia para las mediciones en la canal. Una representación esquemática del diseño general del ensayo se presenta en la Figura 1.



**Figura 1.** Representación esquemática del diseño general del ensayo.

<sup>1</sup> Los novillos negros representan los animales sacrificados a la misma edad (24 meses) al final del período de engorde; mientras que los novillos naranjas, los animales sacrificados con un peso vivo similar (~620 kg) al final del período de engorde.

<sup>2</sup> Las tasas de ganancia de peso que están entre paréntesis son las esperadas en cada estrategia de alimentación.

Los novillos fueron distribuidos en tres corrales diferentes (Figura 2), donde cada corral contaba con cuatro comederos (uno por cada tratamiento). El consumo de alimento individual se registró diariamente utilizando los sistemas automáticos de registro de alimentación INTERGADO®, registrándose un evento de alimentación con cada fluctuación de 25 g en el peso del comedero. El alimento se ofreció tres veces al día, a las 0630 h, 1300 h y 1930 h. Los alimentos se ofrecieron ad libitum (considerando un rechazo diario

superior al 5%). El experimento se analizó como un diseño en bloques completos al azar con una estructura factorial 2 x 2, donde la recría (alta vs. baja), el sistema de engorde (forraje vs. concentrado) y su interacción se consideraron como efectos fijos y el bloque como un efecto aleatorio.

### Resultados

El grupo de recría “alta” mostró una tasa de ganancia de peso mayor del doble que la del grupo de recría “baja” durante la recría invernal (Cuadro 1). Sin embargo, durante el período de engorde, el grupo de “baja” recría tuvo una mayor ganancia de peso y mostró una mejor ECA en relación con el grupo “alta” recría. Cuando la faena se realizó a similar peso vivo, no se observaron diferencias en la ECA durante todo el período del ensayo (recría + engorde) por efecto de la recría previa. Durante el período de engorde, los novillos terminados con concentrados aumentaron la ganancia de peso, mejorando la ECA en comparación con los novillos engordados con forraje.

(A)



(B)



**Figura 2.** Imagen de los tres corrales (A) y los cuatro comederos por corral (B).

**Cuadro 1.** Peso vivo (kg), ganancia media diaria de peso (GMD; kg/d), consumo de materia seca (CMS; kg MS/d) y eficiencia de conversión alimenticia (ECA; kg MS/kg GMD), por los factores de recría (alta vs. baja) y sistema de engorde (concentrado vs. forraje), para los novillos Aberdeen Angus, alcanzando la misma edad o similar peso vivo a la faena.

	n	RECRÍA		ENGORDE		EEM	Recría	Engorde
		Alta	Baja	Concentrado	Forraje			
<i>Peso vivo</i>								
Inicio período de recría, día 0	80	445	442	-	-	10	ns	-
Fin período de recría, día 97	80	507	471	489	489	11	**	ns
Fin período de engorde, día 181 <sup>1</sup>	80	591	571	598	564	12	**	**
Fin período de engorde, ~ 620 kg <sup>2</sup>	40	619	619	617	622	22	ns	ns
<i>GMD</i>								
Período de recría, días 0-97	80	0,65	0,30	-	-	0,02	**	-
Período de engorde, días 97 a 181 <sup>1</sup>	80	1,00	1,18	1,30	0,89	0,03	**	**
Período de engorde, días 97 a ~620 kg <sup>2</sup>	40	1,07	1,22	1,32	0,97	0,03	**	**
Período total, días 0 a ~620 kg	40	0,85	0,80	0,90	0,76	0,02	ns	**
<i>CMS</i>								
Período de recría, días 0-97	80	9,7	8,1	-	-	0,2	**	-
Período de engorde, días 97 a 181 <sup>1</sup>	80	11,5	11,5	11,8	11,3	0,2	ns	ns
Período de engorde, días 97 a ~620 kg <sup>2</sup>	40	11,9	11,8	11,9	11,8	0,4	ns	ns
Período total, días 0 a ~620 kg	40	10,9	10,1	10,5	10,5	0,4	**	ns
<i>ECA</i>								
Período de recría, días 0-97	80	15,5	29,0	-	-	1,3	**	-
Período de engorde, días 97 a 181 <sup>1</sup>	80	12,4	10,2	9,3	13,4	0,4	**	**
Período de engorde, días 97 a ~620 kg <sup>2</sup>	40	11,6	9,9	9,1	12,4	0,5	**	**
Período total, días 0 a ~620 kg	40	12,9	12,8	11,7	14,0	0,5	ns	**

No se encontró interacción entre los factores de recría\*engorde.

ns = no significativo; \* P≤0,05; \*\* P≤0,01.

<sup>1</sup> Similar edad. <sup>2</sup> Similar peso vivo.



Al final del periodo de recría, los novillos de “alta” recría presentaron una menor altura del anca relativa al peso vivo, mientras que la grasa subcutánea y el peso del hígado fueron superiores en comparación con los novillos de “baja” recría (Cuadro 2). Al final del período de engorde (edad similar pero diferente peso vivo), las diferencias en grasa subcutánea y peso del hígado relativos al peso vivo entre los novillos con “alta” y “baja” ganancias de peso en la recría invernal desaparecieron, pero las diferencias en altura de anca se mantuvieron. Sin embargo, cuando la comparación se realizó al final del período de engorde con un peso vivo similar (~620 kg), no se observaron diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas. Cuando los novillos fueron faenados a la misma edad, aquellos engordados con dietas en base a concentrados mostraron una menor altura de anca y peso del hígado y mayor grasa subcutánea en relación con el peso vivo que los novillos engordados con forraje. Sin embargo, cuando se compararon los novillos con un peso vivo similar al momento de faena estas diferencias desaparecieron.

Al finalizar el período de engorde al mismo peso vivo, no se registraron diferencias en el peso de la canal caliente, el rendimiento carnicero y el grado de engrasamiento entre novillos con recría invernal “alta” y “baja” (Cuadro 3). Los novillos engordados en base de concentrados lograron mayores pesos de canal caliente y rendimiento carnicero en comparación con los engordados con forraje. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el espesor de la grasa subcutánea y el nivel de marmoreo.



**Cuadro 2.** Altura de anca (cm/100 kg PV), área de ojo de bife (cm<sup>2</sup>/100 kg PV), grasa subcutánea (mm/100 kg PV) y peso del hígado (kg/100 kg PV) relativos al peso vivo, por los factores de recría (alta vs. baja) y sistema de engorde (concentrado vs. forraje), para los novillos Aberdeen Angus, alcanzando la misma edad o similar peso vivo a la faena.

	n	RECRÍA		ENGORDE		EEM	Recría	Engorde
		Alta	Baja	Concentrado	Forraje			
<i>Altura de anca</i>								
Inicio período de recría, día 0	80	26,8	26,7	-	-	0,5	ns	-
Fin período de recría, día 97	80	24,5	26,0	25,3	25,2	0,5	**	ns
Fin período de engorde, día 181 <sup>1</sup>	80	21,8	22,3	21,5	22,6	0,4	*	**
Fin período de engorde, ~ 620 kg <sup>2</sup>	40	21,0	20,8	20,9	20,9	0,6	ns	ns
<i>Área de ojo de bife</i>								
Inicio período de recría, día 0	80	11,0	10,9	-	-	0,2	ns	-
Fin período de recría, día 97	80	11,4	11,4	11,6	11,3	0,2	ns	ns
Fin período de engorde, día 181 <sup>1</sup>	40	11,0	11,0	11,1	10,9	0,2	ns	ns
Fin período de engorde, ~ 620 kg <sup>2</sup>	40	11,0	11,3	11,3	11,0	0,2	ns	ns
<i>Grasa subcutánea</i>								
Inicio período de recría, día 0	80	0,94	0,94	-	-	0,06	ns	-
Fin período de recría, día 97	80	1,40	1,21	1,34	1,27	0,07	*	ns
Fin período de engorde, día 181 <sup>1</sup>	40	2,02	1,87	2,20	1,69	0,09	ns	**
Fin período de engorde, ~ 620 kg <sup>2</sup>	40	2,18	2,12	2,24	2,06	0,11	ns	ns
<i>Peso de hígado</i>								
Fin período de recría, día 97	16	1,23	1,13	1,20	1,16	0,02	*	ns
Fin período de engorde, día 181 <sup>1</sup>	40	1,25	1,30	1,24	1,30	0,02	ns	*
Fin período de engorde, ~ 620 kg <sup>2</sup>	40	1,21	1,22	1,20	1,23	0,02	ns	ns

No se encontró interacción entre los factores de recría\*engorde.

ns = no significativo; \* P≤0,05; \*\* P≤0,01.

<sup>1</sup> Similar edad. <sup>2</sup> Similar peso vivo.

**Cuadro 3.** . Peso vivo y de la canal caliente (kg), rendimiento carnicero (%) y nivel de engrasamiento, por los factores de recría (alta vs. baja) y sistema de engorde (concentrado vs. forraje) para los novillos Aberdeen Angus, con el mismo peso vivo a la faena.

	n	RECRÍA		ENGORDE		EEM	Recría	Engorde
		Alta	Baja	Concentrado	Forraje			
Edad a la faena (meses)		24,8	25,3	24,3	25,7	-	-	-
Peso vivo final	40	619	619	617	621	22	ns	ns
Peso canal caliente	40	328	327	332	324	3	ns	**
Rendimiento	40	53,3	53,2	54,0	52,6	0,3	ns	**
Grasa subcutánea (mm)	40	13,1	13,0	13,0	13,1	0,8	ns	ns
Escala USDA de marmoreo	40	449	451	452	449	8	ns	ns

No se encontró interacción entre los factores de recría\*engorde.

ns = no significativo; \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$ .

Escala USDA de marmoreo: 100-199 = "Traces"; 200-299 = "Slight"; 300-399 = "Small"; 400-499 = "Modest"; 500-599 = "Moderate"; 600-699 = "Slightly abundant"; 700-799 = "Moderately abundant"; 800-899 = "Abundant".



### **Mensaje final**

- ✓ Novillos en condiciones de baja ganancia en la recría (GMD: 0,3-0,4 kg/d) mostraron una mayor tasa de ganancia de peso y una mejor eficiencia de conversión alimenticia durante el engorde en comparación con novillos con alta ganancia en la recría (GMD: 0,6-0,7 kg/d); sin embargo, necesitaron 14 días más de alimentación para alcanzar un peso vivo similar al de sus contemporáneos;
- ✓ Cuando los novillos fueron sacrificados con un peso vivo similar, no hubo diferencias generales en la eficiencia de conversión alimenticia durante todo el período (recría + engorde), consecuencia de las condiciones de recría dentro de cada sistema de engorde;
- ✓ Finalmente, cuando los novillos se faenaron con un peso vivo similar, no se observaron efectos residuales en la deposición de tejidos o peso de la canal, por efecto de las diferentes ganancias de peso en la recría durante el segundo invierno.

### **AGRADECIMIENTOS**

A los funcionarios de INIA La Estanzuela: Eduardo Pérez, Juan Uzuca, Edward Batista y Rodrigo Gonnet, y a los estudiantes: Nahuel Rigali, Bruno Eugster, José Mesegues y Juan Vandelli, que con su esfuerzo y dedicación han contribuido a la instalación, seguimiento y análisis de este experimento.

### **Literatura citada**

ABDALLA, H.O.; FOX, D.G.; THONNEY, M.L. 1988. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. *Journal of Animal Science* 66: 2687-2695.

AFOLAYAN, R.A.; PITCHFORD, W.S.; DELAND, M.P.B.; MCKIERNAN, W.A. 2007. Breed variation and genetic parameters for growth and body development in diverse beef cattle genotypes. *Animal* 1: 13-20.

ARANGO, J.A.; VAN VLECK, L.D. 2002. Size of beef cows: early ideas, new developments. *Genetics and Molecular Research* 1(1): 51-63.

ASHFIELD, A.; WALLACE, M.; MCGEE, M.; CROSSON, P. 2014. Bioeconomic modelling of compensatory growth for grass-based dairy calf-to-beef production systems. *Journal of Agricultural Science* 152: 805-816.

BEDWELL, P.S.; FAULKNER, D.B.; SHIKE, D.W.; PARRETT, D.F.; BERGER, L.L.; IRELAND, F.A.; NASH, T.G. 2008. Effects of source of energy on performance, ultrasonic, carcass, and economic characteristics of early weaned heifers. *The Professional Animal Scientist* 24: 451-459.

BERGE, P. 1991. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). *Livestock Production Science* 28: 179-201.

BRITO, G.; SAN JULIÁN, R.; LA MANNA, A.; DEL CAMPO, M.; MONTOSI, F.; BANCHERO, G.; CHALKLING, D.; SOARES DE LIMA, J.M. 2014. Growth, carcass traits and palatability: Can the influence of the feeding regimes explain the variability found on those attributes in different Uruguayan genotypes? *Meat Science* 98: 533-538.

BRITO, G. 2020. ¿Qué tan importante es una buena recría en el primer invierno del ternero en el producto final: rendimiento carnicero y calidad de carne? *Anuario Angus Uruguay 2020*: 148-152.

BOSCH, M.W.; TAMMINGA, S.; POST, G.; LEFFERING, C.P.; MUYLEAERT, J.M. 1992. Influence of stage of maturity of grass silage on digestion processes in dairy cows. 1: Composition nylon bag degradation rates, fermentation characteristics, digestibility and intake. *Livestock Production Science* 32: 245-264.

BRODY, S. 1964. *Bioenergetics and Growth*. New York, USA: Reinhold. 1023 p.

CARSTENS, G.E.; JOHNSON, D.E.; ELLENBERGER, M.A.; TATUM, J.D. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *Journal of Animal Science* 69: 3251-3264.

CHALKLING, D.; LA MANNA, A.; BRITO, G.; TIERI, M.P.; MONTOSI, F. 2011. Ganadería de Precisión: estrategias de invernada con Aberdeen Angus “desde la recría a la terminación”. En: *Intensificación de la invernada en tiempos de la agricultura: la experiencia de la UEDY, INIA La Estanzuela*. Tacuarembó, UY: INIA. p. 27-34. (INIA Serie Actividades Difusión; 655)

CHOAT, W.T.; KREHBIEL, C.R.; DUFF, G.C.; KIRKSEY, R.E.; LAURIAULT, L.M.; RIVERA, J.D.; CAPITAN, B.M.; WALKER, D.A.; DONART, G.B.; GOAD, C.L. 2003. Influence of grazing dormant native range or winter wheat pasture on subsequent finishing cattle performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism. *Journal of Animal Science* 81: 3191-3201.

CLARIGET, J.M.; BANCHERO, G.; CANOZZI, M.E.A.; KENNY, D.; KEOGH, K.; KELLY, A. 2023. Crecimiento compensatorio de terneros y terneras en Uruguay. *Revista INIA* 73: 9-12.

CLARIGET, J.M. 2024. Holistic examination of the biological, economic, and environmental benefit of exploiting compensatory growth in pasture-based beef cattle production system. PhD Thesis, University College Dublin, Dublin (Ireland). 304 p.

CORREA, D.; LEMA, M.; RAVAGNOLO, O.; CLARIGET, J.; LUZARDO, S.; BRITO, G. 2021. Effects of differences in level of post-weaning nutrition and in sire expected progeny differences for ribeye area on retail cuts yield in Hereford steers. *Animal Production Science* 61: 172-178.

DELAUDAUD, C.; FERLAY, A.; FAULCONNIER, Y.; BOCQUIER, F.; KANN, G.; CHILLIARD, Y. 2002. Plasma leptin concentration in adult cattle: effects of breed, adiposity, feeding level and meal intake. *Journal of Animal Science* 80: 1317-1328.



DROUILLARD, J.S.; FERREL, C.L.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *Journal of Animal Science* 69: 811-818.

FERRINHO, A.M.; PERIPOLLI, E.; BANCHERO, G.; PEREIRA, A.S.C.; BRITO, G.; LA MANNA, A.; FERNANDEZ, E.; MONTOSI, F.; KLUSKA, S.; MUELLER, L.F.; BERCHIELLI, T.T.; BALDI, F. 2020 Effect of growth path on carcass and meat-quality traits of Hereford steers finished on pasture or in feedlot. *Animal Production Science* 60: 323-332.

GERRARD, E.D.; GRANT, A.L. 2003. *Principles of Animal Growth and Development*. Dubuque, IA, USA: Kendall Hunt Publishing. 284 p.

GREGORINI, P.; GUNTER, S.A.; BECK, P.A.; SODER, K.J.; TAMMINGA, S. 2008. Review: The interaction of diurnal grazing pattern, ruminal metabolism, nutrient supply, and management in cattle. *The Professional Animal Scientist* 24: 308-318.

HARRISON, J.; HUHTANEN, P.; COLLINS, M. 2003. Perennial grasses. En: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.), *Silage science and technology*. USA: ASA, CSSA, SSSA. p. 665-732.

HIRONAKA, R.; KOZUB, G.C. 1973. Compensatory growth of beef cattle restricted at two energy levels for two periods. *Canadian Journal of Animal Science* 53(4): 709-715.

HOGG, B.W. 1991. Compensatory growth in ruminants. *Advances in Meat Research* 7: 103-134.

HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; GÉRARD, O.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology* 19: 121-132.

HOSSNER, K. 2006. *Hormonal regulation of farm animal growth*. Oxford, UK: CABI Publishing. 223 p.

INRA - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. 1989. *Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables*. Montrouge, France: John Libbey Eurotext. 389 p.

KEADY, S.M.; KEANE, M.G.; WATERS, S.M.; WYLIE, A.R.; O' RIORDAN, E.G.; KEOGH, K.; KENNY, D.A. 2021. Effect of dietary restriction and compensatory growth on performance, carcass characteristics, and metabolic hormone concentrations in Angus and Belgian Blue steers. *Animal* 15: 100215.

KEANE, M.G.; DRENNAN, M.J. 1994. Effects of winter supplementary concentrate level on the performance of steers slaughtered immediately or following a period at pasture. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 33(2): 111-119.

KEANE, M.G. 2003. Beef production from Holstein-Friesian bulls and steers of New Zealand and European/American descent, and Belgian Blue × Holstein-Friesians, slaughtered at two weights. *Livestock Production Science* 84(3): 207-218.

KEANE, M.G. 2011. *Relative tissue growth patterns and carcass composition in beef cattle Grange, Dunsany, Co. Meath., Ireland: Teagasc. 23 p. (Occasional Series n. 7)*

KEOGH, K.; WATERS, S.M.; KELLY, A.K.; KENNY, D.A. 2015. Feed restriction and subsequent realimentation in Holstein Friesian bulls: I. Effect on animal performance, muscle, fat, and linear body measurements, and slaughter characteristics. *Journal of Animal Science* 93: 3578-3589.

LAGOMARSINO, X.; BRITO, G. 2014. Efecto de la suplementación con subproductos industriales sobre campo natural de Basalto en la recría de novillos sobreaño y en su posterior terminación. In: BERRETTA, E.; MONTOSI, F.; BRITO, G. (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto*. Montevideo, UY: INIA. p. 169-182. (INIA Serie Técnica; 217)

LA MANNA, A.; TIERI, M.P.; BANCHERO, G.; MIERES, J.; FERNÁNDEZ, E.; PÉREZ, E. 2011a. El nivel de proteína y su posible sustitución por urea en terneros. ¿Tiene efecto en la performance inmediata y/o posterior de los animales en su recría? *Revista INIA* 25: 13-15.

LA MANNA, A.; TIERI, M.P.; BALDI, F.; BANCHERO, G.; MIERES, J.; FERNÁNDEZ, E.; PÉREZ, E.; CHALKLING, D.; MONTOSI, F.; BRITO, G. 2011b. Manejo de la proteína y energía de la recría a la terminación. ¿Cómo afectamos la eficiencia, performance y el producto que logramos?



En: Jornada de Ganadería - El menú de la invernada, INIA La Estanzuela. La Estanzuela, UY: INIA. p. 24-35 (INIA Serie Actividades Difusión; 658)

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R.; NOVAKOFSKI, J.E. 2012. Hormonal influences on growth. In: LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R.; NOVAKOFSKI, J.E. (Eds.), Growth of farm animals. 3rd ed. Oxfordshire, UK: CAB International. p. 139-173

LEMA, O.M.; BRITO, G.; CLARIGET, J. PEREZ, E.; LA MANNA, A.; RAVAGNOLO, O.; AGUILAR, I.; MONTOSSI, F. 2016. Can nutritional level and parental EPD for rib eye area influence feed conversion efficiency and carcass yield in steers? Proceedings of the 31st Australian Society of Animal Production; New Zealand Society of Animal Production. Adelaide, Australia.

LUZARDO, S.; CUADRO, R.; MONTOSSI, F.; BRITO, G. 2014. Intensificación de los sistemas de engorde bovino en la Región Basáltica. In: BERRETTA, E.; MONTOSSI, F.; BRITO, G. (Eds.), Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, UY: INIA. p. 127-154. (INIA Serie Técnica; 217)

MEYER, J.H.; HULL J.L.; WEITKAMP, W.H.; BONILLA, S. 1965. Compensatory growth responses of fattening steers following various low energy intake regimes on hay or integrated pasture. Journal of Animal Science 24: 29-37.

MIERES, J.M. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, UY: INIA. 84 p. (INIA Serie Técnica 142).

MONTOSSI, F.; BERRETTA, E.J.; PIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BEMHAJA, M.; SAN JULIÁN, R.; RISSO, D.; MIERES, J. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de Basalto In: BERRETTA, E.J. (Ed.), Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Montevideo, UY: INIA. p. 257-285 (INIA Serie Técnica; 102)

MORAN, J.B.; HOLMES, W. 1978. The application of compensatory growth in grass/cereal beef production systems in the United Kingdom. World Review of Animal Production 14(2): 65-73.

MURDOCH, G.K.; OKINE, E.K.; DIXON, W.T.; NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; CHRISTOPHERSON, R.J. 2005. Growth. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.), Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Oxfordshire, UK: CABI. p. 489-521.

NASEM - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press. 248 p.

NASEM - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2016. Nutrient requirements of beef cattle. 8th ed. Washington, DC, USA: National Academy Press. 494 p.

NEEL, J.P.S.; FONTENOT, J.P.; CLAPHAM, W.M.; DUCKETT, S.K.; FELTON, E.E.D.; SCAGLIA G.; BRYAN, W.B. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I. Animal performance and carcass characteristics. Journal of Animal Science 85: 2012-2018.

NICOL, A.M.; KITESSA, S.M. 1995. Compensatory growth in cattle - revisited. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. NZ: New Zealand Society of Animal Production. Vol. 55, p. 157-160.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science 71: 3138-3150.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. Journal of Animal Science 73: 3152-3172.

PERIPOLLI, E.; BANCHERO, G.; PEREIRA, A.S.C.; BRITO, G.; LA MANNA, A.; FERNANDEZ, E.; MONTOSSI, F.; BALDI, F. 2017. Effect of growth path on the performance and carcass traits of Hereford steers finished either on pasture or in feedlot. Animal Production Science 58(7): 1341-1348.

PESONEN, M.; HUUSKONEN, A.K. 2015. Production, carcass characteristics and valuable cuts of beef breed bulls and heifers in Finnish beef cattle population. Agricultural and Food Science 24: 164-172.

PETTIFORD, S. 2004. Yard weaning feeder cattle. In: GADEN, B. (Ed.), Producing quality beef: opportunities for beef producers from the CRC for cattle and beef quality. Brisbane, Australia: Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality. p. 32-33.





PITTALUGA, O.; BRITO, G.; CUADRO, P.; DÍAZ, S.; SAN JULIÁN, R.; SILVEIRA, C. 2007. Incidencia de diferentes períodos de suplementación invernal en terneros y novillos sobre el crecimiento animal, el rendimiento carnicero y la calidad de la carne. En: Día de campo, INIA Tacuarembó, Unidad Experimental Glencoe. Tacuarembó, UY: INIA. p. 11-15. (INIA Serie Actividades Difusión; 518)

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I. 2012. Comparación de la suplementación diaria o en autoconsumo en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. En: ROVIRA, P.; VELAZCO, J.I., Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. Montevideo, UY: INIA. p. 33-42 (INIA Serie Técnica; 199)

RYAN, W.J. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. Nutrition Abstract and Reviews (Series B), Livestock Feeds and Feeding 60(9): 653-664.

RYAN, W.J.; WILLIAMS, I.H.; MOIR, R.J. 1993. Compensatory growth in sheep and cattle. I. Growth pattern and feed intake. Australian Journal of Agricultural Research 44: 1609-1621.

SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steers. Journal of Animal Science 73: 2971-2979.

SILVA, L.H.P.; PAULINO, P.V.R.; BENEDETI, P.D.B.; ESTRADA, M.M.; ALVES, L.C.; ASSIS, D.E.F.; ASSIS, G.J.F.; LEONEL, F.P.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; CHIZZOTTI, M.L. 2020. Post-weaning growth rate effects on body composition of Nelore Bulls. Animal Production Science 60: 852-862.

SOUTHGATE, J.R.; COOK, G.L.; KEMPSTER, A.J. 1982. A comparison of different breeds and crosses from the suckler herd 1. Live-weight growth and efficiency of food utilization. Animal Science 35: 87-98.

SOUTHGATE, J.R.; COOK, G.L.; KEMPSTER, A.J. 1988. Evaluation of British Friesian, Canadian Holstein and beef breed × British Friesian steers slaughtered over a commercial range of fatness from 16-month and 24-month beef production systems 1. Live-weight gain and efficiency of food utilization. Animal Production 46(3): 353-364.

VERDE, L.S. 1974. Estado actual de los conocimientos sobre crecimiento compensatorio. A.A.P.A.. Producción Animal. Buenos Aires, ARG: Hemisferio Sur. 17 p. Disponible en:  
[https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/03-crecimiento\\_compensatorio.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/03-crecimiento_compensatorio.pdf)

VERDE, L.S.; JOANDET, G.E.; GIL, E.A.; TORRES, F.; FLORES, J. 1975. Efecto de la alimentación y el padre en el crecimiento compensatorio de novillos. ALPA Memorias 10: 75-97.

WARRISS, P.D. 2010. Meat science: An introductory text. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 234 p.

WILSON, P.N.; OSBOURN, D.F. 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 35: 324-363.

YAMBAYAMBA, E.S.K.; PRICE, M.A.; JONES, S.D.M. 1996. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. Livestock Production Science 46: 19-32.

# CAPÍTULO IV

## Avances tecnológicos en los corrales de engorde

Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Valentín Aznárez<sup>2</sup>, María Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Gonzalo Roig<sup>2</sup>, Enrique Fernandez<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>Marfrig Group, Uruguay.

En Uruguay, los corrales de engorde han aumentado en cantidad de animales faenados y en el número de corrales. De acuerdo con INAC (2023), en los últimos 10 años, la faena de animales provenientes de corrales de engorde se ha duplicado, siendo en el 2022 de un 15,1% de la faena total y de este total, 27% eran novillos y 15% eran vaquillonas.

Las razones de este crecimiento han sido variadas, pero el acceso a mercados diferenciales en precio para carne de calidad (p. ej., cuota 481, mercados especializados tanto en lo internacional como en lo local); la posibilidad de dinamizar el establecimiento, pudiendo aumentar la carga en pastoreo de categorías más eficientes en el mismo; y/o la liberación de zonas para la agricultura manteniendo la carga animal han colaborado a esa expansión. A todo esto, también ha ayudado la creciente profesionalización de los corrales, con gente más preparada para poder hacer el negocio más eficiente.

Es claro que los aspectos principales para lograr una buena eficiencia en los corrales de Uruguay provienen del manejo, de la dieta, de la sanidad y de las instalaciones, temas que iremos discutir en los próximos apartados.

### ***Instalaciones, estación del año, origen y otras características de los animales sobre el desempeño a corral***

Las instalaciones en el corral son un factor decisivo para el desempeño animal, así como para el cuidado del medio ambiente. En el año 2017, se publicó un trabajo conjunto entre la Asociación Uruguaya de Producción de Carne Intensiva Natural (AUPCIN), el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOTMA, actualmente Ministerio de Ambiente), el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) e INIA que es la “Guía de buenas prácticas ambientales y sanitarias de establecimientos de engorde de bovinos a corral” (MVOTMA-MGAP-INIA-AUPCIN, 2017). En este material se detalla las consideraciones a tener en cuenta para correctas instalaciones, de manera de maximizar el desempeño animal y minimizar cualquier impacto en el medio ambiente que, a pesar de su relevancia, no serán tratadas en esta publicación.

Por otro lado, se analizó una base de datos de los años 2015, 2016 y 2017, totalizando 560 corrales y, aproximadamente, 68.800 bovinos, para identificar cuáles son los factores que mayoritariamente inciden en la eficiencia del corral. Los pesos iniciales variaron de 216 kg a 469 kg donde la eficiencia de conversión de kg de alimento/kg de ganancia diaria aumentó en la medida que aumentaba el peso de entrada en el entorno de 0,649 kg cada 100 kg más pesados. Los principales resultados del análisis de la base de datos serán discutidos abajo.



**Estación del año.** La peor eficiencia de conversión alimenticia (ECA; kg MS necesarios para depositar 1 kg de PV) fue encontrada en el verano, la cual fue significativamente diferente respecto a las otras tres estaciones, además de numéricamente diferente en cuanto a menores ganancias medias diarias de peso (GMD; kg/d).

**Cuadro 1.** Síntesis de las ganancias medias diarias de peso (GMD; kg/d) y de la eficiencia de conversión alimenticia (ECA; kg de MS consumida/GMD) de acuerdo con las diferentes estaciones del año.

Variable	Estación del año			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
<b>GMD</b>	1,37 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,43 <sup>b</sup>	1,54 <sup>a</sup>
<b>ECA</b>	7,8 <sup>a</sup>	7,6 <sup>b</sup>	7,6 <sup>b</sup>	7,3 <sup>c</sup>

\*Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas (P<0,05).

Es claro que el verano se presenta como la época más complicada desde el punto de vista productivo. A pesar de esto, de acuerdo con una encuesta realizada por Banchero et al. (2016), 68% de los corrales de nuestro país no tienen sombra. A esta estación sigue el otoño y el invierno donde, en establecimientos sin buena infraestructura, en momentos de lluvia y poca heliofania, se genera barro, el cual también compromete el desempeño animal.

Por otro lado, la primavera resulta en los mejores desempeños en ambas variables productivas, que puede ser explicada, en parte, porque tanto el estrés por calor como el barro no tienen incidencia en esta estación. A esto se suman otros dos aspectos importantes: i. el ganado que entra en esa época al corral puede venir de una subnutrición en invierno en el campo, haciendo una especie de compensatorio en el corral y ii. la primavera, por lo general, presenta temperaturas más confortables para los animales y días más largos.

**Origen de los animales.** La ECA y la GMD fueron significativamente afectadas por el origen del ganado en el entorno del 5%. Esto quiere decir que la genética y la crianza tienen un papel muy importante en el desempeño, donde la selección del ganado a adquirir es trascendental, siendo preferible pagar más por kg comprado, ya que la diferencia se compensa o mejora rápidamente durante la fase de engorde.

**Sexo.** Los machos presentaron mejores eficiencias de conversión del alimento que las hembras (7,3 vs. 7,8 kg de MS consumida/GMD) y mejores ganancias diarias de peso (1,48 vs. 1,38 kg/d).

De lo obtenido con el análisis de esta base de datos, se desprende que, en los corrales de Uruguay, el verano es una época bastante complicada. Al estrés por calor, se suma un problema sanitario y también de manejo, que es la incidencia de la Fasciola hepatica. De acuerdo con Banchero et al. (2016), el 90% de los corrales de Uruguay realizan dosificaciones con productos fasciolicidas. Ambos problemas afectan, directamente, la eficiencia animal y, por lo tanto, serán uno de los temas aquí tratados. El segundo tema por desarrollar es el uso y el tipo de la fibra, que puede ser una estrategia para evitar la ocurrencia de acidosis.





La reutilización de subproductos de la industria que no comprometan la eficiencia y que se pueda utilizar en sustitución, total o parcial, a las fibras usualmente utilizadas - henos y/o ensilajes, surgen como alternativas alimentares. Debido a la importancia de este tema, y a la circularidad por reutilización de subproductos, se estará presentando un subcapítulo con resultados de diversos ensayos realizados en conjunto con el Grupo Marfrig.







## Bajas eficiencia en verano en corrales de engorde de Uruguay: estrés por calor y Fascioliasis

Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Valentín Aznarez<sup>2</sup>, Gonzalo Roig<sup>2</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>, Santiago Luzardo<sup>3</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>Marfrig Group, Uruguay; <sup>3</sup>INIA Tacuarembó.

### Estrés por calor y estrategias de mitigación

El estrés por calor se produce cuando las condiciones ambientales exceden la temperatura crítica superior de la especie y la carga de calor total en el animal es superior a la capacidad que tiene el mismo de disiparla. El nivel de estrés calórico que un animal experimenta puede ser dividido en tres factores principales: la susceptibilidad animal, las condiciones ambientales y el manejo que se le realiza (Brown-Brandl, 2008).

Uno de los índices más utilizado para medir el grado de estrés calórico en ganadería es el Índice de Temperatura y Humedad (ITH; Thom, 1959). Uruguay si bien no está en una zona de calor severo, las condiciones ambientales por calor y humedad son suficientes para que el ganado sufra de estrés por calor y lo manifieste a través de su desempeño y bienestar. Esto, de alguna manera, se confirma a través del análisis de la base de datos previamente mencionado, la cual indicó que, en el verano, los animales presentan ganancias y eficiencias de conversión significativamente menores respecto al resto de las estaciones, independiente del tipo animal, de las dietas y del manejo. Ante eventos de estrés por calor (ITH>74), los animales aumentan el jadeo y la tasa respiratoria (Clariget et al., 2018), reducen el consumo de materia seca (CMS) y, en consecuencia, su desempeño se ve afectado negativamente, así como las funciones inmunes, predisponiéndolos a enfermedades y, en casos extremos, a la muerte (Sejian et al., 2018).

Datos internacionales muestran que el acceso a sombra mejora la performance animal (Morrison, 1983; Mader, 2014). Más recientemente, una revisión sistemática y metaanálisis de datos internacionales realizada por el equipo de INIA La Estanzuela, no solo muestran que la sombra mejora el desempeño animal sino también la eficiencia de conversión alimenticia (ECA; kg MS necesarios para depositar 1 kg de PV) y la tasa respiratoria (Azevedo et al., 2024).

En Uruguay y a nivel de corral, al no existir información nacional, fue establecido un convenio con Marfrig, de manera a profundizar este y otros temas relacionados a corrales de engorde. Dentro del tema “estrés por calor”, aunque existen tres estrategias para mitigar el calor - modificación física del ambiente (sombra y/o mojado), modificación de la dieta y búsqueda de biotipos más adaptados (Beede y Collier, 1986) - se priorizó en este convenio las dos primeras.

## Resultados experimentales

En nuestras condiciones, tres años de evaluación mostraron que el acceso a sombra mejora la ganancia media diaria de peso (GMD; kg/d) en el entorno de 14% y la ECA en 7% respecto a animales sin acceso a sombra (Cuadro 1). A la vez, los animales con acceso a sombra tuvieron mejores condiciones de bienestar, incluyendo una menor tasa respiratoria y de jadeo (Canozzi et al., 2021; 2022).

**Cuadro 1.** Resumen de tres años de evaluación sobre los efectos de la sombra en el desempeño animal (Canozzi et al., 2021; 2022).

Variable	Sombra	Sol
Peso vivo inicial (kg)	461 <sup>a</sup>	461 <sup>a</sup>
Peso vivo final (kg)	542 <sup>a</sup>	530 <sup>b</sup>
Ganancia media diaria de peso (GMD; kg/d)	1,32 <sup>a</sup>	1,16 <sup>b</sup>
Consumo de MS (CMS; kg MS/d)	10,8 <sup>a</sup>	10,2 <sup>b</sup>
Eficiencia de conversión alimenticia (CMS/GMD)	8,2 <sup>a</sup>	8,8 <sup>b</sup>
Peso faena (kg)	504 <sup>a</sup>	494 <sup>b</sup>
Peso canal (kg)	287,8 <sup>a</sup>	282,5 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas (P<0,05).

Por otro lado, al evaluar la estrategia de aspersión/mojado de los animales o su combinación con la sombra no fueron identificadas diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, las dos estrategias, al igual que el acceso a sombra, permitieron un incremento de alrededor de 25% en la GMD y en el CMS con respecto a los animales sin acceso a ninguna forma de mitigación (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Desempeño de novillos a corral de acuerdo con el tratamiento de estrategia de mitigación de calor (veranos 2022-23 y 2023-24) (Balansa et al., 2023; La Manna et al., s/p).

	Mitigación				Dieta	
	Aspersión	Combinación	Sombra	Ninguna	FA	FN
Peso vivo inicial (kg)	456,1 <sup>a</sup>	448,1 <sup>a</sup>	452,5 <sup>a</sup>	447,7 <sup>a</sup>	449,2 <sup>a</sup>	453,9 <sup>a</sup>
Peso vivo final (kg)	588,9 <sup>a</sup>	587,1 <sup>a</sup>	584,9 <sup>a</sup>	557,2 <sup>b</sup>	575,5 <sup>a</sup>	583,5 <sup>a</sup>
Ganancia media diaria de peso (GMD; kg/d)	1,45 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,15 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>
Consumo de MS (CMS; kg MS/d)	10,9 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	10,8 <sup>a</sup>	9,5 <sup>b</sup>	11,0 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>
Eficiencia de conversión alimenticia (CMS/GMD)	7,6 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>

Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas (P<0,05).

FN= fibra normal, mayor energía metabolizable y menor incremento calórico por kg MS consumida por el animal. FA= fibra alta, menor energía metabolizable y mayor incremento calórico por kg MS consumida por el animal.

Otra alternativa de mitigación del estrés por calor evaluada fue el manejo de la dieta con mitigación física del calor. Para ello, se trabajó con la energía aportada por la fibra. Si bien la fibra aporta mayor energía por kg, el animal come menos kilos diarios y, de esta forma, recibe menos calor por parte de la dieta. Fueron evaluadas dos dietas: la utilizada normalmente en el corral de engorde (FN) y otra de fibra alta (FA). A pesar de que los de FA haber consumido menos kg de MS, no se registró diferencia en la GMD, en el CMS, ni en la ECA (Cuadro 2), pero si en el peso de la canal (Cuadro 3).



**Cuadro 3.** Desempeño de novillos en faena de acuerdo con el tratamiento de estrategia de mitigación de calor (verano 2022-23) (La Manna et al., s/p).

	Mitigación				Dieta	
	Aspersión	Combinación	Sombra	Ninguna	FA	FN
Peso de faena (kg)	538,7 <sup>a</sup>	536,3 <sup>a</sup>	533,8 <sup>a</sup>	506,9 <sup>a</sup>	521,6 <sup>a</sup>	536,6 <sup>a</sup>
Peso de la canal caliente (kg)	298,3 <sup>a</sup>	297,9 <sup>a</sup>	297,7 <sup>a</sup>	280,6 <sup>b</sup>	287,9 <sup>a</sup>	299,2 <sup>b</sup>

Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas (P<0,05).

FN= fibra normal, mayor energía metabolizable y menor incremento calórico por kg MS consumida por el animal. FA= fibra alta, menor energía metabolizable y mayor incremento calórico por kg MS consumida por el animal.

De los resultados obtenidos, se deduce que proporcionar al ganado alguna forma de mitigación de estrés por calor mejora su bienestar y su desempeño. La sombra en nuestros ensayos, y por lo general lo citado en la literatura, se presentó como una muy buena opción. Con respecto a la dieta, no fueron observadas diferencias estadísticas, aunque los valores fueron mejores cuando no se alteró la cantidad de fibra y si hubo diferencias significativas de más de 10 kg en peso de la canal a favor del tratamiento que mantuvo el nivel de fibra (tratamiento FN).

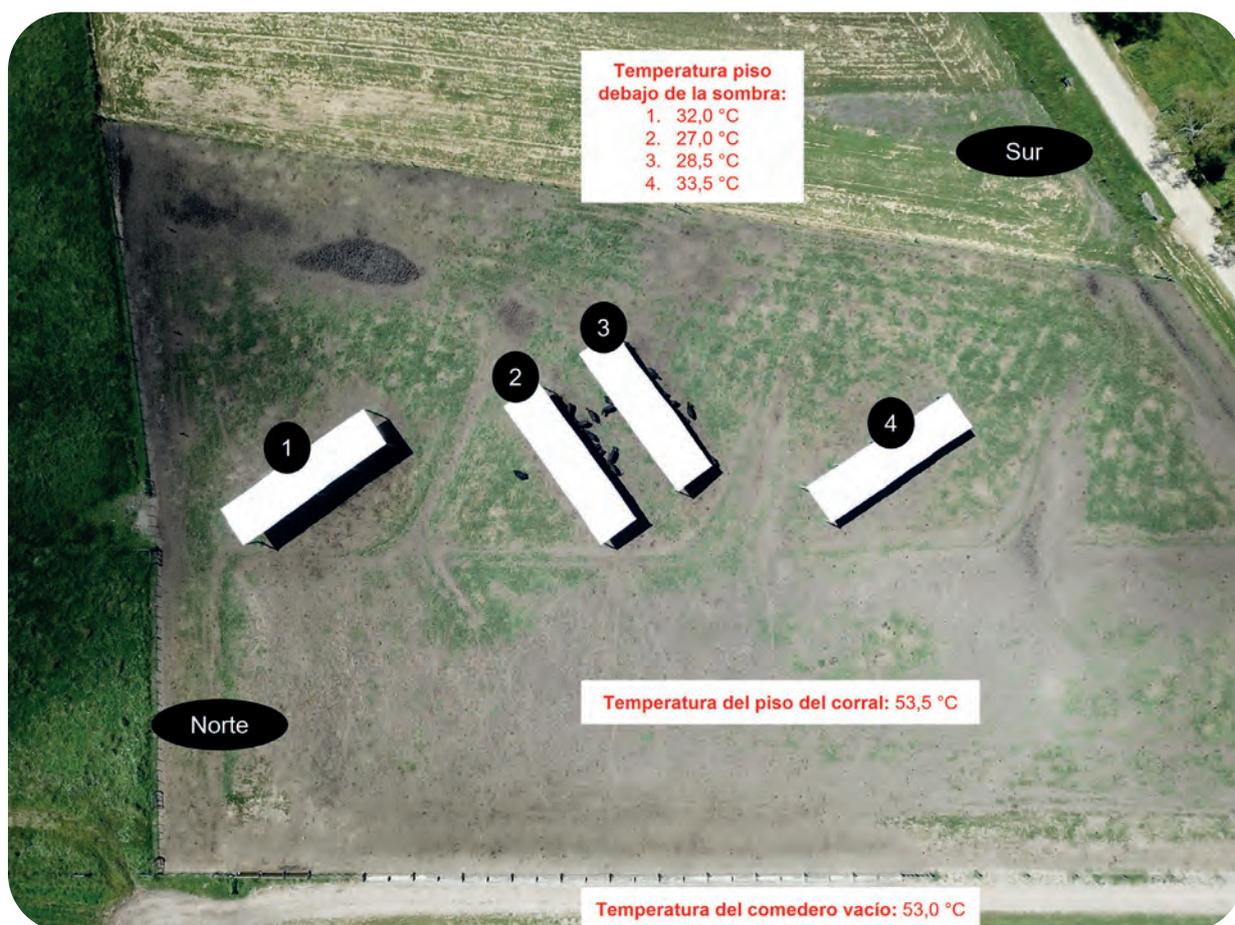
### Aspectos para tener en cuenta en la construcción de la sombra y/o aspersión

Para la construcción de la sombra es importante tomar en cuenta algunas consideraciones. Lo mejor es que tenga al menos 3,7 a 4 m de altura en su parte más baja (esto permite pasar con el tractor para su mantenimiento) y una caída entre 15 y 20% en su ancho (así se evita la acumulación de agua). Las orientaciones pueden ser norte-sur, que hace que el sol entre debajo de la sombra y la hace “móvil” al desplazarse secándose antes. En este caso, la caída, o la parte más baja, debe ser aquella más cercana al oeste. Si la sombra es este-oeste, la caída debe ser hacia el norte. Las sombras norte sur tienen mayor temperatura de suelo que las este-oeste (Figura 1; La Manna et al., 2022). El espacio por novillo debe ser 2,5 m<sup>2</sup> (2-4 m<sup>2</sup>): recordemos darle espacio para que el ganado no se amontone en la sombra, reduciendo su eficiencia. La sombra provee además un lugar fresco y seco donde el animal puede echarse.

La aspersión (Figura 2) generalmente es más fácil de implementar, sin embargo, es necesario que el corral este bien apisonado, ya que calor y barro es una combinación que afecta aún más a los animales. Lo recomendable es que la mojada de los animales sea con gota gruesa (al menos 150 micrones) y que penetre en el pelo del animal ya que lo refresca.

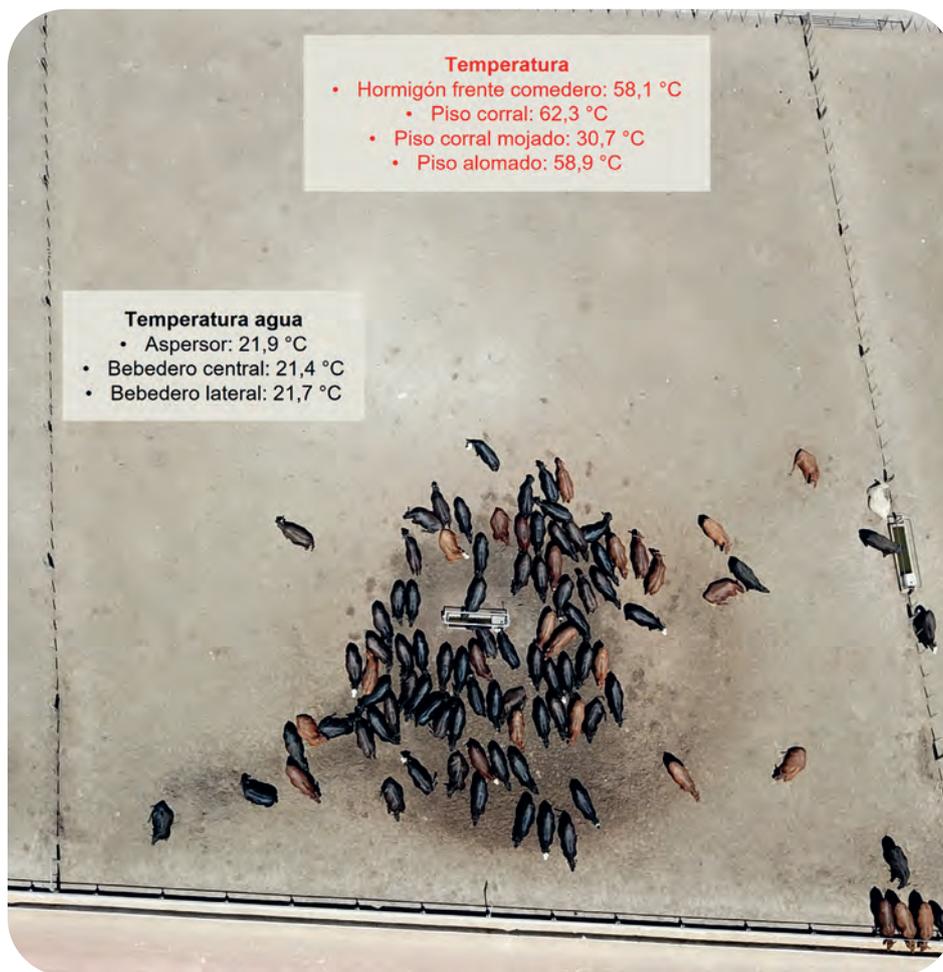
El uso de neblinas es más para uso en galpones, donde lo que se enfría es la temperatura del aire que rodea el animal y tiene mayor efecto en lugares cerrados, siendo menos eficaz en lugares abiertos. La temperatura del agua ideal es aquella más cercano a la temperatura que sale del pozo, o sea, entorno de los 18° C. Esto puede ayudar a reducir la temperatura del animal en medio grado en días de mucho calor.





**Figura 1.** Ejemplos de orientación de sombras en un corral y sus respectivas temperaturas a nivel de suelo en un día caluroso.

Independiente de la estrategia de mitigación al calor, es de remarcar que luego de una ola de calor en verano y de varios corrales consultados, aquellos que tienen alguna forma de mitigación instalada reportan menores o ninguna muerte de animales que aquellos que carecen de estas medidas. El uso de la herramienta INIA TERMOESTRÉS (mayores detalles en el Cap. V de esta publicación) puede ser utilizada como complemento a los paquetes tecnológicos acá ejemplificados, ya que permite acceder a un pronóstico del ITH de hasta siete días (el actual y seis más) y así poder tomar medidas preventivas al estrés térmico, minimizando problemas productivos y de bienestar (La Manna et al., 2020).



**Figura 2.** Temperaturas de suelo en corrales con aspersion en un día caluroso de verano

### Mensaje final

- ✓ Uruguay no tiene condiciones de calor severas, pero las existentes son suficientes para afectar en forma importante el desempeño animal. La mitigación del calor en estas condiciones mejora el desempeño y bienestar animal;
- ✓ La mitigación del calor mejora entre un 16-25% la ganancia media diaria de peso con respecto a los animales que estuvieron al sol y es dependiente del año;
- ✓ La combinación de sombra y aspersion no presentó ventajas ante cada una de estas por separado, pero si con respecto al sol;
- ✓ Sombra o aspersion se presentan como buenas medidas de mitigación del calor, sin embargo, se precisa especial cuidado en su implementación.



### ***Fascioliasis: una de las causas de la baja eficiencia en los corrales***

---

Del punto de vista de sanidad, de acuerdo con una encuesta realizada por Banchemo et al. (2016) en corrales de engorde en Uruguay los principales problemas son: acidosis (34,3%), problemas podales (27,4%), clostridiosis (25,7%), y urolitiasis (22,9%), con una muy baja mortalidad (0,4%, siendo que un 50,0% de los encuestados no registran muertes). Nuestro equipo comenzó a trabajar con la Fasciola hepática, ya que este parásito podía ser parte de la explicación de la baja eficiencia de los corrales en verano. Para ello, se inocularon novillos de 24 meses con la F. hepática y luego la mitad fue tratada al comienzo del corral y los 12 novillos restantes permanecieron libres del agente durante todo el experimento. La infección artificial con 500 metacercarias de F. hepática en novillos de 24 meses de edad engordados en corral no alteró el desempeño productivo. La dosificación con fasciolicidas de novillos infectados antes de su ingreso al corral no disminuyó el daño hepático ni el posterior decomiso hepático, tampoco las pérdidas económicas que ello implicaría. Nuestros datos ilustran que es esencial prevenir la infección por F. hepática evitando el decomiso hepático (Ubios, 2020).

### **AGRADECIMIENTOS**

Al personal de Marfrig, especialmente a Pablo Araujo y Gerson Ortiz, a la Ing. Agr. Sofía Balansa, a los bachilleres Rodrigo del Campo y Facundo Ferres y a los estudiantes de la Escuela Agraria Superior UTU “La Carolina” e Instituto Tecnológico Superior (ITS) de Paysandú que participaron.

## Tipo de fibra y posibles sustitutos en los corrales de engorde

Alejandro La Manna<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Valentín Aznárez<sup>2</sup>, Gonzalo Roig<sup>2</sup>, Santiago Luzardo<sup>3</sup>, Enrique Fernández<sup>1</sup>,  
Juan Clariget<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>Marfrig Group, Uruguay; <sup>3</sup>INIA Tacuarembó.

La eficiencia de conversión de la dieta determina, en gran medida, la rentabilidad en el corral. Si bien la fibra es un porcentaje menor en la dieta, mantener su calidad o conseguir subproductos o residuos de industrialización, pero a la vez de menores precios, contribuye a incrementar la rentabilidad y a colaborar con la circularidad de los nutrientes para convertirlos en proteínas de alta calidad para consumo humano.

Durante el proceso digestivo de los rumiantes, los contenidos del rumen son mezclados y las partículas más largas y menos digeridas son regurgitadas (reenviadas hacia la boca) para ser reducidas a través de la rumia para, nuevamente, ser tragado por el animal. Este proceso se repite hasta que queda un tamaño de partícula menor, que sea capaz de seguir adelante en el tracto digestivo y que sea fácilmente atacable por las bacterias y protozoarios del rumen (Owens y Goetsch, 1988). Esta rumia, y por lo tanto el remasticado, colabora en un buen funcionamiento del rumen, además de estimular la producción de saliva, rica en sustancias buffers que permiten mantener el pH ruminal, haciendo que éste no caiga a rangos peligrosos para el animal y provoque algunos problemas, como la acidosis.

La fibra en el forraje o carbohidratos estructurales son los que físicamente estimulan la rumia y, por lo tanto, favorecen las correctas funciones y salud del rumen. Por lo general, a partir de un análisis de laboratorio, se puede obtener el contenido de fibra detergente neutra (FDN), que es el porcentaje de hemicelulosa, celulosa y lignina que tiene el alimento. Más precisamente, es la fibra físicamente efectiva (feFDN) la relacionada con las propiedades físicas de la fibra (tamaño), responsable por estimular la masticación y de establecer una estratificación bifásica en el rumen (fibras y partículas largas que flotan por un lado y líquido y partículas pequeñas por otro). De esta manera, como resumido por La Manna et al. (2009) y Clariget et al. (2023), la feFDN es la que va a estimular la rumia, la masticación, la salivación y toda la dinámica de fermentación y velocidad de pasaje del rumen (Owens y Goetsch, 1988). Fox y Tedeschi (2002) recomiendan para los corrales que la feNDF esté presente entre un 7 a 10% en la dieta, aunque algunos corrales usan cantidades menores, en el entorno del 5% (NASEM, 2016). Varias características influyen en la efectividad de la FDN sobre la masticación (Mertens, 1994; 2002) y entre ellas se pueden destacar:

- ✓ Madurez del forraje. El forraje más maduro tiene mayor efecto en la masticación. Una misma concentración de FDN en un forraje maduro estimula más la masticación que la misma cantidad en un forraje tierno. También los forrajes maduros producen menor fermentación, lo que ayuda a una mayor efectividad;
- ✓ Agregado de subproductos fibrosos a la dieta. El agregado de subproductos, p. ej. cascarilla de



soja, ayuda a llegar a los mínimos requeridos de feFDN. En este caso, la FDN de este tipo de alimento (subproductos de fibra corta) debería ser multiplicado por un factor de corrección de 0,40, ya que no toda la FDN es físicamente efectiva;

- ✓ Inclusión de grasas. Las grasas disminuyen la fermentación ruminal y aumentan la energía de la dieta. Se debe tener en cuenta que la grasa no debe superar el 5% de la dieta para no afectar la digestibilidad de la fibra;
- ✓ Consistencia de la ración, manejo del comedero y frecuencia de alimentación. Raciones bien mezcladas, donde el animal no selecciona, y el hecho de no dejar a los animales sin alimentos por largos períodos, son factores que ayudan a que sea realmente eficaz el feFDN calculado. A esto se suma la importancia que todos los animales tengan acceso al mismo tiempo a la comida para mejorar la efectividad cuando la fibra es poca;
- ✓ Uso de aditivos y buffers que cambian el desempeño del rumen pueden resultar en mejoras de la eficiencia;
- ✓ La actividad de masticación varía con la raza, con el tamaño del animal y con el nivel de consumo que éste tenga.

### **Resultados experimentales**

Con el objetivo de evaluar diferentes formas de suministrar la fibra, con GMD moderadas para los corrales de Uruguay (1,3 kg/d; Banchemo et al. 2016), fue ofrecida una dieta compuesta por 71% de maíz, 11% de expeller de girasol, 15% de heno de moha y 3% de un núcleo con urea, monensina y carbonato de calcio bajo cuatro formas de suministro, conforme La Manna et al. (2011):

- ✓ Concentrado + Heno mezclados 2 veces al día (totalmente mezclado 2x/día);
- ✓ Concentrado + Heno de forma separada 2 veces al día (separado 2x/día);
- ✓ Concentrado + Heno mezclados 1 vez al día (totalmente mezclado 1x/día);
- ✓ Concentrado + Heno de forma separada 1 vez al día (separado 1x/día).

Como se observa en el Cuadro 1, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables estudiadas. No hubo interacción entre la forma de entrega y la frecuencia, lo cual permite analizar por separado ambas variables. Para las variables productivas estudiadas (peso vivo final, ganancia media diaria de peso (GMD) y eficiencia de conversión alimenticia (ECA)) no existieron diferencias significativas en dar el heno y concentrado en forma separada, respecto de entregarlos en forma mezclada.



**Cuadro 1.** Peso inicial y final (kg), ganancia media diaria de peso (GMD; kg/d) y eficiencia de conversión alimenticia (kg MS necesarios para depositar 1 kg de PV) para todo el periodo de alimentación

	Separado 1x/d	Separado 2x/d	Totalmente mezclado 1x/d	Totalmente mezclado 2x/d
Peso vivo inicial	391,0	388,1	398,5	397,3
Peso vivo final	455,7	468,2	462,5	467,2
GMD (kg/d)	1,08	1,08	1,07	1,16
Eficiencia de conversión	10,9	9,3	10,7	10,3

El uso de fuentes de fibra no tradicionales en Uruguay tuvo inicio con los trabajos de Beretta et al. (2010), Ayçaguer et al. (2011) y Casaretto et al. (2011) que, utilizando el retornable fino, una fuente de fibra de menor longitud y calidad (menos energía, proteína y digestibilidad) que el ensilaje o el heno, ha mostrado ser una buena alternativa. Con base en estos resultados, Clariget et al. (2020) probaron sustituir el retornable fino por corteza de *Eucalyptus* en igual proporción. Para ello, se utilizaron 48 vaquillonas Hereford, Angus y cruza de ambas razas de 22-24 meses de edad con un peso vivo inicial de  $409 \pm 8$  kg. La inclusión de las fuentes de fibra (retornable fino o corteza; Figura 1) en la dieta de engorde fue de 8,9% en base seca (composición química puede ser visualizada en el Cuadro 2). El resto de los ingredientes de la dieta fueron 31% grano de maíz, 30% steam flake de sorgo, 11% DDGS de maíz, 9% harina de soja, 7% cascarilla de soja y 3% núcleo vitamínico-mineral. La dieta final se ofreció tres veces al día durante 84 días.

(A)



(B)



**Figura 1.** Retornable fino (A) y corteza (B) de *Eucalyptus*.

Fotos: Juan Clariget



**Cuadro 2.** Composición química del retornable fino y de la corteza de *Eucalyptus*.

	Retornable fino	Corteza
Materia seca (% base fresca)	60,4	53,1
Cenizas (% MS)	1,3	7,3
FDN (% MS)	90,8	83,0
FDA (% MS)	78,2	73,5
Lignina (% MS)	17,3	21,0
Proteína cruda (% MS)	1,1	2,3
Extracto etéreo (% MS)	1,8	0,8
Físicamente efectiva <sup>1</sup> (% FDN)	96,4	91,9

<sup>1</sup> Estimado usando el sistema Penn State (partículas mayores a 1.18 mm).

El uso de la corteza de *Eucalyptus*, a pesar de tener diferencias sobre el consumo animal, tuvo una efectividad de la fibra, una GMD y una ECA similar al del retornable fino, lo que la hace posible de ser considerada como sustituto del retornable fino. Las diferencias en masticación no repercutieron en el desempeño animal. El peso de la canal caliente mostró una tendencia a ser superior en las vaquillonas alimentadas con corteza de *Eucalyptus* (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Desempeño productivo y comportamiento de vaquillonas utilizando dietas de engorde con retornable fino o corteza de *Eucalyptus* como fuente de fibra.

	Retornable fino	Corteza
Peso vivo inicial (kg)	409 <sup>a</sup>	409 <sup>a</sup>
Peso vivo final (kg)	530 <sup>a</sup>	532 <sup>a</sup>
Ganancia media diaria de peso (kg/d)	1,49 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>
Consumo (kg MS/d)	10,2 <sup>b</sup>	10,4 <sup>a</sup>
Eficiencia de conversión (kg MS/kg PV)	6,8 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>
Peso canal caliente (kg)	279 <sup>a</sup>	285 <sup>a</sup>
Comiendo (minutos)	176,8 <sup>a</sup>	195,7 <sup>a</sup>
Masticando (minutos)	90,3 <sup>a</sup>	73,8 <sup>b</sup>
Descansando (minutos)	538,4 <sup>a</sup>	535,7 <sup>a</sup>

Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Otra fuente alternativa de fibra estudiada fue la pulpa fresca de citrus (Figura 2), la cual representa un subproducto importante para la industria de jugos de cítricos en nuestro país (Clariget et al., 2023). La misma puede ser utilizada como alimento en raciones, aportando fibra y energía para rumiantes con la ventaja de no producir acidosis (Bampidis y Robinson, 2006). La utilización de pulpa de citrus fue explorada en corrales por Kirk y Koger (1970) y, más recientemente, por Gouvêa et al. (2016) con ganado Nelore.



**Figura 2.** Pulpa fresca de citrus.

Foto: Alejandro La Manna

Con el objetivo de evaluar el efecto del nivel de inclusión de la pulpa fresca de citrus en la dieta de novillos engordados a corral sobre el desempeño productivo, Luzardo et al. (2021) realizaron un ensayo con 36 novillos de raza británica, de 24-26 meses de edad y peso vivo inicial de  $386 \pm 26$  kg. Estos animales fueron asignados a uno de los tres tratamientos de alimentación: 0%, 15% y 30% de pulpa de citrus incluida en la ración. La sustitución de 1% de pulpa fresca de citrus en base seca fue por 0,55% de silo de maíz y por 0,45% de steam flake de maíz. El resto de los ingredientes de la dieta fueron: 21% silo de maíz, 19% steam flake de maíz, 15% rastrojo de trigo, 12% harina de soja y 3% núcleo vitamínico-mineral. La dieta final se ofreció dos veces al día durante 90 días.

La inclusión de la pulpa fresca de citrus hasta un 30% de la dieta no disminuyó significativamente la GMD, pero los novillos que recibieron esta dieta lograron una mejor ECA, debido a un menor consumo (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Desempeño de novillos utilizando dietas de engorde con diferentes niveles de inclusión de pulpa fresca de citrus.

	Nivel de inclusión de pulpa de citrus		
	0%	15%	30%
Peso vivo inicial (kg)	386 <sup>a</sup>	385 <sup>a</sup>	383 <sup>a</sup>
Peso vivo final (kg)	524 <sup>a</sup>	520 <sup>a</sup>	510 <sup>a</sup>
Ganancia de peso (kg/d)	1,58 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>
Consumo (kg MS/d)	11,8 <sup>a</sup>	11,3 <sup>a</sup>	10,3 <sup>b</sup>
Eficiencia de conversión (kg MS/kg PV)	7,5 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	7,0 <sup>b</sup>
Peso canal caliente (kg)	274 <sup>a</sup>	272 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>

Letras diferentes dentro de una misma fila representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).



Como conclusión, la pulpa fresca de citrus puede ser utilizada como una fuente alternativa en dietas para engorde, aunque a niveles altos de inclusión (30% de la dieta) puede llegar a generar rechazos de consumo. A su vez, es importante considerar que altos niveles de pulpa de citrus pueden provocar desgastes en los equipos utilizados para la alimentación animal por su acidez.

#### **Mensaje final**

- ✓ Respetando los niveles mínimos de feFDN, la corteza, el retornable fino y la pulpa fresca de citrus pueden ser sustitutos de la fibra de los forrajes, reutilizando así subproductos de la industria;
- ✓ Para ganancias de 1 kg/d en dietas no muy altas energéticamente mezclar o no la fibra no tuvo efecto, aunque el mezclado es recomendado para dietas de mayores ganancias.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al personal de Marfrig especialmente a Pablo Araujo y Gerson Ortiz, y a los estudiantes de la Escuela Agraria Superior UTU “La Carolina” e Instituto Tecnológico Superior (ITS) de Paysandú que participaron.



### **Literatura citada**

- AYÇAGUER, S.; IRIÑIZ, J.; MARTÍNEZ.V. 2011. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis de grado, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 81 p.
- AZEVEDO, L.A.; CANOZZI, M.E.A.; RODHERMEL, J.C.B.; SCHWEGLER, E.; LA MANNA, A.; CLARIGET, J. BIANCHI, I.; MOREIRA, F.; OLSSON, D.C., PERIPOLLI, V. 2024. Strategies to alleviate heat stress on performance and physiological parameters in feedlot-finished cattle under heat stress conditions. A systemic review-meta-analysis. *Journal of Thermal Biology* 119: 103798.
- BALANSA S.B.; BANCHERO, G.; ROIG G.; AZNÁREZ V.; CANOZZI, M.E.A.; CLARIGET, J.; LA MANNA, A. 2023. Efecto de la mitigación física del calor a través de dietas en el desempeño de vaquillonas Angus en engorde a corral bajo estrés calórico. *Revista Argentina de Producción Animal Supl.* 1:129.
- BAMPIDIS, V.; ROBINSON, P. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 128: 175-217.
- BANCHERO, G.; CHALKING, D.; MEDEROS, A. 2016. Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* 52(202): 4-13.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science* 62: 543-554.
- BERETTA, V.; SIMEONE, A.; ELIZALDE, J.C.; FRANCO, J.; BENTANCUR, O.; FERRÉS, A.; AYÇAGUER, S. J.; IRIÑIZ, J.; MARTÍNEZ, V. 2010. Alternative fibre sources for steers and calves fed high-grain feedlot diets. *Animal Production Science* 50: 410-413.
- BROWN-BRANDL, T.M. 2008. Review: Heat stress in feedlot cattle. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 3(016):1-14.
- CANOZZI, M.E.A.; CLARIGET, J.M.; ROIG, G.; PEREZ, E.; AZNAREZ, V.; BANCHERO, G.; LA MANNA, A. 2021. ¿Existe estrés por calor en ganado bovino en Uruguay? Resultados y recomendaciones. *Revista INIA* 66: 29-32.
- CANOZZI, M.E.A.; CLARIGET, J.M.; ROIG, G.; PEREZ, E.; AZNAREZ, V.; BANCHERO, G.; LA MANNA, A. 2022. Shade effect on behaviour, physiology, performance, and carcass weight of heat-stressed feedlot steers in humid subtropical area. *Animal Production Science* 62: 1692-1705.
- CASARETTO, A.; MONDELLI, S.; VALDEZ, G. 2017. Evaluación del retornable fino como fuente de fibra efectiva y del sistema de autoconsumo como método de suministro de raciones sin fibra larga sobre la performance a corral y a la faena de novillos Hereford. Tesis de grado, Universidad de la República Facultad de Agronomía, Montevideo (Uruguay). 72 p.
- CLARIGET, J.M.; BANCHERO, G.; AZNÁREZ, V.; PEREZ, E.; ROIG, G.; LUZARDO, S.; FERNANDEZ, E.; LA MANNA, A. 2018. Mitigación del estrés calórico en novillos terminados a corral. *Revista Argentina de Producción Animal* 38(1): 1-13.
- CLARIGET, J.; LA MANNA, A.; LUZARDO, S.; PEREZ, E.; FERNÁNDEZ, E.; ROIG, G.; AZNAREZ, V.; BANCHERO, G. 2020. Eucalyptus bark: a new source of fiber from the wood pulp industry for feeding to beef feedlot cattle. *Applied Animal Science* 36: 592-599.
- CLARIGET, J.; BANCHERO, G.; AZNAREZ, V.; ROIG, G.; CANOZZI, M.E.A.; FERNÁNDEZ, E., LA MANNA, A. 2023. Cuando lo que tenemos que suplementar es la fibra. *Revista INIA* 72:18-21.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot diets. *Proceedings of the Plain Nutrition Council Spring Conference*. San Antonio TX, USA, Texas A&M Research and Extension Center. p. 67-81.
- GOUVÊA, V.N.; BATISTEL, F.; DE SOUZA, J.; CHAGAS, L.J.; SITTA, C.; CAMPANILI, P.R.B.; GALVANI, D.B.; PIRES, A.V.; OWENS, F.N.; SANTOS, F.A.P. 2016. Flint corn grain processing and citrus pulp level in finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 94: 665-677.
- INAC - INSTITUTO NACIONAL DE LA CARNE. 2023. Disponible en: <https://www.inac.uy/innovaportal/v/26285/37/innova.bs/anuario-2023>





KIRK, W.G.; KOGER, M. 1970. Citrus products in cattle finishing rations: a review of research at the range cattle station. Gainesville FL, USA. Florida Agricultural Experiment Station. (Bulletin n. 739).

LA MANNA, A.; ACOSTA, Y.; MIERES, J.; 2009 Suplementando con fibra luego de una seca. Cuidemos que ésta sea físicamente efectiva. Revista INIA 17: 10-12.

LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J.; PÉREZ, E.; BALDI, F.; BANCHERO, G.; BARBOSA, J.; HERRERA A.; PATRONE, J.P. 2011. Utilización de dos frecuencias diarias y la fibra separada o no en dietas de ganado a corral y su efecto en la performance de novillos. En: Jornada Técnica - Intensificación de la invernada en tiempos de la agricultura: la experiencia de la UEDY, Young. Colonia, UY: INIA La Estanzuela. p. 17-20. (INIA Serie Actividades Difusión; 654)

LA MANNA, A.; CANOZZI, M.E.A.; TISCORNIA, G., OTAÑO, C.; LAPETINA, J. 2020 Previsión de estrés calórico en bovinos. Revista INIA 63: 6-10.

LA MANNA, A. 2022. Estrés calórico en lechería: aspectos prácticos de la sombra para una mejor mitigación. Revista INIA 71: 21-24.

LUZARDO, S.; BANCHERO, G.; FERRARI, V.; IBÁÑEZ, F.; ROIG, G.; AZNÁREZ, V., CLARIGET, J.; LA MANNA, A., 2021. Effect of fresh citrus pulp supplementation on animal performance and meat quality of feedlot steers. *Animal* 11: 3338.

MADER T.L. 2014. Bill E. Kunkle Interdisciplinary Beef Symposium: Animal welfare concerns of cattle exposed to adverse environmental conditions. *Journal of Animal Science* 92: 5319-5324.

MERTENS, D.R. 1994. Regulation of forage intake. En: FAHEY JR., G.C. (Ed.), Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, WI: American Society of Agronomy. p. 450-493

MERTENS, D.R. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. Madison, WI. Disponible en: <https://www.nutritionmodels.com/papers/MertensPNC2002.pdf>

MVOTMA-MGAP-INIA-AUPCIN - MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE; MINISTERIO GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA; ASOCIACIÓN URUGUAYA DE PRODUCCIÓN DE CARNE INTENSIVA NATURAL. 2017. Guía de buenas prácticas ambientales y sanitarias de establecimientos de engorde de bovinos a corral. Montevideo, UY: INIA. 56 p.

MORRISON S.R. 1983 Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. *Journal of Animal Science* 57: 1594-1600.

NASEM - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2016. Nutrient requirements of beef cattle. 8th ed. Washington, DC: National Academy Press. 494 p.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. 1988. Ruminal fermentation. En: CHURCH, C.D. (Ed.), The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Long Grove, IL, USA: Waveland Press. p. 145-171.

SEJIAN, V.; BHATTA, R.; GAUGHAN, J.B.; DUNSHEA, F.R.; LACETERA, N. 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal* 12: s431-s44

THOM, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-61.

UBIOS, D. 2021. Eficiencia de conversión alimenticia de novillos terminados a corral parasitados, parasitados tratados o libres de *Fasciola hepatica*. MSc Tesis, Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, Montevideo (Uruguay). 85 p.

# CAPÍTULO V

## Avances tecnológicos en el manejo de bovinos de carne

Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>

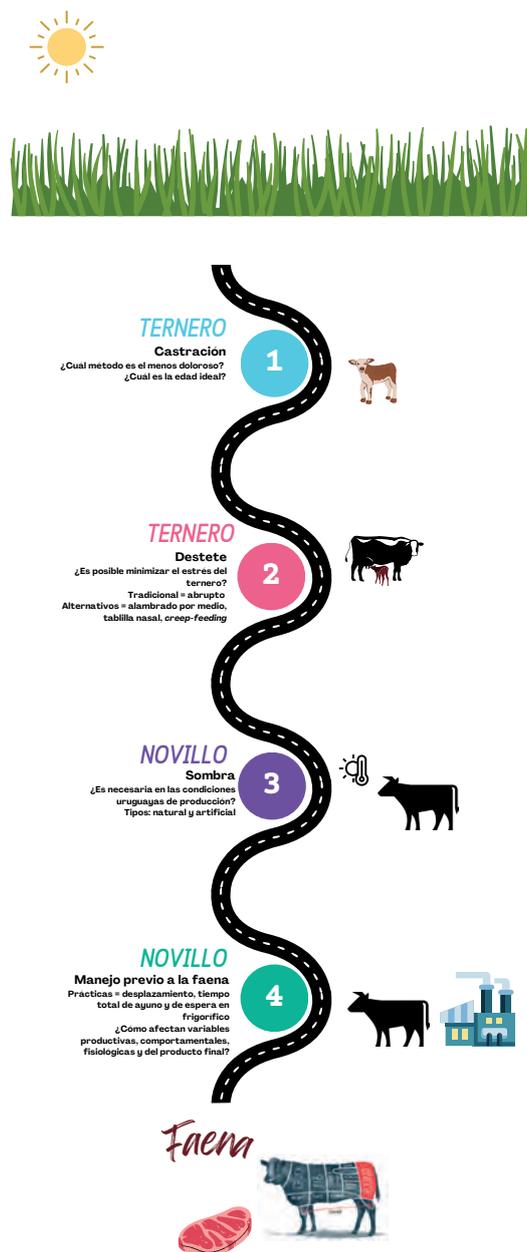
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela.

En este capítulo se presenta una síntesis de información científica y tecnológica, promovida por INIA, asociada al manejo de ganado bovino de carne en sistemas pastoriles. En el mismo, se podrá ver la importancia de la aplicación de las buenas prácticas de manejo que, además de producir resultados productivos y económicos favorables, también genera un impacto directo y positivo en el bienestar del animal, un elemento fundamental ya reconocido como parte integral del sistema.

Siguiendo la lógica del crecimiento de un bovino macho, la castración, a pesar de ser reconocida por ser un procedimiento que produce dolor, es comúnmente realizada con el uso de un cuchillo, sin la aplicación de analgesia/anestesia. La edad recomendada para castrar un bovino es a partir de las 24 horas de nacido y antes de los 7 días (del Campo, 2018) y debe ser realizada por personal capacitado. Sin embargo, los terneros comercializados en remates por pantalla (Pantalla Uruguay, 2024), entre marzo y mayo de los años 2022, 2023 y 2024, son predominantemente enteros (61% enteros vs. 39% castrados), lo que puede ser explicado por la actual coyuntura de exportación de terneros enteros en pie. Luego, viene un evento clave y crucial en la vida de los terneros, que es el destete. En las condiciones de Uruguay, este manejo ocurre alrededor de los 6 meses de edad, siendo el destete un evento muy estresante tanto para la vaca como para el ternero. La ruptura del vínculo madre-cría genera cambios fisiológicos, comportamentales y de desempeño para ambos (Quintans y Scarsi, 2013).

Una vez en el campo, durante los meses de verano, los novillos padecen de las altas temperaturas ambientales que, sumada a una baja disponibilidad de sombra, no es rara la aparición del estrés por calor. Uruguay, a pesar de estar ubicado en una región de clima subtropical, el estrés por calor en el ganado bovino ocurre con una frecuencia considerable (Rovira, 2012a). Pasadas las etapas de recría y engorde, el estrés físico y psicológico es inevitable en el periodo que antecede a la faena. En esta etapa, los animales son expuestos a situaciones novedosas en un periodo muy corto de tiempo, tornándose aún más relevante la aplicación de las buenas prácticas de manejo. El tiempo de espera en los corrales del frigorífico, así como el tiempo total de ayuno (predio + transporte + corrales de espera), son condiciones inevitables y, dependiendo de su extensión, pueden afectar el comportamiento y la fisiología animal, con posibles consecuencias en la canal y en la carne. Por otro lado, un simple movimiento de ganado, que está directamente asociado a una demanda física extra, si es planificado con anticipación y no realizado inmediatamente previo al embarque (como ocurre frecuentemente), puede minimizar las pérdidas productivas.

En el mencionado escenario, INIA ha desarrollado líneas de investigación, desde los años 2000, evaluando el impacto de estrategias de castración y de destete, del uso de la sombra y de manejos que anteceden a la faena que minimicen el estrés y optimicen indicadores de producción (Figura 1). A través de una interpretación integral de respuestas productivas, fisiológicas y comportamentales de los animales, nos planteamos hacer recomendaciones técnicas de directa aplicación en los sistemas ganaderos de Uruguay. ¡Y esto es lo que estarán viendo en las próximas páginas!



**Figura 1.** Situaciones de estrés vivenciadas por el ganado bovino durante su crecimiento y estudiadas por INIA en los años 2000.



## Práctica rutinaria dolorosa en sistemas extensivos - castración

Marcia del Campo<sup>1</sup>, Juan Manuel Soares de Lima<sup>1</sup>, Gustavo Brito<sup>1</sup>, Roberto San Julián<sup>1</sup>, Guillermo de Souza<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INIA Tacuarembó.

Los sistemas de producción extensivos a cielo abierto están posicionados favorablemente en varios aspectos relativos al Bienestar Animal (BA). Sin embargo, existen amenazas reales asociadas a estas condiciones de producción, entre las que se destacan algunas prácticas de manejo estresante o dolorosas (destete, descorne en bovinos, castración, señalada y alta mortandad neonatal en ovinos), así como el manejo en general (la agresividad, la violencia innecesaria y el mal uso del perro) (del Campo, 2014).

Las señales que hoy estamos recibiendo de los consumidores y la sociedad en general nos marca la creciente consideración del buen trato animal. El propio consumidor uruguayo se ha posicionado en este tema, exigiendo que dentro de los esquemas de producción y comercialización se contemplen aspectos relativos al BA, constituyendo un atributo más de calidad del producto (calidad ética) (del Campo, 2024). Este adquiere particular relevancia en los ciudadanos jóvenes, con mayor nivel educativo y en el género femenino (Realini et al., 2022). Esto implica que ya no es posible seguir manejando a los animales de la forma que nos parece solo porque son de nuestra propiedad. Por el contrario, es nuestro deber moral minimizar su dolor y sufrimiento durante todo el ciclo de producción, así como en el momento de la faena comercial o del sacrificio en el establecimiento para consumo interno (del Campo, 2018).

En este escenario, algunas de las prácticas rutinarias estresantes y dolorosas, como el destete y la castración en bovinos, motivaron la priorización de líneas de investigación por parte de INIA. Por otra parte, en los últimos años, la intensificación, ya sea el uso de concentrados durante períodos limitados, como en encierros, ha ido creciendo en el país, permitiendo alcanzar pesos de sacrificio con animales más jóvenes y, probablemente, sin castrar (del Campo et al., 2014a), contribuyendo al BA por la eliminación de un procedimiento doloroso. El desafío para el país es llegar al punto de faena con animales jóvenes, sin castrar, pero sin comprometer la calidad de la carne ni la aceptación de los consumidores.

En síntesis, desde el año 2009, INIA viene desarrollando líneas de trabajo con diferentes objetivos:

Línea 1: Evaluar la respuesta de dolor y estrés ante diferentes métodos de castración y a diferente edad de los terneros.

Línea 2: Evaluar el efecto del método de castración sobre la evolución productiva de los animales y la calidad del producto.

Línea 3: Evaluar el efecto de la condición “castrado” vs. “no castrado” sobre la calidad instrumental y aceptabilidad de la carne vacuna de animales jóvenes terminados en sistemas intensivos.

### Línea 1 - Impacto del método y la edad de castración sobre la reacción biológica de estrés-dolor

Se realizaron experimentos con animales de 1 semana, 1 mes y 7 meses de edad, de las razas Hereford y Braford, utilizando diferentes métodos de castración: cuchillo sin uso de paliativos de dolor, cuchillo + emasculador sin uso de paliativos de dolor, cuchillo + paliativos de dolor (anestesia local, analgesia, anestesia local + analgesia, antiinflamatorio), anillos de goma sin paliativos de dolor y pinza de Burdizzo sin paliativos de dolor.

#### **Registros**

Cuando se evalúa BA a nivel de investigación, se utilizan cuatro tipos de indicadores que luego se integran para definir un estatus definitivo. En este caso se registraron:

- 1) Indicadores productivos (peso vivo (PV; kg), área de ojo de bife (AOB; cm<sup>2</sup>) por ecografía);
- 2) Indicadores fisiológicos (frecuencia cardíaca, temperatura corporal, metabolitos y hormonas en sangre) antes y luego del procedimiento en forma periódica durante dos meses;
- 3) Indicadores comportamentales para ver alteraciones de patrones normales y conductas específicas de dolor luego del procedimiento y en forma periódica durante dos meses, resistencia al corte en caso de uso de cuchillo y temperamento individual;
- 4) Indicadores sanitarios y estado de herida en forma sistemática luego del procedimiento y hasta los 60 días post-castración.

#### **Resultados**

- ✓ Con todos los métodos evaluados, la respuesta de estrés y del dolor son menores y menos duraderos cuanto menor es el animal;
- ✓ Las diferencias entre métodos de castración en cuanto a la respuesta de estrés y dolor que provocan son menores cuanto menor es el animal;
- ✓ La pinza de Burdizzo sería una herramienta válida en terneros de cualquier edad, pero se debe asegurar la practicidad del operario para que la técnica sea exitosa;
- ✓ La goma sería una herramienta válida para terneros castrados pequeños y NUNCA se debe utilizar en terneros de 6-7 meses ni de mayor edad (Figura 1);
- ✓ La anestesia local disminuye el dolor durante y en las primeras horas post-castración en todas las edades. La misma puede provocar incomodidad en terneros muy pequeños (1 semana de edad), por lo que se debe tener especial cuidado con la dosis a esa edad;
- ✓ La castración a cuchillo sin paliativos de dolor provoca dolor en los animales, independientemente de la edad. A pesar de que la respuesta de estrés es menor en los terneros recién nacidos, el sufrimiento es evidente y por tanto deben utilizarse productos para evitarlo. Además de la anestesia local, se recomienda la aplicación de mitigantes de dolor (analgésicos) unos minutos previos a la cirugía, mientras el animal espera en el tubo. Esto cambiará su calidad de vida durante el primer día post procedimiento;



- ✓ Habiéndose comprobado que el dolor se extiende al menos hasta el mes luego de efectuada la castración, en caso de que se haga con terneros de más de una semana de edad y particularmente con 6 meses, se debe aplicar productos mitigantes del dolor durante las primeras semanas post castración (analgésicos y/o antiinflamatorios). Esto cambiará su calidad de vida;
- ✓ Utilizar productos para mitigar el dolor independientemente del método a utilizar. Y si se desea hacer las cosas bien, más allá de la edad;
- ✓ Se recomienda que la castración sea realizada cuanto antes en la vida del animal y dentro de la primera semana de edad, independientemente del método. Por información detallada sobre los resultados de dichas líneas de trabajo vea del Campo et al. (2014b).



**Figura 1.** Ternero de 7 meses castrado con goma.  
Foto: Marcia del Campo.

---

### **Línea 2 - Método de castración: desarrollo de los animales y calidad de producto**

Se evaluó el impacto del método de castración en 60 terneros de 6 meses de edad sobre su desarrollo posterior hasta el momento de la faena y sobre la calidad del producto final. Los métodos evaluados fueron: T1: cuchillo + anestesia local, T2: pinza de Burdizzo, T3: anillos de goma, T4: cuchillo + antiinflamatorio, T5: cuchillo tradicional y T6: testigo sin castrar. Después de la castración, los novillos ingresaron a un sistema confinado de engorde. Fueron sacrificados cuando alcanzaron un peso vivo final promedio de 450 kg en cada uno de los tratamientos a los 20 meses de edad.

#### **Registros**

- 1) PV antes y cada 14 días post castración hasta la faena;
- 2) AOB por ultrasonografía: cuatro mediciones post castración hasta la faena;
- 3) pH, color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) y fuerza de corte de la carne (FC; kgF; Warner Bratzler) a los 2 y 14 días *post-mortem*.

#### **Resultados**

No se registraron diferencias entre tratamientos en la evolución de PV ni en la evolución de AOB durante todo el período de engorde. Los valores de AOB en  $\text{cm}^2$  pre-faena fueron: 68,5 en T1, 66,8 en T2, 64,9 en





T3, 64,5 en T4 y 65,1 en T5 (del Campo et al., 2014c). Los métodos de castración evaluados no determinaron diferencias en el pH de la carne a los 2 y 14 días *post-mortem* con valores menores a 5,6 en todos los tratamientos a los 14 días *post-mortem*. La fuerza de corte en kgF tampoco mostró diferencias entre tratamientos a los 14 días, con valores de 4,9 en T1, 3,9 en T2, 4,5 en T3, 4,6 en T4 y 5,4 en T5.

### **Consideraciones finales**

Los métodos de castración evaluados no provocaron diferencias en el desarrollo posterior de los terneros, ni en la calidad del producto obtenido. Considerando que las características de calidad de la canal y de la carne no fueron afectadas por los métodos de castración evaluados, los criterios de BA deben ser determinantes al momento de elegir el mejor método de castración para terneros de 6 meses de edad.

### **Línea 3 - “Castrado” vs. “No castrado”: calidad de producto**

Esta línea de trabajo se desarrolló en conjunto con asociaciones de productores e industria frigorífica (del Campo et al., 2019) con el objetivo de evaluar la calidad de la carne de machos enteros de diferentes edades. Se evaluó el efecto de la condición castrado (T1) vs. entero (T2) sobre la calidad instrumental y la aceptabilidad de la carne de bovinos de raza Braford, con dos tiempos de maduración (2 y 14 días) en animales de 20, 23-24 y 26 meses de edad al momento del sacrificio. Los animales fueron criados en pasturas y terminados en un sistema confinado por 4-5 meses. La castración se realizó durante la primera semana después del nacimiento y todos los animales (castrados y no castrados dentro de cada edad) fueron sacrificados el mismo día. En promedio, los animales de 20 meses tenían un PV de 450 kg y los animales de mayor edad tenían 500 kg.

### **Registros**

- 1) PV y AOB por ultrasonografía cada 28 días durante el período de engorde y previo a la faena;
- 2) Peso del corte pistola (kg; siete cortes valiosos) y rump and loin (kg; R&L; bife, lomo y cuadril);
- 3) FC luego de 2 y 14 días de maduración;
- 4) Se realizó un estudio de consumidores (EC, n= 60 personas) también con 2 y 14 días de maduración, comparando T1 vs. T2 dentro de cada período de maduración. El estudio de consumidores consistió en: 1) test de preferencia para terneza y sabor, así como aceptabilidad global, utilizándose una escala de 1 (me desagradó muchísimo) a 8 (me gusta muchísimo) y 2) test pareados para evaluar la capacidad de diferenciación de la terneza.

### **Resultados**

No se registraron diferencias en la AOB previa al sacrificio entre animales castrados y no castrados, independiente de la edad evaluada. Los animales no castrados fueron más pesados al momento del sacrificio, con mayor peso de corte pistola y R&L en las tres edades evaluadas (de Campo et al., 2024a). La FC fue menor en la carne proveniente de animales castrados a los 20 y 23-24 meses con dos días de maduración, pero no se encontraron diferencias entre tratamientos en animales de 26 meses de edad (del



Campo et al., 2018; del Campo et al., 2019), observándose sí un efecto significativo de la maduración sobre la terniza instrumental en ambos tratamientos y en las tres edades evaluadas. Con 14 días de maduración, la FC no difirió entre tratamientos en ninguna de las edades evaluadas.

Con relación al EC, el test de preferencia de terniza en animales de 26 meses de edad no mostró diferencias entre tratamientos con 2 ni con 14 días de maduración (del Campo et al., 2018). Tampoco se registraron diferencias entre T1 y T2 con relación a preferencia del sabor y a la aceptabilidad global dentro de cada período de maduración. Por otra parte, los test pareados mostraron que los consumidores sí fueron capaces de diferenciar la terniza de la carne proveniente de bovinos castrados y no castrados con dos días de maduración, pero no luego de un período de maduración de 14 días (del Campo et al., 2018; del Campo et al., 2024a).

### **Consideraciones finales**

Cualquier diferencia en calidad de producto podría resolverse con un período de maduración adecuado hasta los 25-26 meses de edad al comparar machos Braford castrados y no castrados (del Campo et al., 2018; del Campo et al., 2019; del Campo et al., 2024b). La interpretación conjunta de los resultados instrumentales y del estudio de consumidores sugiere la consideración de una nueva categoría comercial en Uruguay, para animales enteros, jóvenes, terminados en sistemas intensivos.







## Destete: una oportunidad para minimizar el estrés del ternero

Graciela Quintans<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIA Treinta y Tres.

El destete definitivo es un evento en la vida del animal que marca el comienzo de una nueva etapa: una nueva alimentación, que en general él mismo debe proveerse, una vida independiente lejos de la protección de su madre y un nuevo ambiente o ubicación (Weary et al., 2008). Estos sucesos generan naturalmente estrés en el animal, que puede ser mitigado con buenas prácticas de manejo antes, durante y después de la separación madre-hijo.

En Uruguay, y en la mayoría de los sistemas ganaderos pastoriles, la edad al destete definitivo se sitúa alrededor de los 6 meses, que generalmente coincide con el otoño. Durante mucho tiempo, el destete estuvo más enfocado en las ventajas que genera sobre la madre (especialmente la disminución de requerimientos nutricionales y redirección de los nutrientes consumidos hacia acumulación de reserva antes del invierno), con una mirada poco atenta sobre los efectos que éste puede ocasionarle al ternero (Sanz et al., 2024). La planificación del destete debe incorporar la dimensión del bienestar animal de forma de minimizar el estrés de este manejo. En este breve artículo se hará énfasis en los trabajos nacionales sobre los métodos de destete definitivo y su impacto en los terneros.

### ***Destete abrupto***

El destete abrupto implica separar los terneros de su madre, ya sea a corral o en potreros alejados, sin ningún tipo de tratamiento previo que intente romper el vínculo madre-hijo de forma más paulatina. El mismo es comúnmente realizado entre los 6 y 8 meses, pero existen destetes más tempranos, como el precoz (60-90 días de edad) o el hiper precoz (30-40 días de edad). En los diseños experimentales, el destete abrupto oficia como “testigo negativo”, ya que es el tratamiento que genera más estrés expresado en la mayoría de los indicadores, p.ej. incremento de la concentración de cortisol en plasma, del número de vocalizaciones y del tiempo dedicado a caminar o “costear” y una disminución en el tiempo de juego o de reposo (Enríquez et al., 2011). Si bien el efecto del destete sobre los terneros es el objetivo de este artículo, cabe mencionar que las vacas en general pierden condición corporal tratando de buscar a sus hijos, realizando largas caminatas diarias (Ungerfeld et al., 2015).

### ***Destete alambrado por medio***

El destete a través de un alambrado a pesar de interrumpir la lactancia mantiene la cercanía madre-hijo, donde el contacto visual, olfatorio y auditivo está presente (Price et al., 2003). La técnica consiste en colocar las madres en un potrero y los terneros (previo al destete definitivo) en el potrero lindero. En algunos casos prácticos, se les coloca un alambrado eléctrico en el potrero de los terneros, a una distancia de 30-40 cm del alambrado convencional, para impedir el amamantamiento (Figura 2).





**Figura 2.** Trabajo experimental con terneros y vacas separadas por alambrado de por medio.

Foto: Graciela Quintans

Los trabajos de investigación en este tema son escasos y los resultados son contradictorios. Las primeras observaciones indicaban que si bien al inicio de la separación los animales alambrado por medio ganaban más peso que los destetados abruptamente, después de dos o tres días las diferencias desaparecían (Stookey et al., 1997). Price et al. (2003) reportaron que los terneros que estaban alambrado por medio permanecieron, aproximadamente, 60% del tiempo cerca del alambrado durante los primeros dos días y luego este comportamiento declinaba, permaneciendo 30% del tiempo en el día 5. Por otra parte, transcurridas dos semanas de destete, los terneros del grupo alambrado por medio eran más pesados que aquellos que habían sido abruptamente destetados, consecuencia del menor estrés, confirmado por indicadores comportamentales: caminaron y vocalizaron menos y permanecieron más tiempo echados que los destetados en forma directa. Por el contrario, Solano et al. (2007) observaron una mayor frecuencia de comportamientos indicadores de estrés durante la separación temporaria.

En un trabajo nacional, realizado en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres, Enríquez et al. (2010) compararon el destete definitivo de forma abrupta con dos tratamientos: destete alambrado por medio (17 días antes del destete definitivo) y destete con tablilla nasal (17 días antes del destete definitivo). Los terneros alambrado por medio presentaron la mayor proporción de vocalizaciones durante los dos días posteriores a la separación, permaneciendo más de la mitad del tiempo cerca del alambrado, demostrando que, pese a la separación, los terneros mantenían una alta motivación por la madre (Ungerfeld et al., 2013). Por otra parte, ganaron menos peso respecto a los terneros que tuvieron tablilla nasal durante ese período. Recientemente, del Campo et al. (2021a) compararon terneros con destete abrupto y tablilla nasal o alambrado por medio durante 7 días antes del destete definitivo y concluyeron que el pre-acondicionamiento con cualquiera de ambas técnicas mejora el bienestar de los terneros. Los autores destacan que, si bien el alambrado por medio fue capaz de disminuir la frecuencia del pastoreo durante el día de colocación de la cerca, no se observaron aumentos de las concentraciones de cortisol en sangre. La adaptación a la nueva situación, al alambrado, parece ser bastante rápida, no tardando más de dos días (Betancor, 2014).

### ***Destete con tablilla nasal***

El destete con tablilla nasal, una de las técnicas de destete temporario más comúnmente conocida, se aplica durante el servicio y tiene como objetivo disminuir el anestro post-parto y aumentar la tasa de preñez (Quintans et al., 2009). El mismo debe aplicarse durante 11 a 14 días, con terneros con más de 60 kg y 60 días de edad, además de algunos requerimientos que deben presentar las vacas.

En el mismo sentido de disminuir el estrés de los animales al momento del destete definitivo, el uso de la tablilla nasal ha sido evaluado a nivel mundial. Haley et al. (2005) realizaron cuatro experimentos en Norteamérica, concluyendo que el destete con tablilla nasal fue menos estresante que el destete abrupto. Por ejemplo, post-destete definitivo los terneros con previo uso de tablilla nasal vocalizaron 97% menos y caminaron 79% menos que los terneros destetados de forma abrupta. Sin embargo, en lo que se refiere a tasas de ganancia de peso vivo, se observaron inconsistencias entre los experimentos, no pudiendo llegar a una conclusión en esta variable.

En Uruguay, se han realizado algunos trabajos sobre este tipo de destete en dos tiempos y su efecto en indicadores de bienestar animal. Alvez et al. (2015), trabajando con el rodeo de la Unidad Experimental Palo a Pique (Figura 3), compararon dos periodos de uso de tablilla nasal previo al destete definitivo (7 vs. 21 días) y un destete abrupto. Los autores no observaron diferencia en el comportamiento entre los terneros con tablilla nasal, siendo que en ambos los tratamientos se observó menos estrés que en aquellos terneros del destete abrupto, expresado a través de indicadores de comportamiento, como vocalizaciones y costeo. Con respecto a la tasa de ganancia para el periodo, no se presentaron diferencias significativas entre grupos (0,11, 0,16 y 0,18 kg/a/d para destete abrupto y con tablilla nasal por 7 y 21 días, respectivamente). En contraposición, Enríquez et al. (2010), en un trabajo también realizado en INIA Treinta y Tres, sugirieron que la tablilla nasal no reduce el estrés de los terneros sino que lo distribuye en dos periodos (a la postura de la tablilla y al momento de la separación definitiva), no encontrando ningún beneficio claro y contundente para su uso. En otro trabajo nacional, en la Unidad Experimental la Magnolia de INIA Tacuarembó, se evaluó ocho días de destete con tablilla nasal o de separación alambrado por medio previo a la separación definitiva, con un tercer grupo de terneros destetados abruptamente. Los animales con tablilla nasal presentaron una respuesta de estrés mayor que aquellos en los que se utilizó alambrado por medio, durante el período de pre-acondicionamiento. Sin embargo, ambas técnicas de pre-acondicionamiento evaluadas fueron capaces de eliminar o minimizar la respuesta de estrés de los animales al momento del destete definitivo, respecto a aquellos animales sin acondicionamiento previo (Betancor, 2014).



**Figura 3.** Ternero con tablilla nasal antes de ser destetado definitivamente.

Foto: Graciela Quintans

### ***Creep feeding***

El *creep feeding* se define como la suplementación con concentrados de los terneros al pie de la madre. Con esta técnica se ha reportado mejora en las tasas de ganancia diarias de los terneros y aumento del peso al destete (Carvalho et al., 2019; Figura 4).



**Figura 4.** Terneros suplementados en un sistema de *creep feeding*.

Foto: Carolina Viñoles

A nivel nacional, Santa Cruz et al. (2022), en un trabajo realizado en la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, reportaron que la tasa de ganancia diaria de los terneros con *creep feeding* fue significativamente mayor que la de aquellos que permanecieron al pie de la madre sin acceso a ración (experimento 1: 0,82 vs. 0,52 kg/a/d y experimento 2: 0,98 vs. 0,83 kg/a/d). Sin embargo, no se evaluó el efecto del *creep feeding* sobre el estrés o bienestar de los terneros al destete definitivo. En este sentido, del Campo et al. (2021b) concluyeron que los terneros que menos se estresaron al destete definitivo a los 6 meses de edad fueron aquellos que fueron pre-acondicionados con el uso combinado de tablilla nasal a los 3 meses y *creep feeding* desde los 3 a los 6 meses, respecto al destete abrupto a los 6 meses de edad.

### ***Consideraciones finales***

Los trabajos nacionales en técnicas alternativas de destete definitivo, para evitar el abrupto a corral, en general demuestran que los animales presentan menor estrés medido principalmente a través de variables comportamentales. Sin embargo, aún persisten algunas inconsistencias que brindan una oportunidad de profundizar en este tema. La duración del periodo de manejo previo al destete (por ejemplo, con alambrado por medio), la edad de los terneros, el manejo o experiencia previa de los terneros, el ambiente nutricional, la raza y la mansedumbre de los animales podrían estar explicando algunas de las diferencias encontradas en los resultados entre trabajos.

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el apoyo de los funcionarios de la Unidad Experimental Palo a Pique.



## Estrés por calor y estrategias de mitigación en sistemas ganaderos pastoriles en Uruguay

Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Pablo Rovira<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Treinta y Tres.

Existe la idea de que los sistemas pastoriles de producción de carne bovina no presentan inconvenientes asociados al bienestar de los animales. Cierto es que las condiciones experimentadas en estos sistemas son más favorables a la expresión del comportamiento natural, aparte de permitirles ejercitarse, de minimizar la exposición a patógenos y de favorecer el descanso en superficies más blandas y secas, comparado con sistemas de confinamiento. Por otro lado, estos mismos entornos pueden presentar desafíos directos al bienestar, y uno de ellos son las altas temperaturas (Temple y Manteca, 2020). En un futuro muy cercano, debido a la proyección de incremento global de la temperatura de la superficie terrestre y mayor frecuencia de olas de calor, este desafío será aún más relevante.

Aún se desconoce hasta qué punto el ganado vacuno tolera el clima cálido, frío o húmedo para permanecer pastoreando, aunque se sabe que busca refugio cuando corre riesgo de estrés por calor (Van laer et al., 2014). La estrategia termal de los bovinos es mantener la temperatura corporal por encima de la temperatura de su entorno, permitiendo así la pérdida de calor por tres mecanismos (conducción, convección y radiación). Cuando la temperatura de su entorno alcanza o excede a la temperatura del animal - estrés por calor, estas rutas de disipación de calor son más ineficientes con riesgo de incremento de la carga calórico del animal. En este caso, la única manera de perder calor es por las vías evaporativas a través del incremento de la tasa respiratoria o jadeo.

### ***En Uruguay, el estrés por calor ¿es un mito o una realidad?***

En regiones de clima tropical, caracterizado como cálido y lluvioso, es indiscutible el fenómeno del estrés por calor en ganado bovino en sistemas pastoriles. En regiones de clima templado, como es el caso de Uruguay, los veranos húmedos y calurosos y las temperaturas relativamente agradables en la noche, generalmente hacen subestimar esta problemática. La severidad del estrés por calor en los animales depende, principalmente, de las fluctuaciones diarias de la temperatura ambiente (Silanikove, 2000), siendo la incapacidad en disipar calor en la noche, además de las altas temperaturas durante el día, factores de riesgo para elevar la temperatura corporal de los bovinos en los días calurosos (Mader et al., 2010).

A través del análisis de una serie histórica de datos de la Estación Meteorológica de Paso de la Laguna (1973-2010) de INIA Treinta y Tres, Rovira y Do Carmo (2012) han comprobado la existencia de condiciones climáticas favorables, durante los meses de verano, para el desarrollo de estrés calórico medio y severo durante las horas luz del día. En lo que se refiere al análisis histórico de datos de las otras



estaciones agroclimáticas de INIA, la estación ubicada en Salto Grande fue la que registró la mayor cantidad de días con valores de riesgo para el estrés calórico (Tiscornia et al., 2022). Por otro lado, con experimentos de campo y datos de temperatura y humedad del aire de cuatro veranos (2007-2011), Rovira (2012b) identificó que en un 50% del tiempo en el verano los animales están expuestos a condiciones ambientales condicionantes de estrés calórico, con posibilidad de recuperación en la madrugada, en la región este de nuestro país.

De la información climática presentada, se puede decir que es una realidad la existencia de condiciones climáticas para el desarrollo del estrés calórico, aunque las mismas no ocurren en forma permanente. Sistemas ganaderos sin medidas proactivas de prevención y mitigación a este fenómeno son menos resilientes y más vulnerables. Sin embargo, el uso de estrategias físicas de mitigación, mediante modificaciones en el ambiente (Figura 1; Rovira, 2012c), aún no es algo generalizado en los sistemas pastoriles de nuestro país. A pesar de que la Encuesta Ganadera Nacional (MGAP-OPYPA, 2018) identificó que 49% de los productores consideraron que la sombra es una acción o medida para reducir la vulnerabilidad al cambio climático, una encuesta tecnológica con productores ganaderos evidenció que solamente 23% de los establecimientos disponían de sombra en todos los potreros (Pravia et al., 2019).

(A)



(B)



**Figura 1.** Bovinos haciendo uso de sombra natural (A) o artificial (B).

Fotos: Pablo Rovira

### ***Ya que el estrés por calor es una realidad, ¿qué pasa con el animal?***

Muchos esfuerzos se han hecho para identificar las variables climáticas determinantes del estrés térmico en animales, pero, sin duda, la mejor evaluación es aquella que se realiza mediante la observación directa y medición de variables de respuesta en el propio animal. El monitoreo del impacto del estrés calórico en bovinos en sistemas pastoriles, a pesar de imprescindible, aún es un desafío. Existe un gran potencial para el uso de soluciones tecnológicas que ayuden en la evaluación y gestión del bienestar en entornos extensivos (Herlin et al., 2021), pero aún se hace necesario mucho trabajo para explotar estas oportunidades.





La respuesta animal al estrés calórico es dinámica y se divide en cuatro etapas (Silanikove, 2000). La primera busca evitar la acumulación de calor, a través de la vasodilatación, sudoración y frecuencia respiratoria. En la segunda etapa, la “aversiva”, los mecanismos evaporativos de pérdida de calor son intensificados, y los animales pasan a ser más vulnerables a otros tipos de estrés. A partir de la tercera etapa, las tentativas de mantener la homeotermia no son alcanzadas y la aptitud física empieza a comprometerse. Muchos de los esfuerzos en el manejo deberían prevenir que los animales entren en esta etapa, ya que aquí empieza a deteriorarse el bienestar, la salud y las capacidades productiva y reproductiva del animal. La última etapa es la del estrés agudo al calor, donde los animales manifiestan un jaeo intenso y una máxima sudoración. Si con estos mecanismos no logra detener el aumento de la temperatura corporal, el animal tiene un golpe de calor y la muerte pasa a ser un riesgo potencial.

Desde 2000, INIA Treinta y Tres viene desarrollando ensayos que evalúan las consecuencias del estrés por calor en bovinos para carne en los sistemas pastoriles de producción de nuestro país. En el Cuadro 1, se caracteriza estos trabajos y los principales efectos en la producción, en el comportamiento y en la fisiología de los animales.

### ***Tecnologías disponibles para el manejo del estrés por calor***

Luego de analizar los trabajos resumidos en la Cuadro 1, se enmarca que la provisión de sombra es una necesidad en los sistemas pastoriles de carne bovina en Uruguay, siendo capaz de afectar variables productivas, fisiológicas y comportamentales. Los bovinos con acceso a sombra con respecto a los animales sin acceso a sombra mostraron una mejor ganancia media diaria de peso (hasta un 56%) y un mayor peso final, a pesar de no existir, por lo general, una superioridad significativa; mostraron una adaptación en su conducta de pastoreo, variable según la sensación térmica del día, el % de la radiación y el tipo de sombra; y no necesitaron incrementar su tasa respiratoria, o sea, la pérdida de calor, para mantener la temperatura corporal. Un preconcepto que existía era que los animales con sombra disminuían el consumo de forraje, y por lo tanto su producción, al preferir estar bajo la sombra en vez de pastoreando. Los resultados de la investigación demostraron que los animales efectivamente disminuyen el tiempo de pastoreo diurno, pero ganan igual o más peso que aquellos sin sombra, y con una mejora significativa en su bienestar.

**Cuadro 1.** Características y resultados de ensayos conducidos por el equipo de investigación de INIA sobre el impacto del estrés por calor en bovinos para carne en sistemas pastoriles de producción.

Referencia	Periodo	Caracterización de los animales y del pasto	Estrategias mitigación	Condiciones climáticas promedias	Resultados		
					Productivos	Fisiológicos	Comportamentales
Rovira y Velazco (2010), Velazco y Rovira (2012)	Enero-Marzo 2009	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 339 kg PV * Pastoreo rotativo en sudangras	* Libre acceso a sombra artificial: 80% de intercepción, 3,2 m <sup>2</sup> de sombra/animal * Libre acceso a sombra natural: árboles <i>Eucalyptus spp.</i> , 100 m <sup>2</sup> de sombra/animal	* Sin diferencias entre los tratamientos para temperatura ambiente, HR y ITH <sup>1</sup> * Temperatura del globo negro fue superior en el sol (35,5°C) que en la sombra (28,2°C)	GMD no fue diferente entre los tratamientos	Tasa respiratoria: * Menor para animales con acceso que sin acceso a sombra (64 vs. 74 RPM) * Menor para novillos con acceso a sombra natural que artificial (61 vs. 67 RPM)	* Tiempo de pastoreo fue similar entre los tratamientos (473 min.) * Novillos con acceso a sombra natural pasaron más tiempo debajo de la misma que aquellos novillos con acceso a sombra artificial (281 vs. 164 min.)
Rovira y Velazco (2011a), Velazco et al. (2012)	Enero-Marzo 2007	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 278 kg PV, 15 meses de edad * Pastoreo rotativo en sudangras	Acceso libre o restringido (11-16 h) a la sombra artificial: 80% intercepción, 4 m de altura y 4 m <sup>2</sup> de sombra/animal	* 22,9°C 77% HR ITH 71 <sup>1</sup> * Sin diferencia entre los tratamientos para temperatura ambiente, HR y ITH <sup>1</sup>	GMD y peso final no fueron diferentes entre los tratamientos	Tasa respiratoria: * Excepto temprano en la mañana, en el resto del día fue siempre superior para el ganado sin sombra que para aquellos con algún grado de acceso a sombra * Menor para animales con acceso a sombra (57 vs. 69 RPM) * Mayor a las 14 h para los animales con acceso restringido que para aquellos con acceso libre a la sombra (59 vs. 64 RPM)	Tiempo pastoreando: * Similar entre los tratamientos * Novillos con acceso restringido a sombra dedicaron más tiempo a esta actividad en la mañana (+43%) y en la tardecita (+20%) que aquellos con acceso libre a sombra

Rovira y Velazco (2011b)	Diciembre 2010-Marzo 2011	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 254 kg PV, 15 meses de edad * Pastoreo continuo en campo natural ( <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Paspalum notatum</i> y <i>Axonopus affinis</i> )	Libre acceso a sombra artificial con o sin acceso a bloques proteicos (28% PC)	* 23,3°C 75% HR ITH 71 * Sin diferencia entre los tratamientos para temperatura ambiente, HR y ITH	GMD y peso final significativamente mayor en los animales con sombra	-	El suministro de sombra disminuyó el tiempo de pastoreo diurno un 20%, mientras que la suplementación proteica lo incrementó un 8%
Rovira (2012d)	Enero-Marzo 2000	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 401 kg PV, 24 meses de edad * Pastoreo rotativo en sudangras	Libre acceso a sombra artificial: 80% de intercepción, 3 m de altura y 3 m <sup>2</sup> de sombra/animal	24,0°C 74% HR	GMD y peso final no fueron diferentes entre los tratamientos	-	Tiempo diurno de pastoreo: * Similar entre los tratamientos (510 min.) * Animales del tratamiento sombra cesaron (10:00) y reiniciaron (15:30) la actividad más temprano con respecto a los animales sin sombra (11:15 y 17:15, respectivamente)
Rovira (2012e)	Diciembre 2001-Febrero 2002	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 285 kg PV * Pastoreo rotativo en trébol rojo y raigrás	Libre acceso a sombra artificial: 80% de intercepción y 4 m <sup>2</sup> de sombra/animal	22,1°C 79% HR	GMD y peso final no fueron diferentes entre los tratamientos	-	-
Rovira (2014)	Diciembre 2012-Febrero 2013	* Novillos Aberdeen Angus x Hereford, 268 kg PV, 15 meses de edad * Pastoreo continuo en campo natural ( <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Paspalum notatum</i> y <i>Axonopus affinis</i> )	Libre acceso a sombra artificial: 35 o 80% de intercepción, 4 m de altura y 4 m <sup>2</sup> de sombra/animal	* 22,8°C 77% HR ITH 69 <sup>1</sup> * Temperatura timpánica: sin diferencia entre tratamientos	GMD y peso final no fueron diferentes entre los tratamientos	-	Tiempo pastando (80% ≤ 35%, 80% < sol, 35% ≤ sol) disminuyó con el acceso a sombra

<sup>1</sup> ITH, Índice de Temperatura y Humedad = [(0,8 × temperatura del aire) + (humedad relativa/100) × (temperatura del aire - 14,4) + 46,4] (Thom,1959)

HR = humedad relativa del aire (%); GMD = ganancia media diaria de peso; RPM: rotaciones por minuto

< menor y significativo; ≤ menor y no significativo

A una escala más amplia, sistemas silvopastoriles no solo presentan las ventajas de ofrecer sombra y abrigo como prevención al estrés por calor, sino también son capaces de generar un microclima, mejorando así el confort térmico y el bienestar animal. En nuestras condiciones, Rovira y Velazco (2010) mostraron que novillos con acceso a sombra de monte de *Eucalyptus spp.* tuvieron un incremento en la tasa respiratoria inferior a los novillos con acceso a sombra artificial (1,46 vs. 3,08 respiraciones por minuto, respectivamente) por cada unidad de incremento en la temperatura ambiente.

Desde la Unidad GRAS y del Programa de Investigación en Producción de Carne y Lana, con el apoyo de la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, INIA puso a disposición, en 2019, la App INIA TermoEstrés (Figura 2). Esta herramienta permite contar con siete días de información del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) de manera anticipada, en forma de mapas diarios y gráficas en base trihoraria, donde se indica el nivel de riesgo previsto (sin riesgo, alerta, peligro, emergencia) para el día actual y los siguientes seis días. De esta manera, productores y técnicos pueden anticiparse a tomar medidas de previsión, minimizando los problemas productivos y de bienestar decurrentes del estrés por calor.



**Figura 2.** INIA TERMOESTRÉS es una herramienta desarrollada por INIA disponible vía web y mediante una App. Permite tomar medidas de previsión ágilmente, minimizando los problemas productivos y de bienestar animal durante el periodo estival.

<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos/INIA-Termoestres>

Finalmente, una vez que la existencia de estrés calórico en Uruguay es una realidad, la transición hacia sistemas de producción a pasto más amigables al bienestar animal no debe dejar asegurar la provisión de sombra y así evitar que los animales sufran debido a condiciones climáticas extremas o fuera del rango del confort térmico. Pensando desde el punto de vista de prevención, es conveniente adelantarse a las consecuencias a corto plazo del fenómeno con el uso de la herramienta INIA TermoEstrés. En conjunto, estas dos tecnologías tienen un gran potencial para prevenir y mitigar las situaciones de estrés por calor que, a pesar de intermitentes, son cada vez más frecuentes, en el ganado bovino para carne en los sistemas pastoriles de nuestro país.

## AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de las unidades experimentales de INIA, a los estudiantes y técnicos que de alguna forma u otra contribuyeron con su tiempo y dedicación a la instalación, seguimiento y análisis de los trabajos experimentales.



# Manejo previo a la faena de bovinos para carne: ¿qué prácticas pueden minimizar el estrés de los animales y maximizar la producción y la calidad de la canal y de la carne?

Maria Eugênia A. Canozzi<sup>1</sup>, Juan Clariget<sup>1</sup>, Eduardo Pérez<sup>1</sup>, Georgett Banchemo<sup>1</sup>, Marcia del Campo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIA La Estanzuela; <sup>2</sup>INIA Tacuarembó.

El manejo de los bovinos en las etapas previas a la faena es de gran importancia. Consiste en una sucesión de eventos que comienza con el manejo en el predio y sigue con el transporte, la descarga, la espera en los corrales, el manejo previo a la faena, hasta el aturdimiento en frigorífico. Durante estos eventos, los animales pueden ser expuestos a una variedad de estresores, p. ej. ruidos y olores desconocidos, privación de agua y/o comida, transporte (vibración y cambios en la velocidad), temperaturas extremas, cambios en el grupo social (a través de la separación y mezcla), confinamiento (Warris, 1990; Ferguson y Warner, 2008).

El estrés es inevitable en el proceso de trasladar animales del predio al frigorífico (Ferguson y Warner, 2008). Se dice que un animal está en estado de diestrés si se le exige que haga ajustes moderados o extremos en su fisiología o comportamiento para hacer frente a situaciones adversas de su entorno (Fraser et al., 1975; Moberg, 2000).

Desde principios del 2000 hay una creciente preocupación en nuestro país sobre la aplicación de buenas prácticas de manejo animal, tanto por motivos éticos como económicos. La reducción de las pérdidas ocasionadas por malas prácticas beneficia a todos los actores de la cadena cárnica. Una revisión hecha por Gallo y Huertas (2016) enfatiza que, en países de América del Sur, el bienestar animal (BA) se ve comprometido debido a deficiencias estructurales y del manejo incorrecto, acarreando perjuicios económicos importantes, como se ha demostrado en la última Auditoría de la cadena cárnica realizada en Uruguay (del Campo et al., 2024c).

## ***¿Qué pasa con el bovino?***

Los desafíos impuestos durante las etapas previas a la faena causan perturbaciones en la homeostasis animal y una respuesta adaptativa es activada para restablecer el equilibrio (Ferguson y Warner, 2008). Independiente de la situación, el animal genera una respuesta de estrés que consiste en una cascada de eventos biológicos y comportamentales, y su magnitud es directamente dependiente del individuo (Moberg, 2000).



El reconocimiento de estos efectos nocivos del estrés nos ha sensibilizado sobre la importancia del BA en las horas que anteceden la faena. En un primer momento, el bovino es sometido a un estrés de origen psicológico, debido a los disturbios sociales, acontecimientos repentinos y situaciones novedosas. A este, se suma el de origen físico, los cuales imponen limitaciones físicas al funcionamiento del cuerpo, como el estado de hambre y sed, la fatiga o la lesión de tejidos. Aún existe el riesgo a la integridad físico del animal, debido a las condiciones físicas (camiones, corrales) y térmicas durante el periodo. En todas estas etapas, el estrés es capaz de afectar, también, el estado emocional del animal (Ferguson y Warner, 2008; Terlouw y Bourguet, 2022).

Para cuantificar el estrés y si éste compromete el BA, se hace necesario conocer la especie con la que se está trabajando. Más específicamente, y a nivel de investigación, en las etapas previas a la faena se combinan indicadores fisiológicos y comportamentales, asociada a una caracterización del entorno o del ambiente (manejo, infraestructura, etc.). Además, cómo las reacciones al estrés pueden afectar las características de la canal y de la carne, se suele registrar el peso de la canal, la tasa de descenso de pH, la incidencia de hematomas (Warris, 1990; Terlouw y Bourguet, 2022), además de las características de calidad de la carne.

En nuestro país, la incidencia de hematomas (Figura 1A) es una de las variables que determina las mayores pérdidas económicas de la industria cárnica (31% del total). Datos de la 4ta Auditoría nacional de calidad, muestran que un 76,5% de las canales bovinas evaluadas presentan al menos un hematoma (del Campo et al., 2024c). Estimar su antigüedad e identificar su origen contribuirá a mejorar el BA y a reducir las pérdidas económicas. De esta forma, con el uso de diferentes técnicas forenses y sus combinaciones, del Campo et al. (2022) concluyeron que la termografía infrarroja (Figura 1B) es una herramienta promisoría para definir si el hematoma ocurrió en el frigorífico o antes de arribar a él (pudiendo ser en el predio o en el transporte).

***Para minimizar los efectos negativos previo a la faena, ¿cuáles prácticas de manejo son recomendables?***

Dado que el estrés en la vida es inevitable, pero particularmente lo es en las etapas previas a la faena, las buenas prácticas de manejo son clave en estas etapas (Moberg, 2000). Considerando lo ya mencionado y las particularidades que tiene la cadena cárnica bovina de Uruguay, INIA viene desarrollando ensayos que buscan evaluar el efecto de diferentes prácticas de manejo previo a la faena sobre indicadores evaluados en el animal vivo, así como en el producto final (Cuadro 1).

(A)



(B)



<sup>1</sup>Es el estado de equilibrio entre todos los sistemas del cuerpo necesarios para sobrevivir y funcionar de forma adecuada (Moberg, 2000).

**Figura 1.** Hematoma de severidad grado 2 - con remoción de tejido muscular (escala 1 al 3) en el muslo (A) y aplicación de la termografía infrarroja para evaluar su antigüedad (B).

Fotos: Sebastián Bogliacino (A) y Marcia del Campo (B).

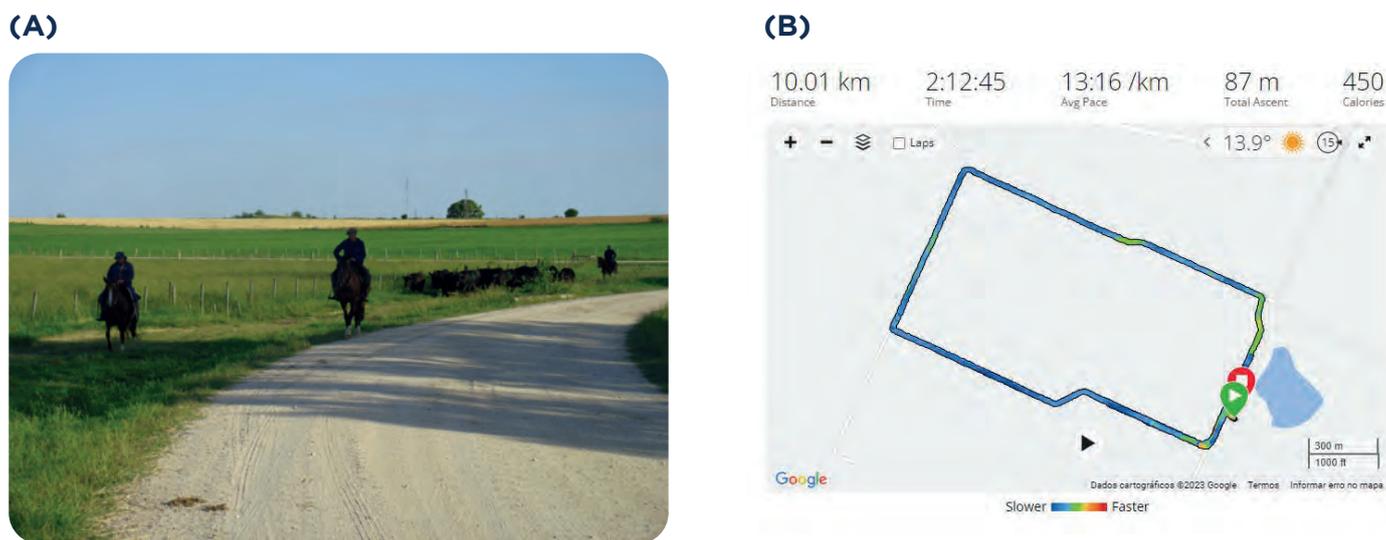
En lo relativo al tiempo de espera en corrales del frigorífico, los resultados de estos trabajos indican que, cuando los animales provienen de pasturas, si se les ofrece buenas condiciones de espera, pasar toda la noche en los corrales (12 a 15 horas) no tendría un impacto negativo sobre su bienestar ni sobre la calidad de la canal y la carne (del Campo et al., 2010; 2014d; 2021c). La primera hora de la espera en los corrales parece ser clave para lograr la adaptación de los animales al entorno desconocido y esta adaptación está directamente asociada a las actividades y a los ruidos del frigorífico, que es variable a lo largo del día. En su conjunto, las buenas condiciones de espera y el ambiente calmo fueron fundamentales para no afectar en forma negativa la calidad de la canal y de la carne (del Campo et al., 2014d), a pesar de las diferencias observadas en la concentración de glucógeno en músculo (Costa, 2013; Costa et al., 2019), que fueron mayores en los tiempos de espera larga (12 y 15 vs. 3 horas).

La privación de alimento no es sólo durante la espera, sino desde el momento que los bovinos son retirados del potrero en el predio del productor. En Uruguay, datos de un frigorífico muestran que ~90% de los bovinos llegan en la planta el día previo a la faena (comunicación personal). De este modo, otra línea de trabajo comparó tiempo total de ayuno corto (2-6 horas) con tiempo total de ayuno más largos (23-29 horas) - lo tradicional de nuestro país - con novillos terminados en pasturas y en corrales. Estos trabajos demostraron que el tiempo total de ayuno, independiente del lugar en que se realice dicho ayuno



(predio o frigorífico), afectó la cantidad de canal producida y algunas variables fisiológicas. Los bovinos que tuvieron un corto tiempo de ayuno y que quedaron en los corrales del frigorífico no más que dos horas tuvieron un peso de canal caliente 3,5 kg (1,32%) superior a los novillos que pasaron toda la noche en los corrales. Este valor, a pesar de ser numéricamente pequeño, es sin duda económicamente significativo (~10-15 USD/animal; ~400-500 USD por camión embarcado). El menor consumo de agua y el mayor % de hematocrito registrados en la sangre de los animales que tuvieron un largo tiempo de ayuno pueden haber contribuido a un menor peso de la canal caliente (Canozzi et al., 2020; Clariget et al., 2021).

Por otra parte, se destaca que el incremento del manejo y del movimiento del ganado previo a la faena es necesario y, si sumado a un posible desplazamiento adicional (p.ej. entre predios), determina una demanda física, y por tanto energética, adicional. Una caminata suave (4,2 km/h de velocidad y 2h25min de duración) (Figura 2), sin la ocurrencia de riesgo de estrés por calor, determinó pesos de canal caliente 1,3 kg (0,45%) menores que en el tratamiento en que los animales no caminaron. Si bien son pocos los kg de diferencia entre tratamientos, las pérdidas económicas son importantes (~4-5 USD/animal; ~140-180 USD por camión embarcado) (Canozzi et al., 2023). Debido a la limitada información en la literatura, queda la interrogante: ¿cuál sería el origen y las posibles vías metabólicas involucradas en este proceso? Por eso, en las faenas de los años 2023 y 2024, se estará evaluando también indicadores fisiológicos de estrés en la sangre (p.ej. hematocrito, cortisol, lactato deshidrogenasa (LDH)) y en la carne (p.ej. glucógeno, lactato y dipéptidos antioxidantes: anserina y carnosina).



**Figura 2.** Novillos durante la caminata (A) y herramienta Garmin Connect® (B) utilizada para control de velocidad y distancia.

Fotos: Maria Eugênia A. Canozzi





### **Consideraciones finales**

El estrés previo a la faena es inevitable, por lo que las buenas prácticas de manejo y el buen trato animal son fundamentales. Las tecnologías aquí presentadas son propuestas para maximizar el BA y minimizar las posibles pérdidas que puedan ocurrir por el manejo. En síntesis, nos gustaría resaltar tres puntos: i. los animales se tranquilizan entre la segunda y la quinta hora de espera en planta frigorífica, siendo la primera hora la clave en el proceso de adaptación; ii. si bien un largo tiempo de ayuno de alimento es lo más común en Uruguay, lo recomendable es tratar de reducirlo. Esto quiere decir que se debe combinar un adecuado tiempo de encierro en el predio, de transporte y de espera en frigorífico que apunte a reducir el tiempo de ayuno total, optimizando el BA y la producción y calidad de canal y de la carne. Es importante tener en cuenta la alimentación de los animales: bovinos provenientes de pastura tienen un proceso digestivo más lento que los que provienen de alimentación en base a grano, por lo cual es probable que la sensación de hambre en estos últimos aparezca antes, haciendo que el tiempo total de ayuno y el tiempo de espera deba ser menores que en los animales de pastura; y iii. demandas físicas innecesarias, como caminatas extensas previo al embarque, deben evitarse. Estas situaciones deben preverse y nuestra recomendación es hacer el traslado de los animales a un potrero cercano al embarcadero y el mismo que no sea inmediatamente previo al embarque y, siendo posible, con al menos una semana antes de la carga.

Por último, es importante enfatizar que el estrés es aditivo y que la respuesta biológica es variable entre individuos y dependiente de factores genéticos así como de la experiencia previa de animal. Es decir, la respuesta de estrés depende del temperamento de cada individuo. Finalmente, se destaca que las buenas prácticas de manejo son importantes durante toda la vida del animal, pero se vuelven fundamentales en las etapas previas a la faena.

### **AGRADECIMIENTOS**

A los frigoríficos Marfrig y BPU Meat Uruguay; a Alvaro Ferrés, Director Ejecutivo de AUPCIN; y a todo el personal de la Unidad del Lago de INIA La Estanzuela

**Cuadro 1.** Características y resultados de ensayos realizados por el equipo de investigación de INIA que evaluaron el impacto de prácticas de manejo previo a la faena de bovinos para carne.

Referencia	Característica manejo	Animales (raza, edad y peso promedios)	Resultados		
			Fisiológicos	Comportamentales	Canal y Carne
del Campo et al. (2010) y del Campo et al. (2021c)	4 horas transporte + Tiempo de espera corto (3 h) vs. largo (15 h)	Novillos Braford y Hereford terminados a pasto, 2,5 años de edad, 347 kg PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tiempo de espera no afectó los niveles de cortisol, creatin fosfoquinasa y beta hidroxibutirato</li> <li>* Novillos del largo tiempo de espera mostraron niveles de ácidos grasos libres superiores luego de la espera y al momento del degüello</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Frecuencia de rumia fue mayor en la espera de 3 horas</li> <li>* A pesar de que la frecuencia de conflictos no fue diferente entre tratamientos, fue mayor en la primera hora de espera</li> <li>* No fueron observadas interacciones positivas entre los novillos</li> <li>* No se observó animales consumiendo agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tiempo de espera no afectó el peso de la canal caliente, el peso del corte pistola, el marmoreo, el contenido lipídico, la coloración de la grasa, el % de pérdidas por cocción ni la incidencia de hematomas</li> <li>* pH a las 24h fue superior para el tratamiento de tiempo de espera corto</li> <li>* Color de la carne mostró valores superiores a* (tono de rojo) y b* (tono de amarillo) en el tiempo de espera largo</li> </ul>
del Campo et al. (2014d)	5 horas transporte + Tiempo de espera corto (3 h) vs. largo (15 h)	Novillos Hereford terminados a pasto, 3 años de edad, 500 kg PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Concentración de cortisol y de creatin fosfoquinasa fue superior en los animales del tiempo de espera corto solamente en el degüello</li> <li>* Valores de ácidos grasos libres luego del transporte, de la espera y durante el degüello fueron superiores en el tratamiento largo tiempo de espera</li> </ul>	<p>En las 3 primeras horas de espera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Frecuencia de rumia fue mayor en el tratamiento de tiempo de espera corto</li> <li>* Animales de 12 horas de espera mostraron un mayor número de comportamientos agonísticos o negativos</li> <li>* Frecuencia de peleas fue mayor durante la primera hora, siendo menos frecuentes en el grupo de las 3 h de espera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Concentración de glucógeno fue menor en los animales del tratamiento de espera corta</li> <li>* El tiempo de espera no afectó el peso de la canal caliente, peso del corte pistola, pH a las 24 h, color de la carne, fuerza de corte y marmoreo</li> </ul>

Costa (2013) y Costa et al. (2019)	3,5 horas transporte + Tiempo de espera corto (3 h) vs. largo (12 h)	Novillos Hereford terminados a pasto, 3 años de edad, 500 kg PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Concentraciones de creatin fosfoquinasa, ácidos grasos libres, beta hidroxibutirato, glucosa y cortisol aumentaron post-transporte independiente del tratamiento</li> <li>* Novillos del largo tiempo de espera mostraron valores superiores para ácidos grasos libres luego del transporte, de la espera y del degüello</li> <li>* Animales del corto tiempo de espera presentaron mayor concentración de glucosa y menor de cortisol luego del degüello</li> </ul>	<p>En las 3 primeras horas de espera</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* La frecuencia dedicada al comportamiento en pie fue igual para los dos tratamientos, mientras que la rumia fue más frecuente en los novillos del tiempo de espera corto</li> <li>* Novillos del largo tiempo de espera tuvieron un mayor número de montas y peleas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Concentración de glucógeno fue menor en los animales del con tiempo de espera corto</li> <li>* Tiempo de espera no afectó el peso de la canal caliente, el pH final, el color de la carne y la fuerza de corte</li> </ul>
------------------------------------	--	---	---	---	--

*Manejo: tiempo total de ayuno de solidos*

Canozzi et al. (2020), Clariget et al. (2021)	Tiempo total de ayuno corto (2-6 horas), largo con espera en frigorífico (23-29 horas) y largo con espera en el predio (26 horas)	Novillos y vaquillonas cruzas británicas engordados a pasto o a corral	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Hematocrito y las concentraciones de proteínas totales, globulina y LDH fueron superiores en los animales del tratamiento largo tiempo total de ayuno con espera en el frigorífico</li> <li>* Consumo de agua total (predio + frigorífico) fue inferior para los animales del largo tiempo de ayuno, independiente del lugar de espera</li> <li>* % MS en hígado fue superior para animales del largo tiempo de ayuno con espera en el frigorífico en relación con los del corto tiempo de ayuno</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Pesos previo a la faena, de la canal caliente <i>post-dressing</i>, de la canal enfriada y del corte pistola fueron superiores en los animales del corto tiempo de ayuno</li> <li>* No se observaron diferencias en el marmoreo, pH final, pH final &gt; 5,8, color de la carne y pérdida por goteo</li> </ul>
---	---	--	--	---	---

*Manejo: ejercicio suave previo al embarque*

Canozzi et al. (2023)	Sin (0 km) vs. Con (10 km) caminata * Tiempo de ayuno total: 23-30 horas * Tiempo promedio de espera en los corrales del frigorífico: 15 horas * Transporte: 30 min.	Novillos de razas británicas terminados a pasto, 2 años de edad, 553 kg PV	* Consumo de agua en el predio, previo al embarque, no fue diferente entre los tratamientos	-	* Peso de la canal caliente <i>post-dressing</i> fue superior en los animales sin caminata
-----------------------	---	--	---	---	--

### **Literatura citada**

ALVEZ, P.; QUINTANS, G.; HÖTZEL, M.J.; UNGERFELD, R. 2015. Two-step weaning in beef calves: permanence of nose flaps for 7 or 21 days does not influence the behaviour response. *Animal Production Science* 56(5): 866-870.

BETANCOR, J.I. 2014. Destete en ganado de carne: como minimizar las consecuencias negativas para el ternero y para la vaca. Trabajo final de la tecnicatura "Técnico en Producción Agrícola Ganadero", UTU La Carolina, CTEP (Uruguay). 51 p.

CANOZZI, M.E.A.; BANCHERO, G.; SARAVIA, A.; LUZARDO, S.; FERNÁNDEZ, E.; LA MANNA, A.; DEL CAMPO, M.; PÉREZ, E.; RIVOIR, J.; UZUCA, J.J.; BATISTA, E.; PÉREZ, J.M.; CLARIGET, J. 2020. Duración del ayuno y lugar de espera pre-faena en vacunos: ¿Cuál es el impacto sobre el peso de la canal, la hidratación y la calidad de la carne? *Revista INIA* 60: 13-18.

CANOZZI, M.E.A.; PÉREZ, E.; UZUCA, J.J.; BATISTA, E.; GONNET, R.; BANCHERO, G.; CLARIGET, J. 2023. Caminata suave previo al embarque de novillos gordos - ¿Qué efectos tiene en el peso de la canal? *Revista INIA* 74: 6-9.

CARVALHO, V.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; RENNÓ, L.N.; SAMPAIO, C.B.; SILVA, A. 2019. A meta-analysis of the effects of creep-feeding supplementation on performance and nutritional characteristics by beef calves grazing on tropical pastures. *Livestock Science* 227: 175-182.

CLARIGET, J.; BANCHERO, G.; LUZARDO, S.; FERNÁNDEZ, E.; PÉREZ, E.; LA MANNA, A.; SARAVIA, A.; DEL CAMPO, M.; FERRÉZ, A.; CANOZZI, M.E.A. 2021. Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot. *Research in Veterinary Science* 136: 158-165.

COSTA, F.O. 2013. Efeitos do tempo de espera em currais de frigorífico no bem-estar e na qualidade da carne de bovinos. Tesis MSc, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal (Brasil). 80 p.

COSTA, F.O.; BRITO, G.; SOARES DE LIMA, J.M.; SANT'ANNA, A.C.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; DEL CAMPO, M. 2019. Lairage time effect on meat quality in Hereford steers in rangeland conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 48: e20180020.

DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; SOARES DE LIMA, J.; HERNANDEZ, P.; MONTOSSI, F. 2010. Finishing diet, temperament and lairage time effects on carcass and meat quality traits in steers. *Meat Science* 86: 908-914.

DEL CAMPO, M. 2014. Bienestar animal: castración de terneros. *Proceedings of the XLII Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Paysandú, UY, Centro Médico Veterinario de Paysandú. p. 32-48 Disponible en: [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1965/JB2014\\_32-48.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1965/JB2014_32-48.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; MONTOSSI, F.; SOARES DE LIMA, J.M.; SAN JULIÁN, R. 2014a. Animal welfare and meat quality: The perspective of a small exporter country. *Meat Science* 98(3):470-476.

DEL CAMPO, M.; HERNÁNDEZ, S.; ANCHAÑO, M.; GIORELLO, S.; SOARES DE LIMA, J.M.; BOTERO, S.; FERRÓN, M.; FREITAS, G.; ALBERNAZ, F.; RODRÍGUEZ, A.; PIÑEIRO, J.; MONDRAGÓN, J.; MARTÍNEZ, J.; FREITAS, G.; LARRONDA, J.; LEMOS, R.; MÁRQUEZ, H. 2014b. Bienestar animal en bovinos resultados experimentales: castración de terneros. Evaluación de las respuestas de estrés en terneros con diferentes métodos y edad a la castración: años 2009, 2010 y 2011. En: BERRETTA, E.; MONTOSSI, F.; BRITO, G. (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto*. Montevideo, UY: INIA. 493-527. (INIA Serie Técnica; 217)

DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; SOARES DE LIMA, J.M.; SALAVERRY, S.; CHALKLING, D. 2014c. Effect of the castration method on steers performance and meat quality. *Proceedings of the 60th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST)*. Punta del Este, Uruguay. Disponible en: [https://digicomst.ie/2014/2014\\_07\\_05/](https://digicomst.ie/2014/2014_07_05/)

DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; COSTA, F.O.; VERGARA, E.; ANCHAÑO, E.; FRUGONI, J.; BOTTERO, D.; LEVRATTO, J.; RODRÍGUEZ, H.; HERNÁNDEZ, S.; ESCAYOLA, G.; OLIVERA, P. 2014d. Efecto del manejo previo a la faena sobre el bienestar animal y la calidad de producto. Año 2. En: BERETTA, E.J.; MONTOSSI, F.; BRITO, G. (Eds.), *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto*. Montevideo, UY: INIA. p. 539-554. (INIA Serie Técnica; 217)

DEL CAMPO, M. 2018. Bienestar animal bovinos - Castración (5 parte). Montevideo, UY: INIA. 2 p. (Cartilla n. 85)

- 
- DEL CAMPO, M.; SAN JULIÁN, R.; BRITO, G.; DE SOUZA, G. 2018. Castrated vs not castrated beef cattle: instrumental quality and meat consumers perception. In: Proceedings 63rd International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Cork, Ireland. Disponible en: [https://digicomst.ie/2018-2/2018\\_11\\_17/](https://digicomst.ie/2018-2/2018_11_17/)
- DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; DE SOUZA, G. 2019. Castrated vs uncastrated beef cattle: instrumental quality. Proceedings of the 65th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Potsdam, Germany. Disponible en: [https://digicomst.ie/2019-2/2019\\_08\\_34-1/](https://digicomst.ie/2019-2/2019_08_34-1/)
- DEL CAMPO, M.; BETANCOR, J.I.; ANCHAÑO, M.; DE OLIVEIRA, F.; SOARES DE LIMA, J.M. 2021a. Bienestar animal: evaluación del estrés en terneros con diferentes métodos de destete. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 29(Supl.1):98.
- DEL CAMPO, M.; VIÑOLES, C.; SILVA, J.; LISBOA, J.; AMOZA, S.; SOARES DE LIMA, J.M.; 2021b. Bienestar animal: evaluación de estrés en terneros al momento del destete definitivo. Con y sin el uso de técnicas de pre-acondicionamiento desde edades tempranas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 29(Supl.1): 111-113.
- DEL CAMPO, M.; SOARES DE LIMA, J.; BRITO, G.; MANTECA, X.; HERNANDEZ, P.; MONTOSI, F. 2021c. Effect of finishing diet and lairage time on steers welfare in Uruguay. *Animals*, 11, 1329.
- DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; RODRÍGUEZ ALMADA, H.; NEGREIRA, C.; CORTELA, G.; RODRÍGUEZ, M.N.; GARAGORRY, F.; ECHENIQUE, M.; CENTURIÓN, D.; URBINA, S.; ZAMIT, V.; SOARES DE LIMA, J.M. 2022. Caracterización de hematomas de antigüedad conocida en bovinos para carne. Proceedings of the V Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal. Montevideo, UY. p.154.
- DEL CAMPO, M. 2024. Bem-estar animal: uma ferramenta que agrega valor ao processo de transformação dos sistemas alimentares. En: PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; SANT'ANNA, A. (Eds.), Bem-estar animal como valor agregado nas cadeias produtivas da pecuária. Jaboticabal, SP: Funep. Capítulo 8 (in press).
- DEL CAMPO, M.; MONTOSI, F.; SOARES DE LIMA, J. M.; BRITO, G. 2024a. Future livestock production: animal welfare as a key component of sustainability and beef quality. Proceedings of the 70th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Foz do Iguaçu, Brasil. (in press).
- DEL CAMPO, M.; MONTOSI, F.; SOARES DE LIMA, J.M.; BRITO, G. 2024b. Future livestock production: animal welfare as a key component of sustainability and beef quality. *Meat Science*. (in press).
- DEL CAMPO, M.; BRITO, G.; BORCA, A.; SOARES DE LIMA, J.M.; PEREIRA, I.; CORREA, D.; VILLALBA, D.; DE SOUZA, G.; LUZARDO, S.; DEL CAMPO, M.; ÁLVAREZ, S.; BARSANTI, N. 2024c. 4ta Auditoría Nacional de la Cadena Cárnica Uruguay INIA-INAC. *Revista INIA* 76: 27-30.
- ENRÍQUEZ, D.H.; UNGERFELD, R.; QUINTANS, G.; GUIDONI, A.L.; HÖTZEL, M.J. 2010. The effects of alternative weaning methods on behaviour in beef calves. *Livestock Science* 128: 20-27.
- ENRÍQUEZ, D.; HÖTZEL, M.J.; UNGERFELD, R. 2011. Minimising the stress of weaning of beef calves: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica* 53: article 28.
- FERGUSON, D.M.; WARNER, R.D. 2008. Have we underestimated the impact of preslaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science* 80: 12-19.
- FRASER, D.; RITCHIE, J.S.D.; FRASER, A.F. 1975. The term "stress" in a veterinary context. *The British Veterinary Journal* 131(6): 653-662.
- GALLO, C.; HUERTAS, S.M. 2016. Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: a South American view. *Animal* 10: 357-364.
- HALEY, D.B.; BAILEY, D.W.; STOOKEY, J.M. 2005 The effects of weaning beef calves in two stages on their behavior and growth rate. *Journal of Animal Science* 83: 2205-2214.
- HERLIN, A.; BRUNBERG, E.; HULTGREN, J.; HÖGBERG, N.; RYDBERG, A.; SKARIN, A. 2021. Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture. *Animals* 11: 829.
- MADER, T.L.; GAUGHAN, J.B.; JOHNSON, L.J.; HAHN, G.L. 2010. Tympanic temperature in confined beef cattle exposed to excessive heat load. *International Journal of Biometeorology* 54: 629-635.



MGAP-OPYPA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Oficina de Programación y Política Agropecuaria).

2018. Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional. Disponible en:

<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-encuesta-ganadera-nacional-2016>

MOBERG, G.P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. En: MOBERG, G.P.; MERNCH, J.P. (Eds.), The biology of animal stress: basic principles and implications of animal welfare. London, UK: CABI. p. 1-21.

PANTALLA URUGUAY. 2024. Remates anteriores. Disponible en: <https://www.pantallauruguay.com.uy/>

PRAVIA, M. I.; MONTOSI, F.; ANDREGNETTE, B.; INVERNIZZI, G.; AYALA, W.; CUADRO, R.; PORCILE, V. 2013. Resultados y análisis de la encuesta tecnológica realizada a los productores del GIPROCAR II. En: MONTOSI, F. (Ed.), Invernada de Precisión: pasturas, calidad de carnes, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II). Montevideo, UY: INIA. p. 7-30. (INIA Serie Técnica; 211)

PRICE, E.O.; HARRIS, J.E.; BORGWARDT, R.E.; SWEEN, M.L.; CONNOR, J.M. 2003. Fenceline contact of beef calves with their dams at weaning reduces the negative effects of separation on behavior and growth rate. *Journal of Animal Science* 81:116-121.

QUINTANS, G.; VAZQUEZ, A.I.; WEIGEL, K.A. 2009. Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrous interval in primiparous cows under range conditions. *Animal Reproduction Science* 116: 10-18.

QUINTANS, G.; SCARSI, A. 2013. Seminario de actualización técnica: cría vacuna. Montevideo, UY: INIA. (INIA Serie Técnica; 208)

REALINI, C.; ARES, G.; ANTÚNEZ, L.; BRITO, G.; LUZARDO, S.; DEL CAMPO, M.; SAUNDERS, C.; FAROUK, M.; MONTOSI, F. 2022. Meat insights: Uruguayan consumers' mental associations and motives underlying consumption changes. *Meat Science* 192: 108901.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2010. The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behavior and performance of grazing steers. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53: 347-353.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2011a. The effect of free or restricted access to artificial shade on respiration rate, behavior and performance of grazing steers. *Journal of Animal and Feed Research* 6: 293-298.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2011b. Desempeño productiva y conducta de novillos a campo natural con suplementación proteica y sombra artificial en verano. *Revista Veterinaria* 22(1): 32-37.

ROVIRA, P. 2012a. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. (INIA Serie Técnica; 202)

ROVIRA, P. 2012b. Evolución horaria del Índice de Temperatura-Humedad como indicador del riesgo de estrés calórico en animales En: ROVIRA, P. (Ed.), Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. p. 19-24. (INIA Serie Técnica; 202)

ROVIRA, P. 2012c. Diseño e instalación de una estructura de sombra artificial. Montevideo, UY: INIA. 2 p. (Cartilla n. 12)

ROVIRA, P. 2012d. Efecto de la disponibilidad de sombra en la ganancia de peso y conducta de novillos sobre sudangras. En: ROVIRA, P. (Ed.), Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. p. 37-44 (INIA Serie Técnica; 202)

ROVIRA, P. 2012e. Efecto de la sombra artificial en la recría de novillos sobre praderas durante el verano. En: ROVIRA, P. (Ed.), Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. p. 71-75 (INIA Serie Técnica; 202)

ROVIRA, P.; DO CARMO, M. 2012. Evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973-2010. En: ROVIRA, P. (Ed.), Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay. Montevideo, UY: INIA. p. 13-18. (INIA Serie Técnica; 202)



ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2012. Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudangras. En: ROVIRA, P. (Ed.), *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay*. Montevideo, UY: INIA. p. 59-69 (INIA Serie Técnica; 202)

ROVIRA, P. 2014. The effect of type of shade on physiology, behaviour and performance of grazing steers. *Animal* 8(3): 470-476.

SANTA CRUZ, R.S.; BARBIERI, I.; OLMOS, V.M.; MONTOSI, F.; VIÑOLES, C. 2022. Effect of temporary weaning and creep feeding on calf growth and the reproductive efficiency of their Hereford dams. *Animal Bioscience* 35(10): 1524-1534.

SANZ, A.; BLANCO-PENEDO, I.; QUINTANS, G.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J. 2024. Mother-offspring bond revisited: a blueprint for the future of beef cattle farming. *Applied Animal Behaviour Science* 277: 106346.

SILANIKOVE, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67: 1-18.

SOLANO, J.; ORIHUELA, A.; GALINA, C.S.; AGUIRRE, V. 2007. A note on behavioral responses to brief cow-calf separation and reunion in cattle (*Bos indicus*). *Journal of Veterinary Behaviour* 2(1):10-14.

STOOKEY, J.M.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; WALTZ, C.S.; WATTS, J.M. 1997. Effects of remote and contact weaning on behavior and weight gain of beef calves. *Journal of Animal Science* 75(Suppl. 1): 83.

TEMPLE, D.; MANTECA, X. 2020. Animal welfare in extensive production system is still an area of concern. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4: article 545902.

TERLOUW, C.; BOURGUET, C. 2022. Quantifying animal welfare preslaughter using behavioural, physiological and carcass and meat quality measures. En: FAUCITANO, L. (Ed.), *Preslaughter handling and slaughter of meat animals*. Wageningen, NL: Wageningen Academic Publishers. p. 13-60.

TISCORNIA, G.; MONTOSI, F.; LA MANNA, A.; PARUELO, J.; ROVIRA, P. 2022. Las restricciones climáticas en los sistemas ganaderos y el papel de los bosques nativos. En: PARUELO, J.; CIGANDA, V.; GASPARRI, I.; PANIIZA, A. (Eds.), *Oportunidades y desafíos del uso de los bosques nativos integrados a la producción ganadera de Uruguay*. Montevideo, UY: INIA. p. 20-29.

UNGERFELD, R.; HÖTZEL, M.J.; QUINTANS, G. 2013. Destete en ganado de carne: como minimizar las consecuencias negativas para el ternero y para la vaca. En: QUINTANS, G.; SCARSI, A. (Eds.), *Seminario de actualización técnica: cría vacuna*. Montevideo, UY: INIA. p. 219-228. (INIA Serie Técnica; 208)

UNGERFELD, R.; HÖTZEL, M.J.; QUINTANS, G. 2015. Changes in behaviour, milk production, and body weight in beef cows subjected to two-step or abrupt weaning. *Animal Production Science* 55, 1281-1288.

VAN IAER, E.; MOONS, C.P.H.; SONCK, B.; TUYTTENS, F.A.M. 2014. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science* 159: 87-101.

VELAZCO, J.; EZQUIVEL, J.E.; ROVIRA, P. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. En: ROVIRA, P. (Ed.), *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay*. Montevideo, UY: INIA. p. 45-57 (INIA Serie Técnica; 202)

WARRISS, P.D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 171-186.

WEARY, D.M.; JASPER, J.; HÖTZEL, M.J. 2008. Understanding weaning distress. *Applied Animal Behaviour Science* 110: 24-41.



## AUTORES

Alejandro La Manna  
Ing. Agr. (MSc. PhD.)  
INIA La Estanzuela  
*alamanna@inia.org.uy*

Alan Kelly  
B.Agr.Sc. (PhD.)  
University College Dublin, Irlanda  
*alan.kelly@ucd.ie*

Andrés Quincke  
Ing. Agr. (MSc. PhD.)  
INIA La Estanzuela  
*aquincke@inia.org.uy*

Carlos Rossi  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA La Estanzuela  
*crossi@inia.org.uy*

David Kenny  
B.Agr.Sc. (PhD.)  
Teagasc, Irlanda  
*david.kenny@teagasc.ie*

Diego Giorello  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*dgiorello@inia.org.uy*

Donald Chalkling  
Ing. Agr. (MBA)  
Sociedad Rural de Río Negro (SRRN), Uruguay  
*chalal@vera.com.uy*

Eduardo Pérez  
Tec. Agro.  
INIA La Estanzuela  
*eperez@inia.org.uy*

Enrique Fernández  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA La Estanzuela  
*efernandez@inia.org.uy*

Fabio Montossi  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*fmontossi@inia.org.uy*

Federico Condón  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA La Estanzuela  
*fcondon@inia.org.uy*

Félix Gutiérrez  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA Tacuarembó  
*fgutierrez@inia.org.uy*

Fernando Lattanzi  
Ing. Agr. (MSc. Dr.)  
INIA La Estanzuela  
*flattanzi@inia.org.uy*

Florencia Maranges  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA La Estanzuela  
*fmaranges@inia.org.uy*

Georgget Banchemo  
DMV (PhD.)  
INIA La Estanzuela  
*gbanchemo@inia.org.uy*

Gerónimo Cardozo  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA Treinta y Tres  
*gcardozo@inia.org.uy*

Gonzalo Roig  
DMV  
Marfrig Group, Uruguay  
*gonzalo.roig@marfrig.com*

Graciela Quintans  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Treinta y Tres  
*gquintans@inia.org.uy*

Guillermo de Souza  
Lic. Lab. Clínico  
INIA Tacuarembó  
*gsouza@inia.org.uy*

Gustavo Brito  
Ing. Agr. (MSc. PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*gbrito@inia.org.uy*

Javier do Canto  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*jdocanto@inia.org.uy*

Jean Savian  
Zootec. (MSc. Dr.)  
INIA Treinta y Tres  
*jsavian@inia.org.uy*

Juan Clariget  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA La Estanzuela  
*jclariget@inia.org.uy*

Juan Manuel Soares de Lima  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*jsoaresdelima@inia.org.uy*

Kate Keogh  
B.A.(Mod) Biochemistry (PhD.)  
Teagasc, Irlanda  
*kate.keogh@teagasc.ie*

Marcia del Campo  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*mdelcampo@inia.org.uy*

Marco Dalla Rizza  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Las Brujas  
*mdallarizza@inia.org.uy*

Maria Eugênia A. Canozzi  
DMV (MSc. Dr.)  
INIA La Estanzuela  
*mecanozzi@inia.org.uy*

Mario Lema  
Ing. Agr. (Dr.)  
INIA Treinta y Tres  
*mlema@inia.org.uy*

Martín Jaurena  
Ing. Agr. (MSc. Dr.)  
INIA Tacuarembó  
*mjaurena@inia.org.uy*

Rafael Reyno  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*rreyno@inia.org.uy*

Roberto San Julián  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA Tacuarembó  
*rosanjulian@gmail.com*

Robin Cuadro  
Ing. Agr. (MSc.)  
INIA Tacuarembó  
*rcuadro@inia.org.uy*

Rodrigo Zarza  
Ing. Agr. (MSc. PhD.)  
INIA La Estanzuela  
*rzarza@inia.org.uy*

Pablo Rovira  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Treinta y Tres  
*provira@inia.org.uy*

Santiago Luzardo  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Tacuarembó  
*sluzardo@inia.org.uy*

Valentín Aznárez  
Ing. Agr. (MSc.)  
Marfrig Group, Uruguay  
*valentin.aznarez@marfrig.com*

Walter Ayala  
Ing. Agr. (PhD.)  
INIA Treinta y Tres  
*wayala@inia.org.uy*









## **INIA Dirección Nacional**

Avenida Italia 6201,  
Ed. Los Guayabos,  
Parque Tecnológico LATU.  
Montevideo  
Tel.: 2605 6021  
[inia@inia.org.uy](mailto:inia@inia.org.uy)

## **INIA La Estanzuela**

Ruta 50, Km 11  
Colonia  
Tel.: 598 4574 8000  
Fax: 598 4574 8012  
[iniale@le.inia.org.uy](mailto:iniale@le.inia.org.uy)

## **INIA Las Brujas**

Ruta 48, Km 10  
Canelones  
Tel.: 598 2367 7641  
Fax: 598 2367 7609  
[inia\\_lb@lb.inia.org.uy](mailto:inia_lb@lb.inia.org.uy)

## **INIA Salto Grande**

Camino al Terrible  
Salto  
Tel.: 598 4733 5156  
Fax: 598 4732 9624  
[inia\\_sg@sg.inia.org.uy](mailto:inia_sg@sg.inia.org.uy)

## **INIA Tacuarembó**

Ruta 5, Km 386  
Tacuarembó  
Tel.: 598 4632 2407  
Fax: 598 4632 3969  
[iniatbo@tb.inia.org.uy](mailto:iniatbo@tb.inia.org.uy)

## **INIA Treinta y Tres**

Ruta 8, Km 281  
Treinta y Tres  
Tel.: 598 4452 2023  
Fax: 598 4452 5701  
[iniatt@tyt.inia.org.uy](mailto:iniatt@tyt.inia.org.uy)

[www.inia.uy](http://www.inia.uy)