

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**UTILIZACIÓN DE RAIGRÁS (*Lolium multiflorum* cv. Jack) EN LA  
ALIMENTACIÓN DE TERNEROS:  
EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE EL CRECIMIENTO,  
COMPORTAMIENTO ANIMAL Y UTILIZACIÓN DE LA PASTURA**

**por**

**Francisco BERRIEL PEREIRA BRASIL  
Lucía CORONEL VARELA  
Marco CUMBAY ALBA**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**PAYSANDÚ  
URUGUAY  
2024**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. (MSc) (PhD) Virginia Beretta

Tribunal:

---

Ing. Agr. (MSc.) (PhD) Álvaro Simeone

---

Ing. Agr. (MSc.) (Dra.). Virginia Beretta

---

Ing. Agr. (Mag.) (PhD.). Stefania Pancini

Fecha:

19 de abril de 2024

Estudiante:

---

Francisco Berriel Pereira Brasil

---

Lucía Coronel Varela

---

Marco Cumbay Alba

## **AGRADECIMIENTOS**

A los tutores de dicho trabajo, los ingenieros agrónomos Virginia Beretta y Álvaro Simeone, por guiarnos, acompañarnos y darnos la oportunidad de realizar este trabajo.

Al personal de campo de la EEMAC, sobre todo al Sr. Diego Mosqueira por haber brindado su apoyo y siempre haber estado a disposición en la realización del trabajo final. A la Ing. Agr. Natalia Zabalveytia, por su disposición y acompañamiento durante el trabajo.

A nuestros compañeros que también realizaron tesis en invierno, en la unidad de producción de carne, por su ayuda, apoyo incondicional y por haber hecho de esto una experiencia enriquecedora.

Finalmente, un reconocimiento especial a nuestros familiares y amigos por el acompañamiento y apoyo recibido durante la carrera universitaria.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| Trabajo final de grado aprobado por:.....                                    | 2         |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>SUMMARY .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>9</b>  |
| 1.1 Objetivo general .....   | 9         |
| 1.2 Objetivos específicos .....  | 9         |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                       | <b>10</b> |
| 2.1 Recría de vacunos .....  | 10        |
| 2.2 Verdeos de invierno.....   | 10        |
| 2.2.1 Rol en los sistemas de producción .....                                | 12        |
| 2.2.2 Producción y calidad del forraje.....                                  | 12        |
| 2.2.3 Problemática de otoño.....   | 13        |
| 2.3 Consumo en pastoreo .....  | 14        |
| 2.4 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la pastura .....               | 15        |
| 2.5 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la ganancia de peso animal.... | 17        |
| 2.6 Hipótesis .....  | 22        |
| <b>3. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>   | <b>23</b> |
| 3.1 Ubicación espacial y periodo experimental.....                           | 23        |
| 3.2 Suelo.....   | 23        |
| 3.3 Clima.....   | 23        |
| 3.4 Animales .....   | 23        |
| 3.5 Pasturas.....  | 23        |
| 3.6 Tratamientos .....   | 23        |
| 3.7 Procedimiento Experimental.....  | 24        |
| 3.7.1 Manejo .....   | 24        |
| 3.7.2 Manejo sanitario .....   | 24        |
| 3.8 Registro y mediciones .....  | 24        |
| 3.8.1 Animales.....  | 24        |
| 3.8.2 Pasturas .....   | 25        |
| 3.8.3 Registros meteorológicos .....   | 25        |
| 3.9 Análisis químico .....   | 26        |
| 3.10 Análisis estadísticos .....   | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4. RESULTADOS .....</b>                                | <b>29</b> |
| 4.1 Características del ambiente .....                    | 29        |
| 4.2 Características de la pastura .....                   | 29        |
| 4.3 Composición química de la pastura .....               | 32        |
| 4.4 Consumo de materia seca y producción individual ..... | 35        |
| 4.5 Ganancia diaria y peso final .....                    | 38        |
| 4.6 Comportamiento animal .....                           | 38        |
| <b>5. DISCUSIÓN.....</b>                                  | <b>40</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>                               | <b>43</b> |
| <b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                               | <b>44</b> |

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

### Tabla N°

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Temperatura media, máxima y mínima y precipitaciones registradas durante el periodo experimental.....        | 29 |
| <b>Tabla 2</b> Efecto de la oferta de forraje (T) y la semana experimental (S) sobre diferentes variables.....              | 30 |
| <b>Tabla 3</b> Análisis de la composición química de la pastura expresado como porcentaje de la materia seca (%MS) .....    | 33 |
| <b>Tabla 4</b> Análisis de la composición química de la pastura expresada como porcentaje de la materia seca (%MS) .....    | 34 |
| <b>Tabla 5</b> Análisis de la composición química por tratamiento, expresado como porcentaje de la materia seca (%MS) ..... | 34 |
| <b>Tabla 6</b> Consumo de materia seca, proteína cruda consumida, ganancia de peso individual y peso final .....            | 36 |

### Figura N°

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Producción raigrás (kg MS/ha) correspondientes el periodo 2004-2022 .....                                   | 13 |
| <b>Figura 2</b> Efecto de la oferta de forraje sobre la ganancia diaria promedio.....                                       | 18 |
| <b>Figura 3</b> Efecto de la oferta de forraje sobre la utilización en pasturas y verdeos .....                             | 19 |
| <b>Figura 4</b> Evaluación de la disponibilidad de materia seca (kgMS/ha) previo al pastoreo, según oferta de forraje ..... | 31 |
| <b>Figura 5</b> Evolución de la altura (cm) de disponible de forraje previo al pastoreo según oferta del forraje .....      | 31 |
| <b>Figura 6</b> Efecto de la oferta de forraje sobre diferentes variables según la oferta de forraje .....                  | 32 |
| <b>Figura 7</b> <i>Efecto de oferta de forraje sobre diferentes variables</i> .....   | 37 |
| <b>Figura 8</b> Consumo de materia seca y disponibilidad de forraje previo al ingreso al pastoreo.....                      | 38 |

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo, regulada a través de la oferta de forraje (kg materia seca/ 100 kg de peso vivo), de una pastura de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) sobre la ganancia media de terneros durante otoño-invierno, la eficiencia de utilización del forraje, el consumo de materia seca, la calidad de la pastura y el comportamiento animal. El experimento fue realizado en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) localizada en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) Facultad de Agronomía, Paysandú (Uruguay) entre el 20 de mayo y el 3 de setiembre de 2022, un total de 106 días. Se utilizaron 36 terneros Hereford, nacidos en la primavera del 2021, pertenecientes al rodeo de cría de la EEMAC, con un peso vivo promedio de  $132,18 \pm 9$  kg, fueron sorteados en 12 grupos (previa estratificación por peso vivo) y estos asignados al azar a los diferentes tratamientos definidos por niveles crecientes de oferta de forraje (OF): 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; kg MS/100 kg de peso vivo, respectivamente. Cada tratamiento estuvo compuesto por 3 repeticiones integradas por 3 terneros pastoreando una parcela independiente. Se realizó pastoreo rotativo, en parcelas con 7 días de ocupación, retornando a esta en función de la biomasa acumulada. Durante el periodo experimental no se detectó un efecto significativo del tratamiento ( $P>0,05$ ) sobre la disponibilidad y la altura prepastoreo o la composición química del forraje ofrecido ( $P>0,05$ ). El remanente y la altura asociada mostraron una respuesta lineal ( $P<0,01$ ), encontrándose el máximo forraje remanente y su altura en la OF 10 %. La utilización presentó una respuesta cuadrática negativa, observándose el menor valor de utilización en la OF de 9,5 %. La ganancia media diaria de peso vivo aumentó linealmente con la OF ( $P<0,001$ ), asociado a un aumento significativo en el consumo de materia seca ( $P<0,001$ ) y aumentos en la concentración de proteína en la dieta, esto último evidenciando por una mayor oportunidad de selección al incrementarse la oferta de forraje. No obstante, no se encontraron diferencias significativas frente a cambios en la OF en la actividad de pastoreo, rumia o descanso ( $P>0,05$ ) ni en la tasa en bocado.

**Palabras clave:** terneros, raigrás, intensidad de pastoreo, crecimiento, consumo de forraje

## SUMMARY

The objective of the work was to evaluate the effect of grazing intensity, which was regulated through the forage supply (kg dry matter/100 kg live weight), of a ryegrass pasture (*Lolium multiflorum* cv. Jack) on the average gain of calves during autumn winter, forage utilization efficiency, dry matter consumption, pasture quality, and animal behavior. The experiment was carried out in the Intensive Meat Production Unit (UPIC) located at the “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (EEMAC) Faculty of Agronomy, Paysandú; Uruguay between May 20 and September 3, 2022, totalling 106 days. Thirty-six Hereford calves, born in the spring of 2021, belonging to the EEMAC breeding herd, with an average live weight of  $132.18 \pm 9$  kg were used. They were drawn into 12 groups (after stratification by live weight) and these randomly assigned to the different treatments defined by increasing levels of forage supply (OF): 2.5; 5.0; 7.5; 10.0; kg MS/100 kg live weight, respectively. Each treatment was composed of 3 repetitions made up of 3 calves grazing an independent plot. Rotational grazing was carried out in plots with 7 days of occupation, returning to it depending on the accumulated biomass. During the experimental period, no significant effect of the treatment was detected ( $P > 0.05$ ) on the availability and pre-grazing height, or the chemical composition of the forage offered ( $P > 0.05$ ). The remnant and the height associated with it showed a linear response ( $P < 0.01$ ) with the maximum remaining forage and its height found in the OF 10 %. Utilization presented a negative quadratic response, with the lowest utilization value observed in the OF of 9.5 %. The average daily live weight gain increased linearly with OF ( $P < 0.001$ ), associated with a significant increase in dry matter consumption ( $P < 0.001$ ) and increases in the concentration of protein in the diet, the latter evidenced by a greater opportunity for selection by increasing the supply of forage. However, no significant differences were found with changes in OF in grazing, rumination or rest activity ( $P > 0.05$ ) or in bite rate.

*Keywords:* calves, ryegrass, grazing intensity, growth, forage consumption

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción ganadera tiene una larga tradición en la historia del país; aporta componentes fundamentales de la economía nacional y contribuye de forma destacada a las exportaciones (Pereira, 2003).

En nuestro país se da una marcada estacionalidad en el crecimiento del campo natural primavera-estival, ya que predominan las gramíneas estivales, con una máxima producción en primavera y una mínima en invierno. Según Quintans et al. (1994), durante el invierno se da una pérdida de peso en estas categorías, la que puede alcanzar hasta un 20 %, incluso pudiéndose registrar mortandad de animales. Debido a esta marcada estacionalidad, se busca aumentar esa producción invernal mediante verdeos, lo que resulta una buena alternativa para utilizar en categorías de altos requerimientos como es la recría de terneros. La etapa de recría es una de las más importantes en la vida del animal, ya que una mala nutrición en esta etapa puede traer efectos irreversibles tanto para la reproducción como en el engorde.

Si bien el campo natural es una excelente opción productiva, la respuesta animal estará estrechamente relacionada con la estrategia del pastoreo utilizada. El ajuste de la oferta de forraje (kg materia seca/100 kg peso vivo) a la cual se manejen los terneros es un elemento clave a la hora de evaluar la ganancia de peso vivo, asociado a su relación con el consumo de forraje, la selección y la eficiencia de utilización.

Los verdeos más utilizados en la alimentación de terneros son los anuales, como la avena forrajera y el raigrás, utilizando variedades convencionales como avena RLE 115 y raigrás 284.

Actualmente, en el marco del proyecto Cuatro Estaciones en la UPIC se ha comenzado a trabajar sobre un nuevo cultivar de verdeo de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack), el cual es diploide, de macollos y hojas intermedias, con buen comportamiento sanitario, que se destaca por su rápida producción inicial a pesar de ser tardío y de origen italiano (Gentos, 2024). Para este cultivar se está comenzando a generar un volumen de información que es utilizada para definir un criterio de manejo de la pastura y que optimice la performance animal (Beretta et al., 2023).

### 1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo, regulada a través de la oferta de forraje (kg materia seca/ 100 kg de peso vivo), de una pastura de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) sobre el crecimiento animal, producción de carne invernal por unidad de área, y eficiencia de utilización del forraje.

### 1.2 Objetivos específicos

Generar la curva otoño-invernal de ganancia de peso vivo de terneros y cuantificar la producción de carne por unidad de área en respuesta a aumentos en la oferta de forraje. Estimar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción, calidad del forraje ofrecido y utilización del mismo. Evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre la dinámica de defoliación y comportamiento ingestivo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Recría de vacunos

La recría es considerada la etapa de desarrollo del animal desde el destete hasta el momento del ingreso a la invernada en los machos. Es la etapa de la vida en que este es más eficiente en la conversión de alimento en músculo; a su vez, se ve favorecido en la medida en que la calidad del forraje ofrecido es mayor (Brito & Fiol, 2006).

Según Simeone et al. (2008):

La recría de terneros en nuestro país se ha caracterizado por bajas ganancias de peso, explicadas por el bajo plano nutricional al que son sometidos los terneros. Esto repercute en bajos pesos de los novillos de año y medio lo que dificulta su terminación a los dos años, debiendo permanecer muchas veces un verano más en el establecimiento, con las consiguientes dificultades en el engorde de ganado durante esta estación. (pp. 38-41)

Según Quintans et al. (1994), el campo natural, que representa la mayor superficie donde se encuentra la recría de nuestro país, presenta una marcada estacionalidad con una oferta en cantidad y calidad durante los meses de invierno, que es limitante para la producción ganadera. Los terneros, a pesar de su alto potencial de crecimiento, presentan, bajo estas condiciones de pastoreo, un lento crecimiento, que impide una temprana edad de faena.

La búsqueda de alternativas forrajeras para solucionar la problemática otoño-invernal basada en la implementación y utilización de verdeos de invierno asegura el suministro de forraje de calidad en forma parcial o total, y acompaña los requerimientos de las distintas categorías de animales (Carámbula, 2007).

### 2.2 Verdeos de invierno

Los verdeos de invierno se definen según Zanoniani y Noëll (2002) como gramíneas anuales que producen gran volumen de forraje en un periodo corto de tiempo, en este caso en la estación invernal. Son muy utilizados para cubrir deficiencias normales ocurridas en dicha estación del año. Las especies que se utilizan para realizar verdeos invernales son avena, trigo, cebada, centeno y triticale, que pertenecen al grupo de los cereales de invierno forrajeros. Pero también se puede utilizar raigrás anual (Carámbula, 2007). Las especies más utilizadas para verdeo de invierno son avena y raigrás.

#### a) Avena

Se caracteriza por presentar fechas de siembra tempranas en otoño, precocidad otoñal, mayor susceptibilidad al ataque de roya y pulgón comparado con otros verdeos (Zanoniani & Ducamp, 2000). Por lo contrario, presenta mínima resistencia a las bajas temperaturas y a la sequía. Igualmente es elegida por productores debido a la ternura de los foliolos, fácil secado de henos y buena apetecibilidad (Carámbula, 2007).

Dentro de este género se encuentran varias especies, siendo las más importantes *Avena byzantina*, *Avena sativa* y *Avena strigosa* (Moreyra et al., 2014).

*Avena byzantina*: presenta macolla poco comprimida, intravaginal. Vaina glabra o con escasos pelos algunas veces. Lámina ciliada, de longitud entre 10 a 42 cm y ancho 5 a 21 mm, prefoliación convolutada. Lígula truncada a obtusa. Es anual, invernal y el tipo productivo es fino (Rosengurtt et al., 1970). Carámbula (2007) afirma que es la especie más recomendada para utilizar en verdeos, ya que los cultivares de esta presentan ciclo largo, buena capacidad de macollaje y porte rastrero. Por el contrario, se puede dar disminución en rendimientos de granos debido al vuelco, ya que la especie presenta tallos finos (Zanoniani & Ducamp, 2000).

*Avena sativa*: se denomina comúnmente *avena blanca*. Su macolla es poco comprimida, intravaginal. En cuanto a la vaina, es vellosa en las hojas inferiores y glabra en las superiores. Lámina de entre 14 a 40 cm con un ancho de entre 5,5 a 22 mm, prefoliación convolutada. Lígula obtusa. Es anual, invernal y de tipo productivo fino (Rosengurtt et al., 1970). Es una especie de ciclo más largo en comparación a *Avena byzantina*, lo que conlleva a que tenga la ventaja comparativa de presentar alta producción de forraje en los meses de primavera, que a su vez se explica por la presencia de cañas duras (Carámbula, 2007).

*Avena strigosa*: al igual que los dos casos antes descritos presenta macolla comprimida, intravaginal. Presenta hoja glabra. Vaina entera en las primeras hojas de cada macolla. Longitud de la lámina de entre 10 a 48 cm y ancho 2 a 10 mm, prefoliación convolutada. Lígula obtusa. Es anual, invernal y de tipo productivo fino (Rosengurtt et al., 1970).

En comparación a los otros cuatro cereales mencionados, la avena es la que presenta máxima calidad, explicado por tallos finos y bajos contenidos de fibra (Miller, 1984a y 1984b, y Millot et al., 1981c, como se cita en Carámbula, 2007).

#### b) Raigrás (*Lolium multiflorum*)

Se trata de una gramínea de abundante producción de forraje; es de mayor producción en comparación a los cereales antes mencionados.

Es un verdeo de ciclo más largo, con menor precocidad, menor tamaño de semilla, pero con más capacidad de macollaje y mayor respuesta al agregado de nitrógeno en comparación a avena (Zanoniani & Ducamp, 2000). Además, se trata de una especie que se adapta correctamente a climas templados. Resiste al pisoteo de los animales. Sin embargo, presenta raíces superficiales que llevan a que tolere poco la sequía (Moreyra et al., 2014).

Este verdeo permite utilizaciones de hasta mediados de primavera, dado que proporciona forraje más tarde que el resto de los verdeos invernales (Moreyra et al., 2014).

Se caracteriza vegetativamente por presentar macolla rolliza o poco comprimida, intravaginal. Hoja glabra. Vaina con matices rosados a rojizos, siendo entera en las primeras hojas de cada macollo. Lámina plana, con nervadura media en algunos casos poco perceptible. La cara exterior es lisa y muy brillante, presenta

una longitud de 5 a 30 cm y un ancho de entre 3 a 11,5 mm. Lígula oblicua en las hojas superiores. Es anual invernada y de tipo productivo fino (Rosengurtt et al., 1970).

Zanoniani y Ducamp (2000) clasifican al *Lolium multiflorum* según sus requerimientos de frío para florecer y su ploidía: sin requerimientos de frío, que pueden ser diploides o tetraploides, y con requerimientos de frío y tetraploides.

Gutiérrez y Calistro (2013) clasificaron en tres categorías: *Westerwoldicum*, *Multiflorum* o italiano y los híbridos. Los *Westerwoldicum* son anuales, no presentan requerimientos de frío para florecer, lo que conlleva a que los macollos florezcan sin importar la fecha de siembra. Los *Multiflorum* presentan requerimientos de frío, por lo que los macollos que aparecen a fines de invierno y primavera no florecen, lo que permite que ingresen a la estación estival en estado vegetativo y comportarse como bianual. Por último, los híbridos o de rotación corta son híbridos de raigrás anual y perenne, que pueden presentar variaciones según el cultivar, teniendo un comportamiento más similar a los anuales o los perennes.

### 2.2.1 Rol en los sistemas de producción

La inclusión de verdes de invierno en los sistemas agrícola-ganaderos no solo depende de factores biológicos, sino que también de factores económicos, debido a que la utilización de este tipo de tecnologías presenta altos costos. Según Gayo (1996), los verdes de invierno compiten muy bien con la inclusión de otra fuente de alimento como son los concentrados. A su vez, este tipo de pasturas puede reemplazar la utilización de forrajes conservados, dependiendo de la calidad de alimento requerido para las diferentes producciones animales (Carámbula, 2007).

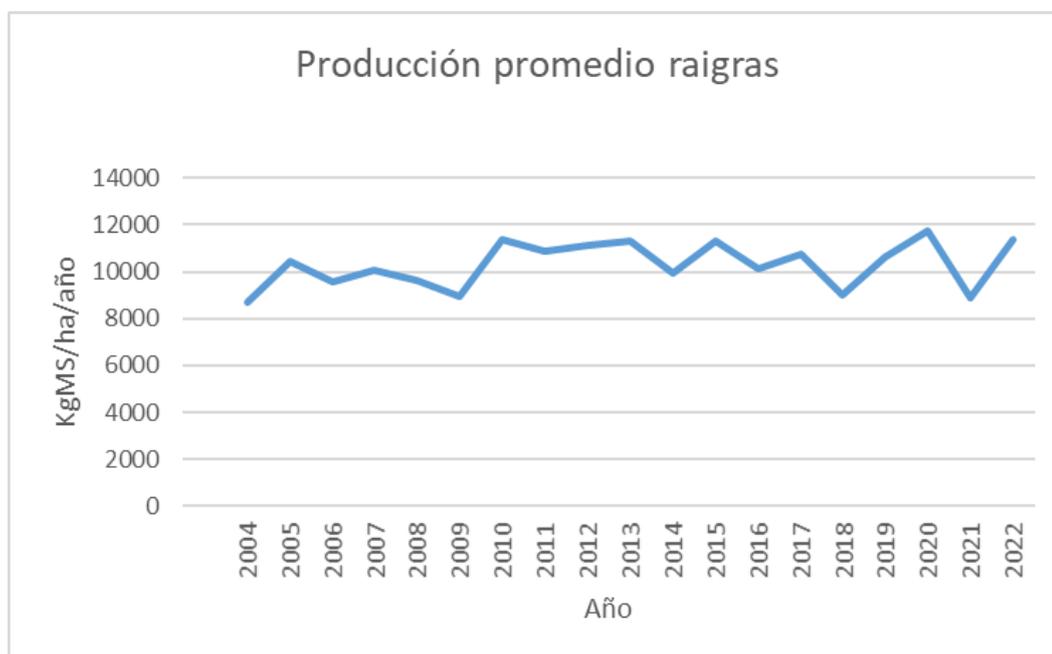
### 2.2.2 Producción y calidad del forraje

En cuanto a la producción anual del verdeo de raigrás, se toma como punto de partida en la búsqueda de información lo reportado por Leborgne (2014), quien reporta una producción de 7000 kg MS/ha/año con una distribución de 18 % en otoño, 40 % en invierno y 42 % en primavera. En bibliografía más actual se reportan producciones un poco mayores: 7360 kg MS/ha/año según García (2003) y 7200 a 7700 kg MS/ha/año promedio en la región de Marcos Juárez, Córdoba (Argentina) según Amigone et al. (2010).

Por otra parte, la información de la red de evaluación del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y el Instituto Nacional de Semillas (INIA & INASE, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022), Castro et al. (2004, 2005), Castro y Pereyra (2009), Vilaró et al. (2006) y Vilaró y Pereyra (2007, 2008) reportan, para la producción promedio de los materiales utilizados en la evaluación nacional de cultivares desde el año 2004 hasta el año 2022, los valores de producción que se presentan en la figura 1.

**Figura 1**

*Producción raigrás (kg MS/ha) correspondientes el periodo 2004-2022*



*Nota.* Elaborado a partir de Castro et al. (2004, 2005), Vilaró et al. (2006), Vilaró y Pereyra (2007, 2008), Castro y Pereyra (2009) e INIA e INASE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

Es importante tener en cuenta que los verdeos de invierno independiente de la especie y su cultivar realizan un aporte de forraje de excelente calidad. Se caracterizan por presentar una adecuada producción de materia verde además de una rápida implantación y rápido aporte de volumen de forraje (Perrachon, 2009); tienen destacado valor nutricional ya que presentan en general un 18 % de proteína, 70 % de digestibilidad (Moreyra et al., 2014) y cuentan con alto contenido de agua, en torno a 85-90 %. Sin embargo, presentan bajo contenido de fibra, baja concentración de minerales y una baja relación energía/proteína (Lanciridad & Loza, s.f.).

Este tipo de pasturas presenta un alto contenido de agua en los meses de otoño (85 %), 25 % de proteína, y 10 % de carbohidratos solubles aproximadamente, según Kent (2019). Estos valores varían hacia el final del invierno dado que se da el pasaje a estado reproductivo, disminuyendo el contenido de agua a 70 % aproximadamente, menos de 15 % de proteína y más de 20 % de carbohidratos solubles y un aumento de contenido de celulosa y hemicelulosa (Kent, 2019). Similares valores son reportados por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, s.f.).

### 2.2.3 Problemática de otoño

Como se mencionó anteriormente, los verdeos de invierno son de excelente calidad nutricional, pero existe un conjunto de factores que limitan la ganancia de peso en los meses de otoño. Según Elizalde y Santini (1992), la composición química del forraje en los meses de otoño resulta en un desbalance energético-proteico. Este desbalance varía según el estado fisiológico de la pastura,

lo que determina que se den cambios en la fracción de proteína y energía que consume el animal.

A su vez, este desbalance genera cambios en la producción de ácidos grasos volátiles, ya que cuando el animal consume forraje con menores contenidos de carbohidratos solubles la relación acética-propiónica es mayor, dado que la fermentación produce mayor cantidad de acético. Lo que lleva a menores ganancias de pesos en otoño en comparación con los meses de primavera.

El mayor contenido de proteínas de la pastura, a su vez de alta degradabilidad, y la falta de una fuente de energía de rápida degradación genera que se dé un exceso de nitrógeno en rumen. El  $N-NH_3$  se pierde por las paredes ruminales y se elimina como urea por la orina, generándose un gasto de energía que deja de estar disponible para la ganancia de peso (Méndez & Davies, 2003).

A su vez, Gallardo (1999) afirma que en la estación de otoño las pasturas tienen alto contenido de agua intracelular, y dadas ciertas condiciones ambientales (lluvias o presencia de rocío) también puede aumentar el contenido de agua extracelular, lo que lleva a que el valor energético de las pasturas se diluya y además baje el consumo voluntario.

También en dicho periodo del año las paredes celulares son frágiles y es bajo el nivel de fibra, por lo que la velocidad de pasaje es alta, lo que reduce la fermentación ruminal y genera disminución en la actividad de masticación y rumia.

### 2.3 Consumo en pastoreo

En este capítulo es importante mencionar que la ganancia de peso, mantenimiento y la producción de leche dependen en mayor medida del consumo de alimentos (Bondi, 1989). Este va a depender de la edad animal, apetito, estado fisiológico y las características específicas de los alimentos, los cuales están condicionados por la digestibilidad.

El consumo animal en pastoreo depende del consumo potencial, que está determinado por el animal (tamaño corporal adulto, edad y estado fisiológico), y del consumo relativo, que es lo que el animal efectivamente consume con base en las características de la pastura, lo cual a su vez está relacionado directamente con las características químicas y físicas de esta (Australian Feeding Standard, 1994, como se cita en García López et al., 2008).

Existen factores que son propios del animal, como son densidad y jerarquía, y además factores del hábitat (estructura de las pasturas, densidad de especies de plantas, facilidad de acceso a los forrajes y estaciones) (Tarazona et al., 2012). Poppi et al. (1987) describen al consumo como afectado por factores no nutricionales, tales como la habilidad de los animales para cosechar la pastura, y factores nutricionales, como la digestibilidad de la pastura, tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal. El consumo se limita cuando se satisfacen los requerimientos nutricionales, pero el consumo total está afectado tanto por factores físicos como fisiológicos del animal y de la planta.

Por otra parte, existe el mecanismo metabólico que está estrechamente relacionado con el sistema nervioso central. Dado que este mecanismo funciona con señales del tipo químicas hacia el hipotálamo, como por ejemplo la concentración de ácidos grasos volátiles, los cuales son producto de la fermentación ruminal (Van Soest, 1994). En tal sentido, Van Soest (1994) afirma que tanto acético como butírico son los más efectivos en generar señales para la finalización del consumo.

Estos mecanismos reguladores dependen de la calidad y cantidad de forraje; si tenemos forraje en cantidad alta, el control se da por distensión ruminal, pero cuando es de muy alta calidad, se da por mecanismo metabólico (Cangiano, 1996).

Con base en esto, se puede decir que el consumo en el largo plazo está controlado por el balance energético del animal, y en el corto plazo es afectado por la combinación de factores estructurales de la planta, influyendo sobre tasa de ingestión, efecto del masticado en el llenado del tracto gastrointestinal, afectando el complejo apetito-saciedad (Forbes, 1988). También se ve afectado por las estrategias de manejo que ejercen los humanos sobre las pasturas (Tarazona et al., 2012).

Otra variable importante que afecta el consumo es la altura de la pastura, ya que está relacionado significativamente con la profundidad de bocado (Demment & Laca, 1994), por lo tanto, al afectar la profundidad de bocado repercute en el peso de bocado, dando como resultado un menor nivel de consumo (Willoughby como se cita en Norbis, 1991). Dentro de ciertos límites, el bajo peso de bocado puede ser compensado por el aumento en el tiempo del pastoreo o la tasa de bocado (Stakelum & Dillon, 1989, como se cita en Chilibroste, 1998). Hodgson y Jamieson (1979) afirman que pueden existir limitantes en el consumo, tanto con bajas y altas alturas de forraje por problemas de aprensión, pero indica que son mayores los beneficios con pasturas altas que las desventajas.

Por último, tenemos el componente disponibilidad, ya que a medida que aumenta la disponibilidad de forraje aumenta el consumo, hasta llegar a un punto de estabilización ocurrido por la saturación del animal (Illius & Gordon, 1990). Esta saturación se debe a que al aumentar la disponibilidad del forraje baja la calidad de este por la acumulación de restos secos; a menor disponibilidad, mayor calidad, pero menor cantidad, y pasa a ser insuficiente para cubrir con los requerimientos (Carámbula, 1996).

#### 2.4 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la pastura

Según Perrachon (2009), la intensidad de pastoreo es la altura del forraje remanente luego de un pastoreo. Realizar pastoreos intensos significa dejar poco forraje remanente, definiéndolo como *sobre pastoreo*. Por otro lado, pastoreos menos intensos deja una altura de remanente mayor.

La mayor intensidad de pastoreo influye positivamente en la cantidad de forraje cosechado, pero negativamente en la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 2004). Siguiendo con la idea anterior, Chilibroste et al. (2008) afirman

que los pastoreos más intensos reducen la producción de forraje en kg de materia seca por hectárea; por otro lado, el porcentaje de utilización del forraje es mayor, ya que la remoción del forraje verde aumenta y disminuyen las pérdidas por senescencia.

Por otra parte, un manejo severo continuo puede generar una reducción en el vigor de las plantas por bajas reservas, áreas foliares remanentes bajos y efectos perjudiciales en los puntos de crecimiento, que conduce a sistemas radiculares poco desarrollados (Carámbula, 2004).

La eficiencia de uso de las pasturas y su conversión en producción secundaria está estrechamente relacionada a la intensidad de pastoreo, donde puede ser regulada a través de la oferta de forraje (OF), expresada como kg de materia seca (MS) que se asignan cada 100 kg de peso vivo (Beretta et al., 2019).

Carámbula (2004) sostiene que la importancia del remanente sea realmente eficiente. El remanente debe estar formado por hojas nuevas, con un mínimo de restos secos, compensando temporalmente los eventuales IAF bajos. Por consiguiente, sostiene que cada especie tiene una altura mínima a la cual puede dejarse el remanente, sin afectar negativamente el crecimiento posterior. Por este motivo las especies postradas aceptan alturas de remanente menores que las erectas y se recomienda pastorear hasta una altura no menor de 2,5 cm para el caso de las postradas y en el rango de 5-7,5 cm en el caso de las erectas.

En sistemas de pastoreo rotativo e intensos el máximo consumo se logra cuando la altura de la pastura está en un entorno a un remanente de 8 a 10 cm, y cuando los animales son forzados a seguir pastoreando a alturas remanentes de 5 cm o menores, el consumo disminuye a un rango de 10 a 15 % (Minson, como se cita en Rovira, 1996).

La recomendación general para verdeos es trabajar con pastoreos rotativos, utilizar altas cargas, ingresar los animales a la pastura cuando la planta llega a los 20 cm y dejar una altura de rastrojo de al menos 5 cm. Los periodos de descanso varían según la especie, pero generalmente deberían ser de aproximadamente 50 días. Pastoreos de estas características mejoran notablemente la utilización y producción, ya que evita el sobrepastoreo o subpastoreo (Zanoniani & Noëll, 2002).

Perrachon (2009) afirma que, para los raigrases, a una altura de 15 cm alcanza una disponibilidad de 1 a 1,5 tonelada de MS/ha, momento adecuado para el ingreso de los animales. Siguiendo con lo anterior, Lázaro (2015) afirma que la altura a la que se pastorean las pasturas tiene un efecto directo en la producción primaria (forraje) y en la producción animal, y además tiene un efecto sobre su persistencia.

Zanoniani y Noëll (2002) afirman que se debe evitar altas acumulaciones de forraje, debido a que generalmente está asociado a altas proporciones de hojas secas y, por lo tanto, a desperdicio de pasto y mayor probabilidad de enfermedad de plantas.

## 2.5 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la ganancia de peso animal

La producción animal ejerce influencias a largo plazo sobre la composición de la pastura, fertilidad de suelo y estabilidad biológica y económica del sistema (Deregibus, 2009a). Para poder tomar decisiones que nos permitan utilizar los recursos forrajeros es necesario estar en conocimiento con los principales componentes de los ecosistemas pastoriles, como son las plantas forrajeras, herbívoros y los organismos del suelo, ya que son ellos los que determinan los flujos de energía, agua, nutrientes y procesos de sucesiones en la comunidad herbácea.

Las acciones para poder optimizar el funcionamiento de estos ecosistemas pastoriles no se puede estudiarlas por separado, como maximización en la producción de forraje o la ingesta por parte de los animales en producción, sino como una interacción entre las plantas y los animales que afectaran los flujos de productividad, senescencia y su consumo (Deregibus, 2009a). Esto implica una planificación de una serie de acciones consecutivas, como es la ejecución (a través de la oferta de forraje), el monitoreo (seguimiento de la pastura y de la ganancia de peso), la evaluación de los resultados parciales (ganancia de peso/día y há) y, finalmente, realizar ajustes si fuera necesario. El control de este proceso genera aumentos en la eficiencia de uso de los recursos como son las pasturas (Lombardo, 2012).

Una de las variables por la cual se puede manejar la producción de las pasturas es el IAF (índice de área foliar). En la medida que pasa el tiempo después de una defoliación el IAF de las pasturas aumenta; como consiguiente, aumenta la fotosíntesis (Deregibus, 2009a). La optimización de la cantidad de forraje removido requerirá de utilizaciones diferentes, para distintas modalidades de pastoreo (continuos e intermitentes), que están en rango de maximizar el crecimiento manteniendo alto el IAF o maximizando la cosecha con altas cargas y frecuencias. O sea que cuanto mayor es el IAF, la intensidad de pastoreo que se define por los kilogramos de MS de pasto ofrecido a los animales por cada 100 kg de peso vivo por día de pastoreo fue menor, produciéndose pérdidas en la producción potencial de forraje debido al efecto de sombreado sobre la capacidad fotosintética. Además, pasturas mantenidas con alto IAF, la tasa de consumo de forraje y la eficiencia de utilización tenderán a disminuir, teniendo como resultado una menor densidad de macollos y una baja relación hojas verdes/tallos (Deregibus, 2009b). La escasez de carbohidratos y otros metabolitos esenciales generada por una defoliación es seguida por una reoferta de los recursos, que provoca que las plantas permitan tener una supervivencia y la recuperación de su área foliar. Consiguientemente, la raíz deja de crecer y la parte aérea monopoliza el destino de los recursos (carbohidratos y metabolitos), invirtiéndolos en su nuevo tejido foliar (Deregibus, 2009b).

El potencial de ganancia de peso vivo en vacunos en crecimiento y engorde sobre pasturas, varía de acuerdo a las características de la base forrajera, como se mencionó anteriormente, en conjunto con la intensidad de pastoreo, ya que son factores que interactúan entre sí. A esto se suma el potencial diferencial de respuesta de las diferentes categorías animales de acuerdo a sus requerimientos nutricionales y composición de la ganancia en términos de

músculo y grasa, aspectos que afectan a la eficiencia de conversión (Simeone & Beretta, 2005).

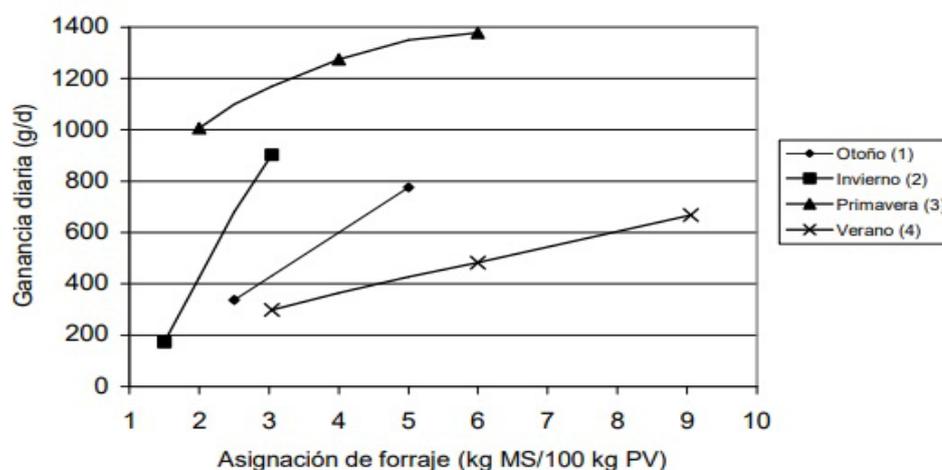
Por lo tanto, las altas ofertas resultan en menor intensidad de pastoreo y mayor altura de la pastura, y conducen a un alto consumo de forraje y ganancia de peso por animal. A medida que la OF de forraje se reduce (dentro de un determinado rango), la carga aumenta, cae la producción individual por animal y aumenta la producción de carne por hectárea. Estas relaciones no son directamente lineales, sino que generalmente tienden a ser cuadráticas, variando la oferta que optimiza la función, dependiendo del tipo y condición de pastura, época del año, entre otras (Beretta et al., 2019).

Como consecuencia de lo anterior, la ganancia de peso en respuesta a la intensidad de pastoreo varía de acuerdo a la estación del año, tipo de pastura y categoría que pastorea (Simeone & Beretta, 2005).

Trabajos realizados por Simeone y Beretta (2004) con novillos Hereford pastoreando a diferentes asignaciones de forraje en verdeos y praderas en distintos momentos del año cuantifican estas respuestas (figura 2).

### Figura 2

*Efecto de la oferta de forraje sobre la ganancia diaria promedio*



*Nota.* Novillos Hereford pastoreando verdeos o praderas en distintas épocas del año. Tomado de Simeone y Beretta (2004).

Siguiendo con lo anterior, Simeone et al. (2008) afirman que el tipo de respuesta en las ganancias diarias en terneros frente a diferentes asignaciones de forraje, cuando pastorean praderas sembradas en invierno y primavera, es igual a la reportada para novillos en las mismas estaciones, pero con valores de ganancia menores. Los rangos de oferta de forraje evaluados en cada estación (primavera, otoño, invierno y verano) responden a los cambios esperados en calidad en la medida que avanza su estado de madurez. Cuando la pastura es de buena calidad (invierno-primavera) se espera el máximo consumo con menores niveles de oferta (Beretta & Simeone, 2008). En estas condiciones la ganancia diaria es muy sensible a cambios en la AF, principalmente en invierno, en donde

la disponibilidad del forraje es limitante y un buen control riguroso en el pastoreo es fundamental para asegurar una excelente performance (Beretta & Simeone, 2008).

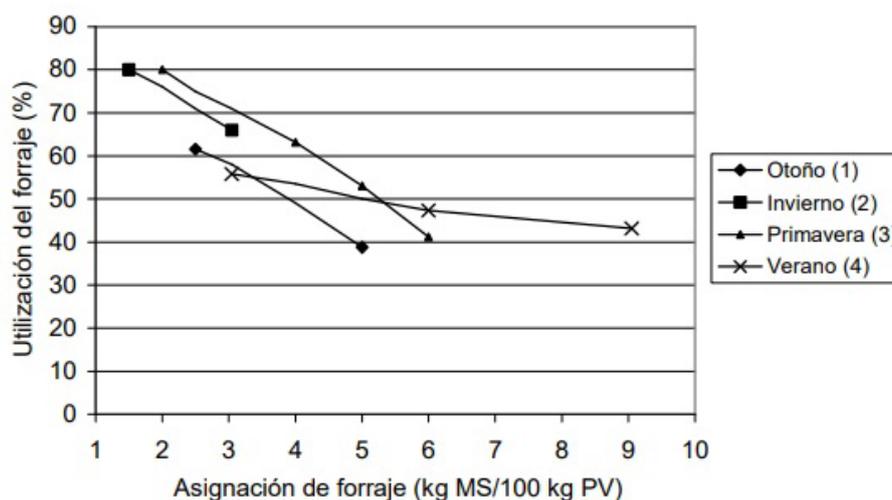
Por otra parte, en la medida que la oferta de forraje disminuye, los factores no nutricionales adquieren importancia en el nivel de consumo. En estas circunstancias aumenta la dificultad para cosechar el forraje, deprimiendo el consumo animal (Poppi et al., 1987). No solo bajos niveles de oferta de forraje causan una disminución en el consumo, sino también los muy elevados. Con bajas asignaciones de forraje, reduce la cantidad de forraje ingerido, ya que disminuye el peso de bocado. Contrariamente, con una oferta excesiva, se realiza un pastoreo selectivo, reduciendo la cantidad de forraje consumido (Reinosso Ortiz & Soto Silva, 2006).

Es posible mejorar la performance individual realizando un pastoreo más aliviado, esto a expensas de una menor utilización de la pastura, afectando la producción de carne por hectárea y el resultado económico del sistema (Beretta & Simeone, 2008).

Simeone y Beretta (2004) reportaron datos de cómo varía la utilización del forraje según su aumento en la oferta en diferentes estaciones.

### Figura 3

*Efecto de la oferta de forraje sobre la utilización en pasturas y verdeos*



*Nota.* Pastoreados por novillos Hereford en distintas épocas del año. Tomado de Simeone y Beretta (2004).

#### 2.5.1 Frecuencia de pastoreo

La frecuencia de pastoreo se refiere al intervalo entre dos utilidades sucesivas de un mismo potrero, define cuándo pastorear y determina la cantidad de pasto acumulado al ingresar a una nueva franja y su composición morfológica (proporción de hojas, tallos y material muerto). Tanto la cantidad de pasto presente

como su composición afectan directamente la disponibilidad y la calidad nutritiva del forraje (Parga & Teuber, 2006).

Permitir un descanso (que concede la acumulación de las reservas necesarias para un rápido rebrote) y optimizar la disponibilidad y la cosecha de hojas verdes por el animal al momento del pastoreo son los objetivos buscados para un óptimo control de la frecuencia de pastoreo (Parga & Teuber, 2006). Carámbula (2004) sostiene que a mayor frecuencia, menor es el tiempo de crecimiento entre dos pastoreos sucesivos, y la producción de forraje de cada uno de ellos será más baja. A su vez, la frecuencia no dependerá solamente de la especie y de la época del año en la cual se realice, sino que también va a estar determinada por la velocidad en alcanzar un nivel adecuado de forraje, aspecto determinado por el IAF óptimo.

El impacto del pastoreo sobre el crecimiento de la planta es una reducción en la capacidad fotosintética asociado a una disminución en su área foliar. Las especies de plantas sobreviven a los efectos del pastoreo mediante varias estrategias, como la reducción en la probabilidad de ser pastoreada o el remplazamiento rápido de área foliar removida. Atributos morfológicos y bioquímicos influyen en la probabilidad y severidad del pastoreo, y afectan a la accesibilidad del tejido y la palatabilidad. Por otro lado, procesos fisiológicos y disponibilidad de los meristemas confieren a la planta la capacidad de reemplazar tejido removido en forma rápida y eficiente (Loza, 1993).

Siguiendo con lo anterior, Loza (1993) sostiene que la capacidad de reposición de área foliar removida por los animales herbívoros depende en mayor medida, del número, fuente y localización de los meristemas. El nuevo crecimiento después de una defoliación ocurrirá más rápidamente a partir de los meristemas intercalares, luego por el meristema apical y, por último, de las yemas axilares. Esto se debe a que el crecimiento de los meristemas intercalares resulta de la expansión de células ya diferenciadas. Por otra parte, mientras que las yemas axilares aseguran la permanencia de la especie mediante la producción de tallos, los meristemas intercalares tienen limitada actividad, ya que solo promueven el crecimiento de ese fitómero. Cuando el meristema apical es removido a causa del pastoreo, el reemplazo del área foliar debe provenir de las yemas axilares, lo cual requiere de un mayor tiempo después de una defoliación.

Las plantas que son desfoliadas presentan una proporción mayor de hojas más jóvenes; por consiguiente, las hojas más jóvenes están cerca al estado de plena expansión exhibiendo tasas fotosintéticas máximas en comparación a hojas más viejas. Como consecuencia, se incrementa la capacidad fotosintética de las plantas (Deregibus, 2009b). Por lo tanto, después de una defoliación es necesario que se deba permitir la recuperación de las plantas para que reestablezcan el flujo de energía, la circulación de nutrientes, así como también el reclutamiento de nuevos individuos, etc. Este descanso les permite rebrotar, la recuperación de tejido foliar y acumular reservas para luego ser sometidas nuevamente a otra defoliación (Deregibus, 2009b). Por lo que, una vez se definen los periodos de ocupación, la duración del periodo de descanso debería ser lo suficientemente largo para poder lograr la recuperación de plantas. Por otro lado, los autores afirman que cualquier metodología de pastoreo se debe alternar periodos de

descansos con pastoreos que logren optimizar la captura de energía y nutrientes por parte de las plantas y los animales. Por último, Carámbula (2007) afirma que se debería dejar un remanente no menor a 6-7 cm en verdeos de invierno, siendo más fácil de realizar cuando en el pastoreo se hacen rotaciones con los animales en varias parcelas, lo que evita el sobrepastoreo y favorece una refoliación más rápida.

### 2.5.2 Producción individual y por unidad de área

La carga animal es el número de animales por unidad de superficie. Se lo puede expresar como cabezas por hectárea o equivalente vaca por hectárea. Es el aspecto de manejo más importante, el que define en gran parte la producción del rodeo y la estabilidad ecológica y productiva de los pastizales. (Luisoni, 2010, p. 1)

Como bien expresan Bavera y Bocco (2001), manejos en la carga permiten equilibrar la demanda de los animales con las distintas disponibilidades de forraje que ofrecen las pasturas, los verdeos, etc. con el objetivo de maximizar la eficiencia económica de la empresa ganadera. La carga constituye la cosechadora de forraje de un establecimiento ganadero, siendo este el medio fundamental para manejar las pasturas y verdeos, no solo con el objeto de cosechar una óptima proporción de forraje disponible, sino también para que produzcan la máxima cantidad de forraje. Una alta carga animal sin un manejo adecuado termina en sobrepastoreo, que deprime la producción de pasturas. En otro extremo, el subpastoreo significa perder producción de carne, y también deprime la producción de forraje.

Mott (1973) como se cita en Maschio et al. (2020) refiere un modelo que relaciona la carga y producción animal, donde a bajas cargas el rendimiento individual es relativamente insensible al aumento de carga, y resulta en incrementos en la producción por hectárea. Por lo tanto, aumentar la carga deriva en un aumento de la producción de carne por unidad de superficie, sin afectar la ganancia individual de los animales. Por otra parte, por debajo de una oferta de forraje crítica, en relación con el porcentaje del peso vivo, la producción individual cae hasta un punto donde la caída es tan grande que afecta la producción por superficie. Por ende, el rango óptimo en la carga se sitúa cuando se iguala a la disponibilidad de forraje.

Beretta y Simeone (2008) aseguran que aumentando la carga mejora la utilización del forraje producido y, consecuentemente, la producción de carne/ha. A su vez, como contraparte, incrementos en la carga tienden a disminuir la ganancia individual. Si bien esta menor producción por animal es compensada (dentro de un determinado rango de cargas) por el mayor número de animales por hectárea, resulta una limitante bajo determinadas circunstancias en que se desea priorizar la ganancia individual, como lo es el caso de los animales en terminación.

Afirmando lo expresado anteriormente, Luisoni (2010) expresa que la carga afecta la ganancia de peso individual y la producción de carne por hectárea. En la medida que aumenta la carga, baja la ganancia individual y aumenta la producción por superficie hasta cierto nivel. Además, afecta los índices

reproductivos, como por ejemplo el porcentaje de preñez, la condición corporal, los tiempos en el cual transcurre la recría y el engorde.

## 2.6 Hipótesis

Para una pastura de raigrás Jack utilizada por terneros en otoño-invierno, niveles crecientes de oferta de forraje (OF, kg MS/100 kg de peso vivo) reducen la intensidad de pastoreo y mejoran la ganancia diaria de peso. Para un rango amplio de OF variando entre 2,5 y 10 kg MS/100 kg de peso vivo, la respuesta no es lineal, sino que existe un valor de óptimo de OF que maximiza la GMD. La respuesta en ganancia diaria estaría medida por cambios en el consumo, la selección y el comportamiento animal.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación espacial y periodo experimental

El experimento se realizó en la Unidad de Producción intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, ubicada en el kilómetro 363 de la ruta nacional número 3 en el departamento de Paysandú, Uruguay. El periodo experimental estuvo comprendido entre el 27 de mayo y el 2 de setiembre de 2022.

#### 3.2 Suelo

El área experimental se encuentra sobre la formación Fray Bentos, dentro de la unidad San Manuel, donde predominan mayormente brunsoles éutricos típicos de textura limo arcilloso, de drenaje moderado y asociados a suelos de tipo brunsoles éutricos lúvicos y solonetz solodizados melánicos. Presenta un relieve de lomadas suaves y pendientes moderadas, y como material generador, sedimentos limosos consolidados (Durán, 1991).

#### 3.3 Clima

Las precipitaciones acumuladas del periodo de experimento fueron de 252,7 mm, la distribución en los meses fue en mayo de 59,8 mm, en junio 17,7 mm, en julio 75,4 mm, en agosto 39,2 mm y setiembre 60,6 mm. La temperatura media máxima fue de 18,1 °C y la media mínima de 4,7 °C (EEMAC, comunicación personal, 2022).

#### 3.4 Animales

Se trabajó con 36 terneros Hereford nacidos en la primavera del 2021 con aproximadamente 8 meses de edad, procedentes de la EEMAC. Estos se encontraban, previo al experimento, consumiendo una dieta balanceada de destete precoz como suplemento de la pastura. Al inicio del experimento los terneros pesaron en promedio  $132,18 \pm 9$  kg.

#### 3.5 Pasturas

Se utilizó una pastura de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) de la empresa Gentos, sembrada en una superficie de 12 ha, de las cuales se utilizaron 10,3 ha en el experimento. La siembra se realizó el 20 de marzo de 2022 con una densidad de siembra de 25 kg/ha. Se aplicó Glifosato y 2,4-D amina antes de la siembra, el cultivo antecesor fue un verdeo de invierno. Ya instalada la pastura en el periodo experimental se realizó una aplicación de fungicida 0,4 L/ha de Avatar. Se realizaron dos fertilizaciones de nitrógeno, la primera al inicio del experimento con 80 kg/ha de 18-46-0 y la segunda con urea luego del primer pastoreo con 50 kg/ha.

#### 3.6 Tratamientos

Los 36 terneros fueron distribuidos al azar, previa estratificación de peso vivo, a 12 grupos, y estos sorteados a 4 tratamientos consistentes en niveles creciente de oferta de forraje (kg MS/100 kg peso vivo) en el manejo del pastoreo:

Tratamiento 1: oferta de forraje al 2,5 % del peso vivo.

Tratamiento 2: oferta de forraje al 5,0 % del peso vivo.

Tratamiento 3: oferta de forraje al 7,5 % del peso vivo.

Tratamiento 4: oferta de forraje al 10,0 % del peso vivo.

Cada tratamiento contó con 3 repeticiones, cada repetición quedó integrada por 3 animales pastoreando una parcela de raigrás independiente.

### 3.7 Procedimiento Experimental

El periodo experimental tuvo una duración de 99 días. La duración del acostumbramiento fue de 7 días previo al periodo experimental, durante la semana del 20 de mayo hasta el 26 de mayo de 2022. Cabe destacar que en el periodo de acostumbramientos los animales fueron asignados a sus respectivos tratamientos, pero sin sus respectivas repeticiones.

#### 3.7.1 Manejo

Se realizó pastoreo rotativo, en franjas de 7 días de ocupación, respetando cada oferta de forraje según el tratamiento. La oferta de forraje se ajustó una vez por semana regulando el área de la parcela con base en la MS disponible y al último peso vivo registrado para cada repetición, retornando a la misma parcela en función de la materia seca acumulada, teniendo como límite inferior 2000 kg ms/ha.

Cada parcela estaba delimitada por hilo de eléctrico. En ella se dispuso de un bebedero con una capacidad de 100 L, al cual tenían acceso voluntario y era recargado cada 2 días, aproximadamente.

#### 3.7.2 Manejo sanitario

El 24 de junio del 2022 los animales fueron vacunados contra fiebre aftosa por vía subcutánea junto con una primera dosis contra parásitos internos con Levamisol. Posteriormente se realizó un test de HPG (número de huevos de parásitos gastrointestinales), dosificación con otro antiparasitario (Ricobendazol) a los animales que estaban por encima del mínimo aceptable.

El 15 de julio del 2022 se realizó una primera aplicación de solución Fipronil al 1 %, en una dosis de 20 ml por animal vertido sobre la parte dorsal para el control de parásitos externos, seguido de una segunda aplicación a los 30 días. Cada vez que los animales eran llevados hacia las mangas para ser pesados, fueron inspeccionados y posteriormente evaluados por presencia de queratoconjuntivitis, aplicando polvo oftálmico cuando fue necesario.

### 3.8 Registro y mediciones

#### 3.8.1 Animales

Los animales se pesaron el día 1 del experimento y luego cada 14 días; primero se pesaban llenos y luego de un ayuno de aproximadamente 12 horas se volvían a pesar para tener el peso vacío. Los animales se mezclaban previo al ingreso al tubo e iban pasando por la balanza sin orden predeterminado. La

ganancia diaria se estimó a partir de la regresión de peso vivo en el tiempo. La altura al anca se determinó a inicio y fin del periodo experimental.

El comportamiento ingestivo de los animales fue evaluado los días 2, 4 y 6 de las semanas 4, 7 y 12, donde se evaluó un animal por tratamiento, registrando las actividades de pastoreo, rumia, descanso y acceso a bebederos cada 10 minutos en el periodo de horas luz (7.50 h hasta las 17.40 h). La tasa de bocado fue medida en la primera sesión de pastoreo de la mañana y tarde como el número de bocados realizados en 1 minuto.

### 3.8.2 Pasturas

En la pastura semanalmente se determinó la altura y biomasa de forraje disponible prepastoreo para el ajuste de la oferta de forraje. Esta estimación se realizó mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock & Shaw, 1975). La biomasa disponible se determinó a partir de tres escalas con dos repeticiones, las que se determinaron en función de la biomasa aérea observada en un cuadrado de 30×30. Una vez marcadas las escalas se procedió a tomar 20, 40, 60 y 80 medidas de altura de forraje según oferta de forraje 2,5, 5, 7,5 y 10 % de peso vivo, respectivamente, en el mismo momento también se asignó a qué valor de escala correspondía la muestra. Una vez realizado el muestreo de área estas se cortaron con tijera al ras del suelo, para posteriormente procesar las muestras en laboratorio.

Previo a realizar el corte se registró por apreciación visual la proporción de restos secos y suelo desnudo, y se midió la altura de la pastura con regla en cinco puntos de la diagonal, registrando el punto de contacto más alto. El mismo procedimiento se realizó para la medición del forraje remanente una vez que los animales se cambiaban a una nueva franja. Tanto para las escalas obtenidas de forraje disponible como de forraje remanente fueron llevadas al laboratorio donde se pesaban, luego se colocaron en estufa a 60 °C durante 48 horas para el secado, y luego de retiradas se pesaban para obtener de esa forma el porcentaje de materia seca de la muestra.

Una vez que se obtuvieron los datos de materia seca y escalas, se pasaba a realizar un promedio ponderado de escalas con los porcentajes de la materia seca, dando como resultado el valor de materia seca disponible por hectárea.

La utilización del forraje se estimó mediante la siguiente ecuación:  $UF (\%) = \text{Biomasa de Forraje desaparecido} / \text{Biomasa ofrecida} * 100$ . En las semanas pares, en cada parcela de pastoreo se tomó una muestra del forraje consumido mediante la técnica de *hand clipping*. Esta se realizó tomando una muestra de forraje de cada repetición de tratamiento, simulando a un bocado animal.

### 3.8.3 Registros meteorológicos

Los registros meteorológicos durante el periodo experimental fueron obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la propia estación experimental EEMAC. Las precipitaciones acumuladas para ese periodo fueron de 252,7 mm, la distribución en los meses fue de 59,8 mm en mayo, 17,7 mm en junio, 75,4 mm en julio, 39,2 mm en agosto y 60,6 mm en setiembre. En cuanto a las

temperaturas, se registró como media mínima de 4,7 °C y media máxima de 20,2 °C.

### 3.9 Análisis químico

Se analizaron muestras de las escalas de forraje ofrecido a inicio, mediado y fin del periodo en estudio (semanas 4, 7 y 12). Luego se ponderó por la frecuencia relativa de cada valor de la escala en cada repetición.

Para el análisis de las muestras obtenidas por el método de *hand clipping* se hicieron muestras compuestas por repetición para el promedio del periodo experimental.

A cada muestra se le determinó el contenido de MS (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2012; método 942.05), nitrógeno total como PC (Nx6.25; AOAC, 2012; método 984.13) extracto etéreo (EE, AOAC, 2012; método 920.39), FDN y fibra detergente ácido (FDA, Van Soest et al., 1991).

### 3.10 Análisis estadísticos

Los datos experimentales fueron analizados según un diseño de parcela al azar, con medidas repetidas en el tiempo y procesados mediante el paquete estadístico SAS.

Los registros de peso vivo (PV) y CMS fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo, utilizando el procedimiento MIXED de SAS. El efecto de los tratamientos sobre la ganancia media diaria (GMD) fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad de pendientes del PV en función del tiempo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

$Y_{ijk}$ : peso vivo (kg).

$\mu$ : media poblacional (Peso vivo).

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\beta$ : coeficiente de regresión.

$X_{ij}$ : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\bar{X}$ : media de la covariable (PV inicio).

$\bar{\varepsilon}_{PV}$ : media de la covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$M_k$ : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del peso vivo.

$(\alpha M)_{ik}$ : efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

$\delta_{ijk}$ : error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición.

Para el análisis estadístico de la variable relacionadas con las mediciones en la pasturase utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} + S_k + (\alpha S)_{ik} + \delta_{ijk}$$

donde,

$Y_{ijk}$ : forraje disponible, remanente, consumo de MS (kg/a/día y % PV)

$\mu$ : media poblacional (Consumo).

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\varepsilon_{ij}$ : error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$S_k$ : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del consumo.

$(\alpha S)_{ik}$ : efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

$\delta_{ijk}$ : error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición.

Dicho modelo considera el efecto de cada tratamiento, del momento de medición y la interacción entre los efectos tratamiento y momento de medición con sus errores asociados.

Para analizar el PV final se utilizó el procedimiento GLM de acuerdo con el siguiente modelo general:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon$$

Donde,

$Y_{ijk}$ : peso vivo final.

$\mu$ : media poblacional (Peso vivo).

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\beta$ : coeficiente de regresión.

$X_{ij}$ : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\bar{X}$ : media de la covariable (PV inicio).

$\bar{\varepsilon}_{PV}$ : media de la covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

Finalmente, las variables de comportamiento ingestivo animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLIMMIX, y expresadas como la probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, descanso, rumia y acceso a bebedero durante el periodo de observación.

$$\ln (P/(1-P)) = \mu + \alpha_i + S_j + D_k + (\alpha S)_{ij} + (\alpha D)_{ik}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad.

$\mu$ : media poblacional.

$\alpha_i$ : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$S_j$ : efecto relativo de la semana en que se realizó la medición.

Dk: efecto relativo del día en que se realizó la medición.

( $\alpha$ S) ij: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la j-ésima semana de medición.

( $\alpha$ D) ik: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo día de medición.

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo ( $P \leq 0.05$ ), se testaron los contrastes lineal y cuadrático asociados calculándose el coeficiente de regresión lineal o el nivel de oferta de forraje que optimiza la respuesta, respectivamente.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Características del ambiente

En la tabla 1 se presenta la información meteorológica durante el periodo experimental.

**Tabla 1**

*Temperatura media, máxima y mínima y precipitaciones registradas durante el periodo experimental*

| Variable/mes | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre |
|--------------|------|-------|-------|--------|-----------|
| T. mínima    | 8,1  | 4,7   | 9,1   | 6,2    | 8,7       |
| T. media °C  | 12,9 | 9,4   | 13,4  | 12,1   | 14,3      |
| T. máxima    | 17,9 | 14,5  | 18,1  | 17,9   | 20,2      |
| PP. (mm)     | 59,8 | 17,7  | 75,4  | 39,2   | 60,6      |

T.= Temperatura, PP.= Precipitaciones, mm= milímetros.

*Nota.* Elaborado a partir de EEMAC (comunicación personal, 2022).

Para el periodo experimental se observó que las temperaturas medias mínimas y máximas estuvieron en el rango de 4,7 y 20,2 °C, y en cuanto a las precipitaciones acumuladas en el tiempo transcurrido en el experimento fueron de 252,7 mm.

### 4.2 Características de la pastura

Al comienzo del experimento la disponibilidad promedio del verdeo fue de 2729,83 ± 108,59 kg MS/ha y una altura media de 23,33 ± 0,79 cm. Durante el experimento se realizaron dos pastoreos, realizando el segundo la semana 9 para los tratamientos 7,5% y 10% y la semana 12 para los tratamientos 2,5% y 5%.

En la tabla 2 se presenta el efecto del tratamiento, la semana y la interacción tratamiento por semana (T×S) sobre características del forraje ofrecido, remanente y su utilización, junto a las medias ajustadas por tratamiento. La disponibilidad de MS, MS verde (MSV) y altura promedio de la pastura al ingreso a una nueva parcela no fueron afectadas por la oferta de forraje (P=0.51), siendo este efecto dependiente de la semana experimental (T×S, P<0,01, tabla 2). Sin embargo, la biomasa remanente, la altura de remanente y la utilización del forraje sí fueron afectados por la oferta de forraje (P<0,01).

Las diferencias significativas de semana y tratamiento por semana para las variables disponibilidad de entrada (MS y MSV) y altura de forraje evidencian que variaron a medida que transcurrieron las semanas, y que este efecto fue diferente dependiendo de la oferta de forraje. En las figuras 4 y 5 puede observarse que hasta la semana 6 no se detectan diferencias en la biomasa o altura del ofrecido; sin embargo, para el tratamiento 5 % se registran valores significativamente inferiores durante la semana 7 y 8. Luego de las cuales no vuelve a observarse diferencias en biomasa y altura.

**Tabla 2**

*Efecto de la oferta de forraje (T) y la semana experimental (S) sobre diferentes variables*

|                       | Oferta de forraje (kg MS/ 100 kg peso vivo) |        |        |        | Significancia del efecto |    |     |
|-----------------------|---|--------|--------|--------|--------------------------|----|-----|
|                       | 2,5   | 5      | 7,5    | 10     | T                        | S  | T×S |
| Disp. entrada (MS)    | 3346,2                                      | 3183,3 | 3316,5 | 3387,9 | ns                       | ** | **  |
| Disp. entrada (MSV)   | 2995,2                                      | 2824,3 | 2905,4 | 2951,1 | ns                       | ** | **  |
| Altura disp. (cm)     | 27,4  | 25,9   | 26,4   | 27,7   | ns                       | ** | **  |
| Remanente (MS)        | 1418,9                                      | 1857,4 | 2169,2 | 2387   | **                       | ** | **  |
| Altura remanente (cm) | 12,7  | 18,5   | 21,7   | 25,2   | **                       | ** | **  |
| Utilización (%)       | 58,3  | 43,9   | 33,4   | 32,4   | **                       | ** | **  |

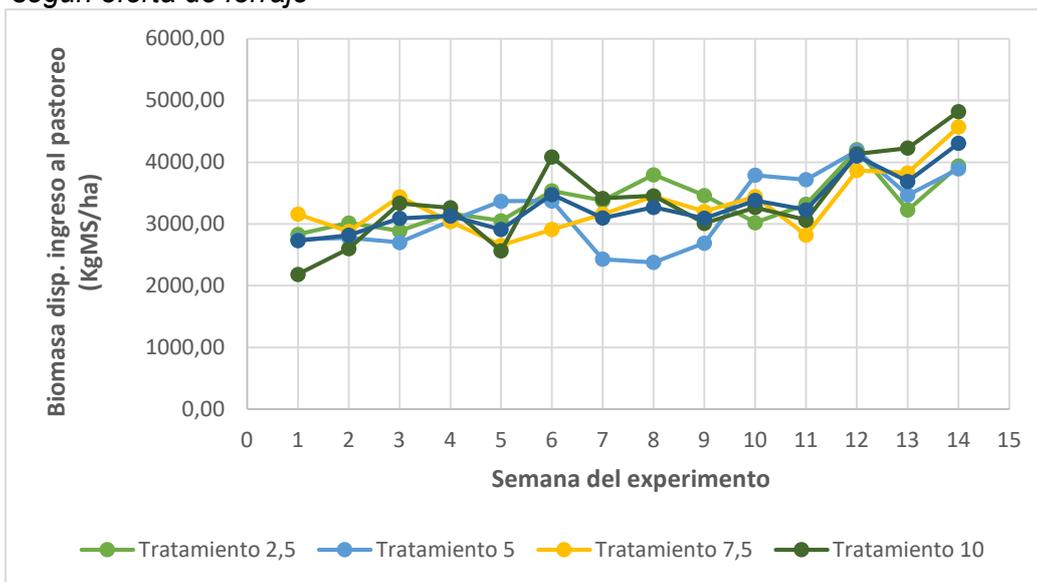
*Nota.* Variables: disponibilidad de forraje prepastoreo y materia seca verde (kg MS/ha), remanente (kg MS/ha), utilización (%), medidas sobre pastura de raigrás cv. Jack pastoreada por terneros Hereford desde el 27/5/2022 hasta el 2/9/2022.

Significancia de los efectos: \*\* (P< 0,01); ns (P> 0,05).

Disp. = disponible, MST= Materia seca total, MSV= Materia seca verde, T= tratamiento, S= semana, TxS= tratamiento por semana.

**Figura 4**

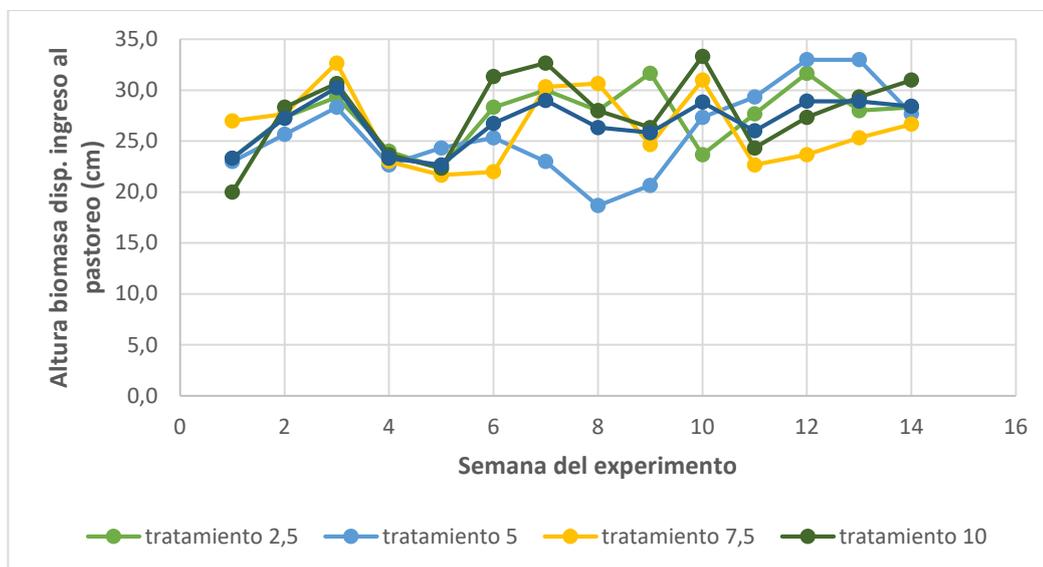
*Evaluación de la disponibilidad de materia seca (kgMS/ha) previo al pastoreo, según oferta de forraje*



*Nota.* Evaluado en una pastura de raigrás cv. Jack pastoreada por terneros Hereford en el periodo comprendido entre 27/5/2022 hasta 2/9/2022.

**Figura 5**

*Evolución de la altura (cm) de disponible de forraje previo al pastoreo según oferta del forraje*



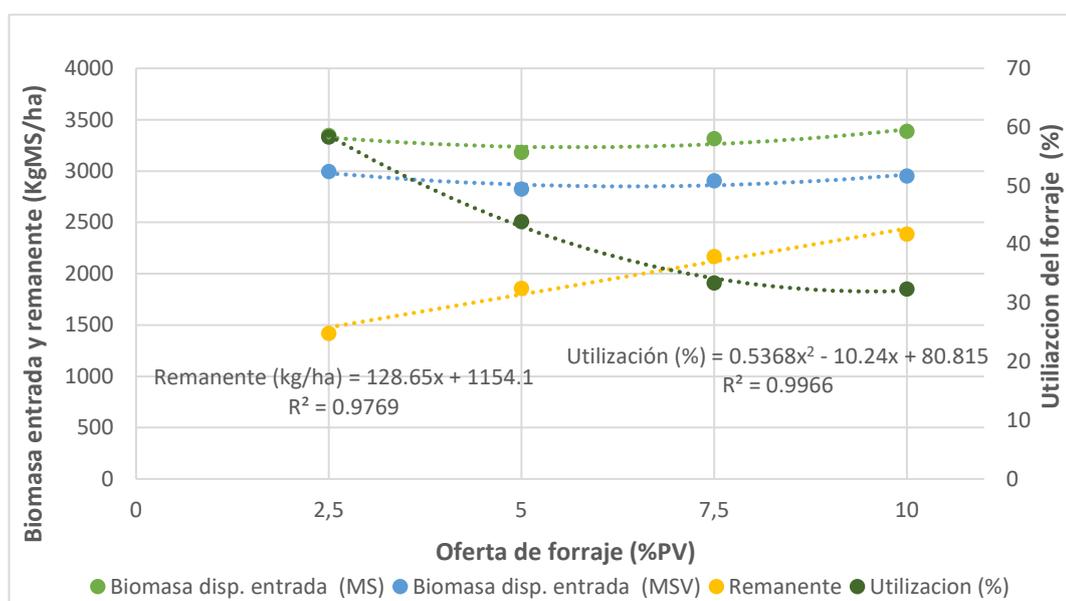
*Nota.* Evaluado sobre una pastura de raigrás cv. Jack, pastoreada por terneros Hereford en el periodo comprendido entre 27/5/2022 hasta 2/9/2022.

La biomasa y altura del forraje remanente (kg/ha) aumentaron linealmente ( $p < 0.01$ ) al aumentar la oferta de forraje, registrándose un incremento de 90,64 kgMS/ha y 0,25 cm por cada punto porcentual de aumento en la cantidad de forraje asignado, respectivamente.

En la figura 6 se presentan los datos de disponibilidad de forraje, remanente y utilización, donde se puede observar una respuesta lineal positiva en el remanente ( $P < 0,01$ ), una respuesta cuadrática en la utilización ( $\%$ ,  $P < 0,01$ ) y una respuesta no significativa para la disponibilidad de entrada (MS y MSV;  $P > 0.10$ ,  $0,51$ ). Se observa que con asignaciones de 2,5 % (baja oferta de forraje) se da la mayor utilización de la pastura y menor biomasa remanente, ocurriendo lo contrario con una oferta de 10 % (alta oferta de forraje), lo que genera una menor utilización de la pastura y mayor remanente.

**Figura 6**

*Efecto de la oferta de forraje sobre diferentes variables según la oferta de forraje*



*Nota.* Variables: disponibilidad pre pastoreo (kg MS/ha), remanente (kg MS/ha) y % de utilización, evaluadas sobre una pastura de raigrás cv. Jack, pastoreada por terneros Hereford de año en el periodo comprendido entre 27/5/2022 hasta 2/9/2022.

#### 4.3 Composición química de la pastura

En la tabla 3 se presenta la evolución de la composición química de la pastura de los tratamientos por semana en el periodo en que se llevó a cabo el experimento.

**Tabla 3**

*Análisis de la composición química de la pastura expresado como porcentaje de la materia seca (%MS)*

| Oferta de Forraje (kg MS/ 100 kg peso vivo) |        |        |        |        |       |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|
|   | 2,5    | 5      | 7,5    | 10     | EE    |
| <b>Semana 4</b>                             |        |        |        |        |       |
| <b>%PC</b>                                  | 10,8 a | 10,5 a | 9,7 a  | 9,6 a  | 0,02  |
| <b>EM (Mcal/kg)</b>                         | 2,6 a  | 2,6 a  | 2,6 a  | 2,6 a  | 0,003 |
| <b>%C</b>                                   | 9,4 a  | 9,4 a  | 9,4 a  | 9,3 a  | 0,04  |
| <b>%aFDNmo</b>                              | 40,6 a | 40,3 a | 39,6 a | 39,4 a | 0,14  |
| <b>%FDA mo</b>                              | 19,9 a | 19,9 a | 19,9 a | 20,0 a | 0,10  |
| <b>Semana 7</b>                             |        |        |        |        |       |
| <b>%PC</b>                                  | 9,6 a  | 10,5 a | 9,6 a  | 9,5 a  | 0,02  |
| <b>EM (Mcal/kg)</b>                         | 2,5 a  | 2,5 a  | 2,5 a  | 2,5 a  | 0,003 |
| <b>%C</b>                                   | 10,9 a | 10,4 b | 10,9 a | 11,0 a | 0,04  |
| <b>%aFDNmo</b>                              | 52,4 a | 52,5 a | 52,4 a | 52,4 a | 0,14  |
| <b>%FDA mo</b>                              | 25,8 a | 25,2 a | 25,7 a | 25,9 a | 0,10  |
| <b>Semana 12</b>                            |        |        |        |        |       |
| <b>%PC</b>                                  | 15,5 a | 15,6 a | 16,9 a | 16,8 a | 0,02  |
| <b>EM (Mcal/kg)</b>                         | 2,4 b  | 2,4 b  | 2,5 a  | 2,5 a  | 0,003 |
| <b>%C</b>                                   | 13,4 a | 13,4 a | 13,5 a | 13,5 a | 0,04  |
| <b>%aFDNmo</b>                              | 56,7 a | 56,7 a | 53,6 b | 53,9 b | 0,14  |
| <b>%FDA mo</b>                              | 29,2 a | 29,2 a | 25,2 b | 25,5 b | 0,10  |

*Nota.* Evaluando tratamiento por semana, realizado en una pastura de raigrás cv. Jack, pastoreada por terneros Hereford en el periodo de 27/5/2022 hasta 2/9/2022. Significancia de los efectos: \*\* (P< 0,01); \* (P<0,05); ns (P> 0,05). T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. T\*S: efecto de la interacción tratamiento por semana. EM=3.61\*DIVMS; DMS (%)= 88.9 – (0.779 %FDA). C= ceniza, PC= proteína cruda, aFDNmo= Fibra detergente neutro, FDAmo= Fibra detergente ácido. DIVMS= digestibilidad in vitro de la materia seca. Elaborado a partir de Di Marco (2011).

Para un mismo tratamiento letra minúscula junto a la media diferentes indica que entre semanas difieren estadísticamente (P<0.05).

**Tabla 4**

*Análisis de la composición química de la pastura expresada como porcentaje de la materia seca (%MS)*

|                     | Semanas |        |        | EE    | P valor |
|---------------------|---------|--------|--------|-------|---------|
|                     | 4       | 7      | 12     |       |         |
| <b>%PC</b>          | 10,1 b  | 9,8 b  | 16,2 a | 0,02  | <0,01   |
| <b>EM (Mcal/kg)</b> | 2,6 a   | 2,5 b  | 2,4 c  | 0,003 | <0,01   |
| <b>%C</b>           | 9,3 c   | 10,8 b | 13,5 a | 0,04  | <0,01   |
| <b>%aFDNmo</b>      | 40 c    | 52,5 b | 55,3 a | 0,14  | <0,01   |
| <b>%FDA mo</b>      | 19,9 c  | 25,7 b | 27,3 a | 0,10  | <0,01   |

*Nota.* Evaluado por semana sobre una pastura de raigrás cv. Jack, pastoreada por terneros Hereford en el periodo de 27/5/2022 hasta 2/9/2022.

C= ceniza, PC= proteína cruda, aFDNmo= fibra detergente neutro, FDAmo= fibra detergente ácido, Letras minúsculas = diferencias significativas entre semana.

a,b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05)

**Tabla 5**

*Análisis de la composición química por tratamiento, expresado como porcentaje de la materia seca (%MS)*

|                     | Tratamientos |        |         |        | EE    | T     | S     | TxS   |
|---------------------|--------------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 2,5          | 5      | 7,5     | 10     |       |       |       |       |
| <b>%PC</b>          | 12,0 a       | 12,2 a | 12,1 a  | 12,0 a | 0,25  | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| <b>EM (Mcal/kg)</b> | 2,49 b       | 2,50 b | 2,53 a  | 2,52 a | 0,004 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| <b>%C</b>           | 11,2 ab      | 11,1 b | 11,3 ab | 11,3 a | 0,05  | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| <b>%aFDNmo</b>      | 49,9 a       | 49,9 a | 48,6 b  | 48,6 b | 0,19  | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| <b>%FDA mo</b>      | 25,0 a       | 25,0 a | 24,0 b  | 24,0 b | 0,16  | <0,01 | <0,01 | <0,01 |

*Nota.* Realizado en una pastura de raigrás cv. Jack, pastoreada por terneros Hereford en el periodo de 27/5/2022 hasta 2/9/2022. Siendo esto del periodo experimental.

C= ceniza, PC= proteína cruda, aFDNmo= fibra detergente neutro, FDAmo= fibra detergente ácido, Letras minúsculas = diferencias significativas entre tratamientos.

a,b: medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente (P<0,05)

En referencia a los valores obtenidos para el porcentaje de proteína cruda, se observó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que sí se observaron diferencias significativas entre semanas aumentando hacia el final del experimento. No se encontraron diferencias significativas cuando se analizó la interacción tratamiento por semana.

En cuanto a fibra detergente neutro se encontraron diferencias significativas entre tratamiento, dándose una disminución en los tratamientos de 7,5 % y 10 % en la semana 12, no ocurriendo lo mismo en las semanas 4 y 7. Mientras que, en el transcurso de las semanas, se observaron diferencias significativas, dándose un aumento a medida que transcurrió el experimento. Respecto a la fracción fibra detergente ácido, se encontró el mismo patrón que para la fibra detergente neutra.

En cuanto a la energía metabolizable se observaron diferencias significativas en los tratamientos 7,5 y 10 %, respecto a los tratamientos de 2,5 y 5 %, dándose un aumento en los tratamientos 7,5 y 10 %. Mientras que entre semana se observaron diferencias significativas disminuyendo hacia el final del experimento. Cuando se observó la interacción tratamiento por semana, se encontró una disminución de la fracción en los tratamientos 7,5 y 10 % en la semana 12.

Para el caso de la fracción cenizas el análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre el tratamiento 5 y 10 %, para el caso de semanas el mismo aumento hacia el final del experimento, mientras que cuando se analizó tratamiento por semana no se encontraron diferencias significativas.

#### 4.4 Consumo de materia seca y producción individual

En la tabla 6 se observa que a medida que aumentó la oferta de forraje, se incrementó significativamente el consumo de MS y el contenido de proteína cruda en el forraje consumido, la GMD y el peso final de los terneros.

**Tabla 6**

*Consumo de materia seca, proteína cruda consumida, ganancia de peso individual y peso final*

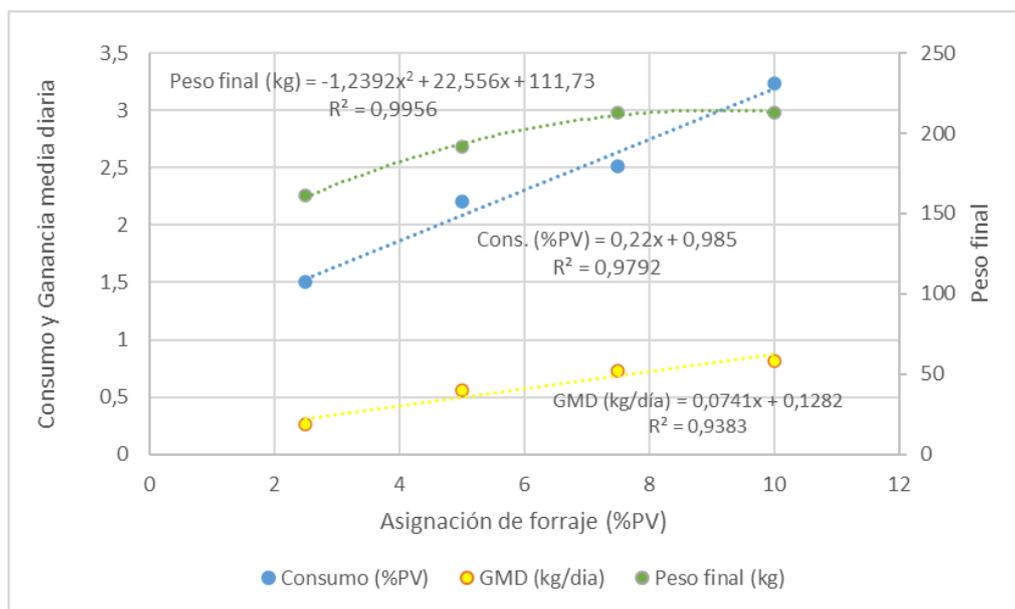
|                     | Tratamientos |            |           |       | P> r | Efecto | Pr>f   |
|---------------------|--------------|------------|-----------|-------|------|--------|--------|
|                     | 2,5          | 5          | 7,5       | 10    |      |        |        |
| Consumo (%PV)       | 1,5          | 2,2        | 2,51      | 3,2   | **   | Lin    | < 0.01 |
| Consumo (kg MS/día) | 2,11         | 3,51       | 4,33      | 5,5   | **   | Lin    | < 0.01 |
| PC (%)              | 12,39        | 13,28      | 14,6      | 16,1  | **   | Lin    | < 0.01 |
| GMD (kg/animal/día) | 0,259        | 0,556      | 0,73<br>3 | 0,800 | **   | Lin    | < 0.01 |
| Peso final (kg)     | 161,0<br>1   | 191,6<br>3 | 213,<br>1 | 212,7 | **   | Cua    | < 0.01 |

*Nota.* De terneros Hereford pastoreando una pastura de raigrás cv. Jack en el periodo de 27/5/2022 al 2/9/2022. Significancia de los efectos: \*\* (P< 0,01); ns (P> 0,05). Lin: efecto lineal. Cua: efecto cuadrático.

La figura 7 muestra el consumo de forraje expresado en kilogramos de materia seca cada 100 kg de peso vivo, la ganancia individual promedio por día y el peso final para los diferentes tratamientos. Se muestra que el consumo de forraje presentó una respuesta lineal, observándose que por cada unidad de aumento en la oferta de forraje un aumento de 0.22 unidades en el consumo de materia seca (%PV).

**Figura 7**

*Efecto de oferta de forraje sobre diferentes variables*

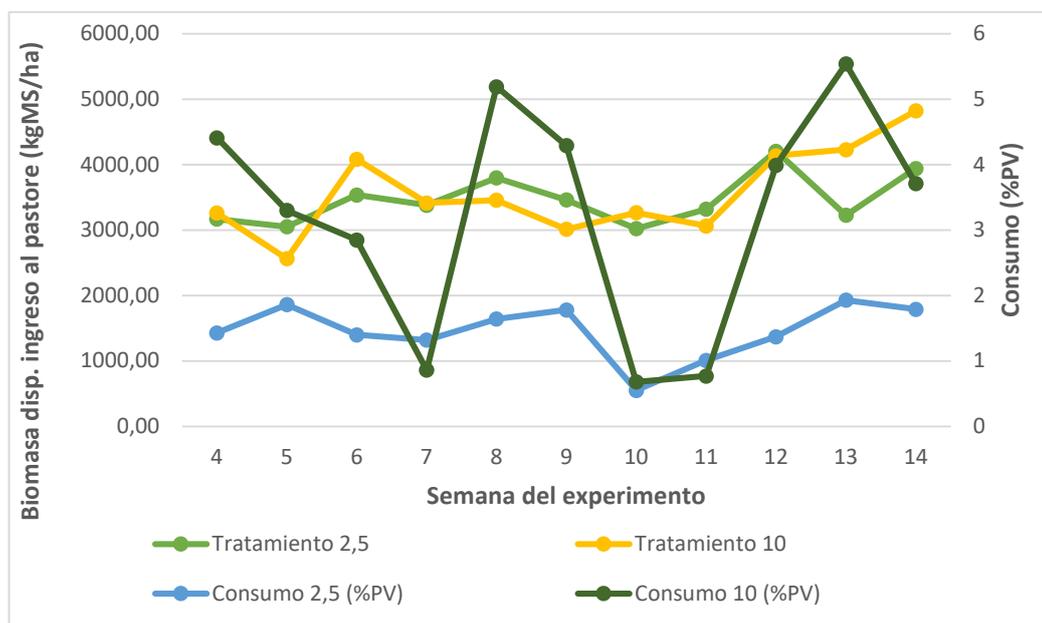


*Nota.* Variables: consumo de materia seca (%PV), ganancia media diaria (kg/día) y peso final (kg), medidas en terneros Hereford pastoreando raigrás cv. Jack del 27/5/2022 al 2/9/2022.

Se dio un efecto significativo para tratamiento (T), semana (S) y tratamiento por semana (TxS) en el consumo de materia seca como porcentaje del PV ( $P < 0.001$ ). A su vez, se muestra que, a pesar de semanas puntales, el consumo de materia seca para el tratamiento de 2,5 % supera a los consumos obtenidos en el tratamiento restrictivo de 10 % (figura 8).

**Figura 8**

*Consumo de materia seca y disponibilidad de forraje previo al ingreso al pastoreo*



*Nota.* De una pastura de raigrás cv. Jack pastoreada por terneros Hereford de año, dos asignaciones de forraje (2,5 y 10 kg MS/100 kg de PV).

#### 4.5 Ganancia diaria y peso final

La ganancia diaria aumentó en forma lineal ( $P < 0,01$ ). Según la curva presentada en la figura 7, por cada aumento porcentual de oferta de forraje se obtuvo un incremento en la ganancia media de 0,0741 kg/día. Lo que lleva a que se dé la máxima tasa de ganancia predicha de 0,8176 kg/día, con una oferta de forraje de 10 %.

Para el peso final de los animales a fin del experimento obtuvo una respuesta cuadrática ( $p < 0,001$ , tabla 6). El valor obtenido de oferta de forraje que maximiza la respuesta es de 9,10 %.

#### 4.6 Comportamiento animal

En la tabla 7 se presentan los efectos de tratamiento (T), semana (S), tratamiento por semana (T×S), días de semana (DS) y tratamientos por días de semana (T×DS) para las variables de comportamiento animal.

**Tabla 7**

*Efecto de la oferta de forraje sobre la probabilidad de ocurrencia de una actividad*

| Actividad                 | Tratamiento |       |       |       | Valor de P |    |     |    |      |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|------------|----|-----|----|------|
|                           | 2,5         | 5     | 7,5   | 10    | T          | S  | TxS | DS | T×DS |
| Pastoreo                  | 0,42        | 0,39  | 0,43  | 0,39  | ns         | ns | *   | ns | *    |
| Rumia                     | 0,19        | 0,22  | 0,21  | 0,23  | ns         | ns | ns  | ns | ns   |
| Descanso                  | 0,36        | 0,37  | 0,33  | 0,35  | ns         | *  | ns  | ns | ns   |
| Acceso Agua               | 0,024       | 0,025 | 0,021 | 0,022 | ns         | ns | ns  | ns | ns   |
| Tasa de bocado (No. /min) | 29,04       | 29,78 | 28,78 | 27,63 | ns         | ** | **  | ns | **   |

*Nota.* Actividad: pastoreo, rumia, descanso y acceso al agua en terneros Hereford de año pastoreando una pastura de raigrás cv. Jack. Significancia de los efectos: \*\* ( $P < 0,01$ ); \* ( $P < 0,05$ ); ns ( $P > 0,05$ ). T: Efecto del tratamiento. S: Efecto de la semana. T×S: efecto de la interacción tratamiento por semana. DS: efecto días dentro de semana. T×DS: efecto de la interacción tratamiento por día dentro de semana.

Para la actividad de pastoreo y la tasa de bocado se encontró efecto significativo de la interacción tratamiento por semana y tratamiento por día dentro de la semana, es decir que el efecto de tratamiento fue dependiente de la semana de observación y del día de pastoreo en la franja. Si bien se observó diferencias significativas para este último efecto, se reportó una interacción de magnitud muy baja, vinculada a un tratamiento que en un día dentro de la semana fue diferente a los demás tratamientos para la actividad pastoreo. Siguiendo con el efecto tratamiento por días dentro de la semana en la actividad tasa de bocado, se reportó que las diferencias significativas radican a que, en determinados días dentro de la semana, en algunos tratamientos se reportaron tasas de bocados menores.

A su vez, no se encontraron diferencias significativas para la actividad de pastoreo entre tratamiento por semana. Mientras que sí se encontraron diferencias significativas para tasa de bocado.

Para una pastura de raigrás Jack utilizada por terneros en otoño-invierno, niveles crecientes de oferta de forraje (OF, kg MS/100 kg de peso vivo) reducen la intensidad de pastoreo y mejoran la ganancia diaria de peso. Para un rango amplio de OF variando entre 2,5 y 10 kg MS/100 kg de peso vivo, la respuesta no es lineal, sino que existe un valor de óptimo de OF que maximiza la GMD.

La respuesta en ganancia diaria estaría medida por cambios en el consumo, la selección y el comportamiento animal.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos ratifican la hipótesis planeada en cuanto a que para una pastura de raigrás cv. Jack pastoreada con terneros durante otoño invierno, niveles crecientes de oferta de forraje (2,5 a 10,0 %) resultaron en una reducción en la intensidad de pastoreo, reflejada en un aumento lineal en biomasa y altura del remanente y una reducción cuadrática en la utilización del forraje. Este comportamiento resultó, asimismo, en una respuesta lineal positiva en el crecimiento de los terneros, medida a través de la ganancia media diaria. Contrariamente a lo esperado, en el rango de OF estudiado no se identificó un valor que optimice la respuesta en GMD. Sin embargo, el peso final alcanzó su máximo cuando la OF fue de 9,1 %. En este tipo de respuesta, a mayor oferta de forraje el peso crece con tasas decrecientes, dándose así una respuesta de tipo cuadrática, teniendo así un valor óptimo de oferta de forraje.

La mejora en la ganancia media diaria al aumentar la OF estuvo explicada por una mayor oportunidad de selección que realizan los animales y un mayor consumo, lo que coincide con lo expuesto en la hipótesis de este trabajo, no siendo así la variable de comportamiento animal, ya que esta no presentó diferencia significativa.

En cuanto a su calidad, se puede observar que para proteína cruda ofrecida no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (tabla 5), mientras que cuando se observa la concentración de proteína cruda en el rango en la tabla 6 se dieron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se puede concluir que a medida que aumentó la oferta de forraje, aumentó la proteína cruda consumida. Esta tendencia está explicada porque a mayor oferta de forraje, mayor selección de una dieta de mejor calidad, lo que trae como consecuencia un mayor consumo total de materia seca y de proteína cruda, que coincide con lo reportado por Hodgson y Jamieson (1979) y lo reportado por Bianchi (1982) y Carriquiry et al. (2002) como se cita en Elizondo et al. (2003), en donde a mayor oferta de forraje se da un mayor consumo, y, a su vez, una mayor posibilidad de seleccionar una dieta de mayor calidad.

El consumo presentó una respuesta lineal a los aumentos de oferta de forraje, que coincide el máximo valor con la oferta de forraje de 10 %, posicionándose en un valor de 3,21 %PV. En cuanto a la información presentada en la tabla 6, para las asignaciones 2,5 y 5 % siguen las tendencias que se reportan en varios trabajos de investigación anteriores, como son Invernizzi et al. (2007), que reportó consumo de 1,78 % y 2,78 % para asignaciones de 2,5 y 5,0 % de peso vivo, respectivamente, y peso promedio de terneros de  $211,8 \pm 24,5$ . En la misma línea, Algorta et al. (2015) para terneros Hereford cuyo peso promedio fue de  $192,3 \pm 6$  kg, los valores de consumo fueron de 2,24 % y 3,06 % para asignaciones promedio de 2,5 y 5 %, respectivamente. A su vez, Acland et al. (2023) establecieron que para terneros Hereford de  $148,3 \pm 25,8$  kg y asignaciones de forraje de 2,5 y 5 % del peso vivo el consumo fue de 1,4 y 2,4 %, respectivamente. Por otra parte, De Vecchi y Franzoni (2023) reportan consumos de 1,90% y 3,27% del peso vivo para ofertas de forraje de 2,5% y 5% del peso vivo.

Continuando con las asignaciones de forraje de 7,5 %PV y 10,0 %PV, los consumos expresados en porcentaje de peso vivo, como se muestra en la tabla 6, fueron inferiores a los reportados por De Vecchi y Franzoni (2023) para terneros Hereford pastoreando raigrás cv. Bill Max, los cuales fueron de 3,96 % del peso vivo y 4,58 % del peso vivo.

En referencia a la variable ganancia media diaria, según lo que se muestra en la figura 7 está presente una respuesta lineal frente a aumentos en la oferta de forraje, mientras que el peso vivo final mostró una respuesta cuadrática cuando se dieron aumentos en la oferta de forraje. Observándose la máxima ganancia de peso vivo con asignaciones 10 kg de MS cada 100 kg de peso vivo, la que presentó un valor de 0,82 kg/día. Las ganancias obtenidas en las asignaciones de forraje de 2,5 % y 5 % de terneros coinciden con las reportadas para terneros pastoreando praderas mezcla de gramíneas y leguminosas por Simeone y Beretta (2004) de 250 g y 500 g, respectivamente.

El tipo de respuesta para la variable ganancia media diaria obtenida en el experimento no coincide con lo reportado por Poppi et al. (1987), quienes sostienen que existe una respuesta curvilínea en ganancias de peso vivo frente al consumo de materia seca. Marsh, como se cita en Algorta et al. (2015) reporta que con asignaciones de forraje de 3, 4,5, 6 y 7,5 % encontró una respuesta lineal a la ganancia individual en una pastura de raigrás con trébol blanco. Los resultados presentados por estos autores coinciden con este experimento. Por otro lado, el mismo autor reporta que utilizando asignaciones de 5, 7,5, 10 y 12,5 % del PV encontró una respuesta curvilínea, lo que difiere con lo encontrado en este trabajo experimental.

Beretta y Simeone (2008) reportan para terneras Hereford pastoreando avena un aumento lineal del peso vivo y una respuesta cuadrática en ganancia media diaria cuando la oferta de forraje aumentó en un amplio rango (2,5, 5,0, 7,5 y 10 %), maximizando la ganancia con asignaciones de 8,7 % del peso vivo, no coincidiendo esto último con lo encontrado en este trabajo.

El consumo de materia seca, y tomando como referencia los dos extremos 2,5 % y 10 % de oferta de forraje, no presenta una diferencia significativa en tiempo de pastoreo, pero sí se observa una tendencia a mayor tiempo de pastoreo en el tratamiento 2,5 % que en 10 %, al igual que la tasa de bocado. En base a esto, inferimos que a menor oferta de forraje aumenta la tasa de bocado regulando el consumo, pero cuando aumenta la oferta de forraje disminuye la tasa de consumo y aumenta el peso del bocado, ya que los animales disponen de una mayor superficie de pastoreo, siendo este el que controla el consumo.

En cuanto al comportamiento animal, no se observaron diferencias significativas entre las variables actividad de pastoreo y oferta de forraje. Di Marco (1998) afirma que la disminución en la intensidad de pastoreo a través del manejo de la oferta de forraje podría incidir sobre el comportamiento animal e indirectamente sobre el gasto energético, lo que no coincide con los resultados, ya que no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Puede asumirse que a mayor tiempo de pastoreo, mayor gasto energético, porque el animal se encuentra más tiempo pastoreando para contrarrestar el bajo peso de bocado. Chacón et al. (1978) reportan que para compensar las reducciones del

tamaño de bocado los animales tienden a incrementar la tasa de bocado o el tiempo de pastoreo, coincidiendo así con lo encontrado en este trabajo. Por otro lado, Stockdale y King (1983) encontraron una respuesta curvilínea entre oferta de forraje y tiempo de pastoreo.

Eirin (s.f.) concluyó que a medida que el tiempo de pastoreo tiende a incrementarse, el tiempo de descanso se reduce. No pudiéndose afirmar lo mismo con los datos obtenidos en este trabajo, dado que no se encontraron diferencias significativas para actividad de descanso en los diferentes tratamientos evaluados.

## 6. CONCLUSIONES

En terneros pastoreando *Lolium multiflorum* cv. Jack durante otoño-invierno, se observa una respuesta lineal y constante a la ganancia de peso frente a los aumentos en la oferta de forraje, alcanzándose la máxima ganancia media diaria predicha de 817,6 g/día cuando pastorearon al 10 %.

Esta respuesta se asocia con un aumento lineal en el consumo de MS y una mejora en la calidad del forraje consumido, como consecuencia de mayores oportunidades de selección que resultaron en mayor concentración de proteína en la dieta.

Por otra parte, aumentos en la oferta de forraje resultan en una disminución en la intensidad de pastoreo, aumentos en la biomasa y altura del remanente y en una reducción cuadrática en la utilización de la pastura.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acland, M., Blanco, W., & Soca, D. (2023). *Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la respuesta productiva a la suplementación con grano de lupino en terneros Hereford pastoreando en raigrás Bill Max durante invierno* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Algorta, M. B., Iruleguy, G., & López, I. (2015). *Evaluación del uso de comederos de autoconsumo para la suplementación invernal de terneros en condiciones de oferta contrastante* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8725/1/4082alq.pdf>
- Amigone, M., Chiacchiera, S., Bertram, N., Kloster, A., Conde, M. B., & Masiero, B. (2010). *Producción de forraje de avena, cebada forrajera, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/61-verdeos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/61-verdeos.pdf)
- Association of Official Analytical Chemists. (2012). *Official methods of analysis* (19<sup>a</sup> ed.).
- Bavera, G. A., & Bocco, O. A. (2001). *Carga animal*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/71-carga\\_animal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/71-carga_animal.pdf)
- Beretta, V., Burjel, M. V., Casanova, D., Maschio, F., Simeone, A., Soria, S., & Stabile, F. (2019). Efectos de diferentes estrategias de manejo del pastoreo de raigrás Bill Max sobre la performance de novillos Hereford. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *21<sup>a</sup> Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad* (pp. 80-81). UPIC.
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008). Producción de carne a pasto: Oferta de forraje, respuesta animal y utilización del forraje. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Décima Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 20-23). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Beretta, V., Simeone, A., Zabalveytia, N., Burjel, V., Berriel, F., Coronel, L., & Cumbay, M. (2023). Efecto de la oferta de forraje en el manejo del pastoreo de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) sobre la performance invernal de terneros Hereford. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *24<sup>a</sup> Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Haciendo el ajuste de la nutrición para aumentar el margen del negocio ganadero* (pp. 18-25). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2023.pdf>
- Bondi, A. A. (1989). *Nutrición animal*. Acribia.

- Brito, G., & Fiol, C. (2006). Manejo de la recría vacuna en Areniscas. En M. Bemhaja & O. Pittaluga (Eds.), *30 años de investigación en suelos de areniscas* (pp. 121-133). INIA.  
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429250309101451.pdf>
- Cangiano, C. A. (1996). Consumo en pastoreo: Factores que afectan la facilidad de cosecha. En C. A. Cangiano (Ed.), *Producción animal en pastoreo* (pp. 49-56). INTA.
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2004). *Pasturas y forrajes: Manejo, persistencia y renovación de pasturas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2007). *Verdeos de invierno*. Hemisferio Sur.
- Castro, M., Astor, D., & Pereyra, S. (2005). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigan05.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigan05.htm)
- Castro, M., & Pereyra, S. (2009). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigan09.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigan09.htm)
- Castro, M., Vilaró, D., & Pereyra, S. (2004). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigrasa.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigrasa.htm)
- Chacón, E. A., Stobbs, T. H., & Dale, M. B. (1978). Influence of sward characteristic on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(1), 89-102. <https://doi.org/10.1071/AR9780089>
- Chilibroste, P. (1998). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: Predicción del consumo. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 1-5).  
[https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/634/JB1998\\_D1-12.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/634/JB1998_D1-12.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chilibroste, P., Bruni, M. A., Favre, E., Mattiauda, D. A., & Soca, P. (2008). Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: Aportes desde la EEMAC. *Cangüé*, (30), 36-44.  
[http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue\\_30/36-44.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_30/36-44.pdf)
- De Vecchi, S., & Franzoni, C. (2023). *Utilización de raigrás (Lolium multiflorum cv. Bill Max) en la alimentación de terneros: Efecto de la oferta de forraje sobre el consumo, la selección y el comportamiento* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Demment, M., & Laca, E. (1994). Reductionism and synthesis in the grazing sciences: Modems and experiments. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, (20), 6-16.
- Deregibus, A. (2009a). Bases para la utilización de ecosistemas pastoriles. En F. Pezzani (Ed.), *Módulo de pasturas: Selección de lecturas y prácticos* (pp. 69-93). Universidad de la República.

- Deregibus, A. (2009b). La planta forrajera. En F. Pezzani (Ed.), *Módulo de pasturas: Selección de lecturas y prácticos* (pp. 45-68). Universidad de la República.
- Di Marco, O. (1998). *Gasto energético de los vacunos en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/25-gasto\\_energetico\\_de\\_vacunos\\_en\\_pastoreo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/25-gasto_energetico_de_vacunos_en_pastoreo.pdf)
- Di Marco, O. (2011). *Estimación de calidad de los forrajes*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf)
- Durán, A. (1991). *Los suelos del Uruguay* (Vol. 1). Hemisferio Sur.
- Eirin, M. A. (s.f.). *Efectos del momento de oferta diaria de la pastura y del ayuno sobre el comportamiento ingestivo y la productividad de vaquillonas de biotipo carnicero* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. Sedici. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/33937/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/33937/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Elizalde, J., & Santini, F. (1992). Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el periodo otoño-invierno. *EEA INTA Balcarce. Boletín técnico*, (104), 3-27.
- Elizondo, L., Gil, A., & Rubio, L. (2003). *Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el consumo y comportamiento ingestivo de novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje sobre una mezcla de avena y raigrás en estado vegetativo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/25921?mode=full>
- Forbes, T. D. (1988). Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*, 66(9), 2369-2379. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6692369x>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (s.f.). *Ray-grass, verde*. <https://www.fundacionfedna.org/forrajes/ray-grass-verde>
- Gallardo, M. (1999). *Importancia de la fibra en otoño*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/35-importancia\\_de\\_la\\_fibra\\_en\\_otono.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/35-importancia_de_la_fibra_en_otono.pdf)
- García, J. A. (2003). *Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2878/1/15630191107142500.pdf>

- García López, G., García Pintos, L., & López Ortiz, M. (2008). *Efecto de la suplementación energética sobre la performance de novillos manejados sobre una mezcla de raigrás perenne bajo cuatro presiones de pastoreo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32727>
- Gayo, J. (1996). *Evaluación económica de distintas alternativas forrajeras*. INIA. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445040313090533.pdf>
- Gentos. (2024, 2 de marzo). *Rye Grass itálico Jack*. <https://www.gentos.com.ar/fichas/Rye%20Grass%20Italico%20Jack.pdf>
- Gutiérrez, F., & Calistro, E. (2013). Nuevas opciones en verdeos de raigrás para las siembras de otoño. *Revista INIA*, (32), 28-30. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/112761050413112951.pdf>
- Haydock, K. P., & Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 15(76), 663-670. <https://doi.org/10.1071/EA9750663>
- Hodgson, J., & Jamieson, W. S. (1979). The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass and Forage Science*, 34(4), 273-282. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01479.x>
- Illius, A. W., & Gordon, I. J. (1990). Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. En R. N. Hughes (Ed.), *Behavioural mechanisms of food selection* (pp. 369-393). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-75118-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-75118-9_19)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2010). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*. [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2010/PubForrajerasPeriodo2010.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2010/PubForrajerasPeriodo2010.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2011). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*. [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2011/PubForrajerasPeriodo2011.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2011/PubForrajerasPeriodo2011.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2012). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*. [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2012/PubForrajerasPeriodo2012.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2012/PubForrajerasPeriodo2012.pdf)

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2013). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2013/PubForrajasPeriodo2013.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2013/PubForrajasPeriodo2013.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2014). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2014/PubForrajasPeriodo2014.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2014/PubForrajasPeriodo2014.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2015). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2015/PubForrajasPeriodo2015.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2015/PubForrajasPeriodo2015.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2016). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2016/PubForrajasPeriodo2016.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajasPeriodo2016.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2017). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2017/PubForrajasPeriodo2017.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2017/PubForrajasPeriodo2017.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2018). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2018/PubForrajasPeriodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajasPeriodo2018.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2019). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2019/PubForrajasPeriodo2019\\_FINAL.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2019/PubForrajasPeriodo2019_FINAL.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2020). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2020/PubForrajasPeriodo2020.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2020/PubForrajasPeriodo2020.pdf)

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2021). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2021/PubForrajasPeriodo2021.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2021/PubForrajasPeriodo2021.pdf)
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, & Instituto Nacional de Semillas. (2022). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras*.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2022/PubForrajasPeriodo2022.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2022/PubForrajasPeriodo2022.pdf)
- Invernizzi, G., Puig, C., & Viroga, S. (2007). *Efecto de la oferta de forraje y la frecuencia del cambio de franja sobre la performance de terneros Hereford pastoreando praderas permanentes* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32809/1/InvernizziGonzalo.pdf>
- Kent, F. (2019). Verdeos de invierno. En F. Kent (Ed.), *Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa* (pp. 57-64). INTA.
- Lanciridad, M., & Loza, C. (s.f.). *Verdeos de invierno: Avena y raigrás*.  
<https://docplayer.es/12132994-Verdeos-de-invierno-avena-y-raigras-marian-lanciridad-cecilia-loza.html>
- Lázaro, M., (2015). *Herramienta para el control del proceso de recría engorde de vacunos en condiciones de pastoreo* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28099/1/L%C3%A1zaroRodr%C3%ADguezMiguel.pdf>
- Leborgne, R. (2014). *Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros*. Hemisferio Sur.
- Lombardo, S. (2012). Oferta de forraje: ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? *Plan Agropecuario*, (143), 32-35.  
[www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R\\_143\\_32.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf)
- Loza, H. J. (1993). *Morfología y fisiología de los pastos*. Universidad Autónoma de Nuevo León.  
<http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020082475/1020082475.PDF>
- Luisoni, L. H. (2010). *Ajuste de carga animal: Aspectos teóricos y recomendaciones prácticas*. Sitio Argentino de Producción Animal.  
[https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20naturales/156-Luisoni.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/156-Luisoni.pdf)

- Maschio, F., Soria, S., & Stábile, F. (2020). *Producción animal sobre una pastura de raigrás (Lolium multiflorum c. Bill Max) pastoreada por novillos bajo diferentes ofertas de forraje* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/36675>
- Méndez, D., & Davies, P. (2003). Suplementación otoñal. *Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario*, 2(2), 35-40.
- Moreyra, F., Giménez, F., López, J. R., Tranier, E., Real Ortellado, M., Krüger, H., Mayo, A., & Labarthe, F. (2014). *Verdeos de invierno*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/109-Verdeos\\_invierno.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/109-Verdeos_invierno.pdf)
- Norbis, H. (1991). Factores que influyen sobre el consumo voluntario y la performance animal. En Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Ed.), *Utilización de pasturas* (pp. 33-68). Universidad de la República.
- Parga, J., & Teuber, N. (2006). Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes. En H. Navarro, E. Siebald, & S. Celis (Eds.), *Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores*. INIA. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7073>
- Pereira, G. (2003). *La ganadería en Uruguay: Contribución a su conocimiento*. MGAP.  
<http://www2.mgap.gub.uy/portal/afiledownload.aspx?2,5,99,O,S,0,170%3BS%3B9%3B40>
- Perrachon, J. (2009). Manejo del pasto. *Plan Agropecuario*, (130), 42-45.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R130/R\\_130\\_42.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R130/R_130_42.pdf)
- Poppi, D. P., Hughes, T. P., & L'Huillier, P. J. (1987). Intake of pasture by Grazing Ruminants. En A. M. Nicol (Ed.), *Livestock feeding on pasture* (pp. 55-64). New Zealand Society of Animal Production.
- Quintans, G., Vaz Martins, D., & Carriquiry, E. (1994). Alternativas de suplementación de vaquillonas. En G. Quintans & G. Pigurina (Eds.), *Bovinos para carne: Avances en suplementación de la cría e invernada intensiva* (pp. 2-2-2-7). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/357/1/14445101212094954.pdf>
- Reinosso Ortiz, V., & Soto Silva, C. (2006). Cálculo y manejo en pastoreo controlado: Nivel de oferta forrajera y utilización de la pastura. *Veterinaria (Montevideo)*, (41), 9-14.  
<https://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/359/227>
- Rosengurtt, B., Arrillaga de Maffei, B., & Izaguirre de Artucio, P. (1970). *Gramíneas uruguayas*. Universidad de la República.
- Rovira, J. (1996). *Manejo nutritivo del rodeo de cría en pastoreo*. Hemisferio Sur.

- Simeone, A., & Beretta, V. (2004). Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos: ¿Es buen negocio suplementar al ganado? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Manejo nutricional en ganado de carne* (pp. 10-17). UPIC.  
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
- Simeone, A., & Beretta, V. (2005). Suplementación y engorde a corral: Cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Suplementación y engorde a corral: Cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero* (pp. 8-28). UPIC.  
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2005.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., & Elizalde, J. C. (2008). Encierre de terneros o sistema ADT. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Décima Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 38-41). UPIC.  
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Stockdale, C. R., & King, K. R. (1983). Effect of stocking rate on the grazing behaviour and faecal output of lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 38(3), 215-218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1983.tb01642.x>
- Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2012). Factores que afectan el comportamiento del consumo y selectividad de forraje en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 473-487. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295024923015.pdf>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Vilaró, D., Castro, M., & Pereyra, S. (2006). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigan06.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigan06.htm)
- Vilaró, D., & Pereyra, S. (2007). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigan07.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigan07.htm)
- Vilaró, D., & Pereyra, S. (2008). *Raigrás anual*. INIA.  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/raigan08.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/raigan08.htm)
- Zanoniani, R., & Ducamp, F. (2000). Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. *Cangüé*, (18), 22-26.  
[https://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/Cangué\\_18/22-26.pdf](https://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/Cangué_18/22-26.pdf)
- Zanoniani, R., & Noëll, S. (2002). *Verdeos en invierno*. Plan agropecuario.  
<http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>