

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**PRODUCCIÓN ANIMAL SOBRE UNA PASTURA DE RAIGRÁS (*Lolium  
multiflorum* cv. BILL MAX) PASTOREADA POR NOVILLOS BAJO  
DIFERENTES OFERTAS DE FORRAJE**

**por**

**Franco MASCHIO MOLINARI**

**Santiago SORIA PEREIRA**

**Facundo Esteban STÁBILE MONTES DE OCA**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2020**

Tesis aprobada por:

Director:

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

-----  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

-----  
Dr. (MSc.) Juan Franco

Fecha:

28 de diciembre de 2020

Autores:

-----  
Franco Maschio Molinari

-----  
Santiago Soria Pereira

-----  
Facundo Stábile Montes De Oca

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, hermanos y amigos, por acompañarnos durante toda la carrera y brindarnos su apoyo incondicional.

A los directores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Álvaro Simeone, por guiarnos y apoyarnos en todas las etapas de este trabajo.

Al Sr. Diego Mosqueira, Jesús Rasquin y el resto del personal de campo, por la colaboración en el manejo de los animales y a la Ing. Agr. Natalia Zabalveytia por su continua disposición y ayuda.

A la Ing. Agr. María Cecilia Ameneiros, por brindarnos su ayuda en la escritura del trabajo.

A la Lic. Sully Toledo por su colaboración y su disposición en la presentación de la tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....   | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....  | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....   | VII    |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 1      |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....  | 3      |
| 2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 3      |
| 2.2. <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES DE VERDEO<br/>        MÁS UTILIZADOS</u> ..... | 4      |
| 2.2.1. <u>Avena</u> .....   | 4      |
| 2.2.2. <u>Raigrás</u> .....   | 6      |
| 2.2.2.1. <u>Raigrás Bill Max</u> .....  | 6      |
| 2.2.3. <u>Condiciones que promueven una alta producción de los verdes</u> .....                     | 8      |
| 2.3. <u>FACTORES DETERMINANTES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN<br/>        PASTOREO</u> .....            | 8      |
| 2.3.1. <u>Consumo de materia seca y comportamiento ingestivo</u> .....                              | 9      |
| 2.3.2. <u>Eficiencia de conversión</u> .....  | 11     |
| 2.3.3. <u>Manejo del pastoreo</u> .....   | 11     |
| 2.3.3.1. <u>Intensidad de pastoreo</u> .....  | 13     |
| 2.3.3.2. <u>Frecuencia de pastoreo</u> .....  | 14     |
| 2.3.3.3. <u>Manejo del rebrote</u> .....  | 15     |
| 2.4. <u>RESPUESTA ANIMAL A LA ASIGNACIÓN DE FORRAJE</u> .....                                       | 17     |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.1. <u>Ganancia individual</u> .....                        | 17 |
| 2.4.2. <u>Producción de carne por unidad de área</u> .....     | 21 |
| 2.4.2.1. Efecto de la carga sobre la producción animal.....    | 21 |
| 2.5. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA PASTORIL.....               | 23 |
| 2.6. HIPÓTESIS.....  | 26 |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....                           | 27 |
| 3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....                         | 27 |
| 3.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....                   | 27 |
| 3.3. CLIMA.....  | 28 |
| 3.4. PASTURA.....  | 28 |
| 3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTO.....                               | 29 |
| 3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....                           | 29 |
| 3.8. REGISTROS Y MEDICIONES.....                               | 30 |
| 3.8.1. <u>Comportamiento ingestivo y tasa de consumo</u> ..... | 31 |
| 3.8.2. <u>Variables calculadas</u> .....                       | 31 |
| 3.8.2.1. Utilización del forraje.....                          | 31 |
| 3.8.2.2. Consumo de materia seca.....                          | 32 |
| 3.8.2.3. Ganancia de peso diaria.....                          | 32 |
| 3.8.2.4. Ganancia de peso por hectárea.....                    | 32 |
| 3.8.3. <u>Análisis químico</u> .....                           | 32 |
| 3.8.4. <u>Análisis estadístico</u> .....                       | 32 |
| 4. <u>RESULTADOS</u> .....                                     | 36 |
| 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE.....                         | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....                              | 36 |
| 4.2.1. <u>Composición química del forraje ofrecido</u> .....         | 41 |
| 4.3. CONSUMO DE MATERIA SECA Y PRODUCCIÓN INDIVIDUAL.....            | 42 |
| 4.3.1. <u>Consumo</u> .....  | 42 |
| 4.3.2. <u>Comportamiento animal</u> .....                            | 44 |
| 4.3.4. <u>Ganancia diaria y peso al final del invierno</u> .....     | 45 |
| 4.4. PRODUCCIÓN POR HECTÁREA.....                                    | 45 |
| 5. <u>DISCUSIÓN</u> .....  | 48 |
| 5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....                              | 48 |
| 5.1.1. <u>Disponibilidad, rechazo y utilización de forraje</u> ..... | 48 |
| 5.1.2. <u>Composición química</u> .....                              | 48 |
| 5.2. CONSUMO DE MATERIA SECA Y PRODUCCIÓN INDIVIDUAL.....            | 49 |
| 5.3. PRODUCCIÓN POR HECTÁREA.....                                    | 50 |
| 6. <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 52 |
| 7. <u>RESUMEN</u> .....  | 53 |
| 8. <u>SUMMARY</u> .....  | 55 |
| 9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....   | 57 |
| 10. <u>ANEXOS</u> .....  | 71 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.   | Página |
|--|--------|
| 1. Producción de materia seca del cultivar Bill Max bajo cuatro cortes en la EEA Mercedes, Corrientes en 2011 .....  | 7      |
| 2. Efecto de diferentes asignaciones de forraje en la performance animal durante el invierno sobre diferentes tipos de pasturas .....  | 17     |
| 3. Temperatura mínima, media y máxima y precipitaciones registradas en el período experimental .....   | 36     |
| 4. Efecto de la asignación de forraje sobre la disponibilidad pre-pastoreo (kg MS/ha), forraje rechazado (kg MS/ha), utilización (%) y producción de forraje (kg MS/ha) de una pastura de raigrás cv. Bill Max pastoreada por novillos Hereford desobreaño desde el 24/05/2018 al 28/09/2018 ..... | 37     |
| 5. Análisis químico de la pastura al inicio del Período 1 y al inicio del Período 2.....   | 41     |
| 6. Consumo de materia seca de forraje, composición química y producción de carne individual .....  | 42     |
| 7. Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, rumia y descanso .....   | 44     |
| 8. Producción de forraje, tasa de crecimiento, carga y producción de carne por hectárea, según la asignación de forraje para novillos Hereford de sobreaño pastoreando una pastura de raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018 .....   | 46     |
| Figura No.   |        |
| 1. Contribución de los distintos meristemas a la producción de biomasa y la tasa de crecimiento de cada uno luego de una defoliación .....   | 15     |
| 2. Efecto de la asignación de forraje sobre la utilización del mismo en pasturas y verdeos pastoreados por novillos Hereford en distintas épocas del año.....  | 20     |
| 3. Ganancia diaria promedio de novillos Hereford pastoreando verdeos o praderas a distintas asignaciones de forraje y en distintas épocas del año .....  | 21     |

|  |    |
|--|----|
| 4. Producción individual y por unidad de superficie en relación a la carga<br>(animales por unidad de superficie).....   | 22 |
| 5. Modelo conceptual de las relaciones suelo-clima-planta-animal.....  | 24 |
| 6. Croquis del área experimental.....  | 27 |
| 7. Temperatura media diaria y precipitaciones mensuales para el período<br>2002-2017 y el año 2018, en el área experimental .....  | 28 |
| 8. Ubicación espacial y temporal de los tratamientos en el<br>desarrollo del experimento .....   | 30 |
| 9. Evolución de la disponibilidad de materia seca pre pastoreo (kg MS/ha)<br>a lo largo de las semanas según asignación de forraje para una pastura de raigrás<br>Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreaño desde el 24/5/2018 al<br>28/9/2018 .....                 | 38 |
| 10. Efecto de la asignación de forraje sobre la disponibilidad pre-pastoreo<br>(kg MS/ha), forraje rechazado (kg MS/ha) y utilización (%) de una pastura<br>de raigrás cv. Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreaño desde el<br>24/5/2018 al 28/9/2018 .....        | 39 |
| 11. Materia seca de forraje pre pastoreo (kg MS/ha) asociado a los días de descanso<br>de la pastura en cada tratamiento (kg MS/100 kg de peso vivo)<br>en una pastura de raigrás Bill Max pastoreada por novillos Hereford<br>de sobreaño desde el 24/5/2018 al 28/9/2018 ..... | 40 |
| 12. Efecto de la asignación de forraje sobre el consumo de materia seca de forraje<br>(% peso vivo), ganancia media diaria (kg/animal/día) y peso al final del invierno en<br>novillos Hereford de sobreaño pastoreando raigrás Bill Max del 24/5/2018 al<br>28/9/2018 .....     | 43 |
| 13. Consumo de materia seca de forraje (% del PV) y disponibilidad de forraje pre-<br>pastoreo (kg MS/ha) de una pastura de raigrás Bill Max pastoreada por novillos<br>Hereford de sobreaño en dos asignaciones de forraje<br>(2,5 y 10 kg MS/100 kg de PV) .....               | 44 |
| 14. Efecto de la asignación de forraje (kg MS/100 kg de peso vivo)<br>sobre la ganancia media diaria (kg/día) y producción de carne por hectárea   |    |

|  |    |
|--|----|
| (kg carne/ha) de novillos Hereford de sobreaño pastoreando raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018.....   | 46 |
| 15. Efecto de la asignación de forraje (kg MS/100 kg de peso vivo) sobre la ganancia media diaria (kg/día) y producción de carne por hectárea (kg carne/ha) de novillos Hereford de sobreaño pastoreando raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018..... | 47 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Las bajas temperaturas características del otoño e invierno en Uruguay, así como la baja radiación incidente, determinan un estancamiento en el crecimiento de las pasturas que se extiende desde el mes de mayo hasta el período de rebrote en primavera. Este crecimiento enlentecido del campo natural, en ocasiones, genera déficit de forraje, condicionando la carga animal y, por ende, los resultados físicos y económicos de un establecimiento.

Las pasturas anuales invernales o verdes de invierno son una de las opciones para enfrentar la problemática mencionada en el párrafo anterior, ya que, bajo condiciones ambientales adecuadas, estas especies forrajeras presentan una alta producción de materia seca de alto valor nutritivo.

La importancia de los mismos ha aumentado últimamente, debido a la intensificación que se ha dado en la ganadería uruguaya. Hoy por hoy, dentro de las rotaciones, los verdes son cada vez más utilizados por los beneficios que le atribuye al sistema de producción tanto como cobertura, pastoreo y servicios ecosistémicos.

Según los datos obtenidos por MGAP. DIEA (2019), la superficie de verdes ha ido aumentando en los últimos años, pasando de 232 mil hectáreas en 2011 a 301 mil en 2018.

Los verdes de invierno más sembrados en el país están compuestos por *Avena byzantina* y/o raigrás anual. Ambos cultivos son frecuentemente utilizados tanto en la cría de terneros como en el engorde de novillos.

El raigrás Bill Max surge más recientemente como una opción a la necesidad de obtener forraje temprano en el otoño, ya que tiene mayor precocidad en comparación a otros cultivares, sumándole una buena calidad de remanentes a causa de que su proceso de selección genética fue llevada a cabo bajo pastoreo. Esta capacidad de producir forraje temprano, sumada a las otras que se le atribuyen a la especie mencionadas anteriormente, hacen de este material una buena alternativa forrajera para enfrentar el déficit de forraje invernal.

El manejo de la intensidad de pastoreo a través de la oferta de forraje incide sobre la carga animal, siendo determinante tanto de la producción de materia seca de forraje, como de la producción de carne por animal y por hectárea.

Es escasa la información para este cultivar cuantificando el potencial de producción animal en respuesta a niveles crecientes en la oferta de forraje a la cual se pastorea. Estudios previos realizados por Simeone et al., Damonte et al., citados por

Simeone y Beretta (2004a) reportan un efecto positivo en la ganancia media diaria frente al aumento de la asignación de forraje de raigrás LE 284 por animal entre 2,5 y 5,0 kg MS/100 kg de peso vivo, mientras que la eficiencia de utilización del mismo disminuye, potencialmente incidiendo sobre la producción por unidad de superficie. Sin embargo, esta evaluación no contempla el uso de elevadas asignaciones de forraje.

Disponer de información sobre un nuevo cultivar, evaluado a mayores asignaciones de forraje contribuiría a generar coeficientes técnicos que sean útiles a la hora de planificar y tomar decisiones. Por lo tanto, el objetivo de este 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. Bill Max) sobre el crecimiento animal, producción de carne invernal por unidad de área, y eficiencia de utilización del forraje.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La cría en el país se lleva a cabo principalmente sobre pasturas naturales. Un amplio número de trabajos realizados a nivel nacional han demostrado que terneros pastoreando campo natural en invierno registran pérdidas de peso en el entorno de los 0.15 a 0.2 kg/día, mientras que en el resto de las estaciones se reportan ganancias, siendo altas en primavera y moderadas en verano-otoño (Pigurina, 2001). Esto se explica fundamentalmente por la oferta de forraje, la cual se hace máxima en primavera y mínima en invierno, debido a que las especies estivales son las más frecuentes, siendo responsables de un 60 a 80 % en el recubrimiento del suelo (Berretta, citado por De Brum, 2004). A esto se le suma el lento crecimiento otoñal y las bajas temperaturas del invierno, las cuales determinan escasez de forraje en el otoño e invierno (Zanoniani y Noëll, 2003b). Siguiendo esta línea, Carámbula (2007b) sostiene que la falta de forraje en invierno es uno de los problemas más importantes que debe enfrentar un productor ganadero.

Los verdeos de invierno aparecen como una de las herramientas para hacerle frente a esta problemática y para lograrlo, el productor tendrá que elegir entre distintas especies y cultivares, los cuales, según sus características, podrán cubrir las necesidades de cada situación particular. Estos verdeos presentan como ventajas la producción de forraje en los momentos que el campo natural y las praderas presentan una producción de pasto insuficiente; el uso eficiente del agua y fertilizantes para producir materia seca; altas tasas de crecimiento en épocas críticas del año y un aporte rápido de forraje por precocidad y buen rebrote (Carámbula, 2007b).

No obstante, para que los verdeos sean rentables, los mismos deben producir elevados rendimientos de materia seca de calidad. Esto se debe a los elevados costos de implantación con relación al período de utilización, ya que deben ser amortizados en un año, a diferencia de las praderas convencionales que son de mayor duración. En consecuencia, no sólo la elección de la especie y cultivar es determinante para lograr los objetivos deseados, sino que se debe realizar un correcto manejo del mismo, ya que este tiene gran influencia en la producción total.

La productividad de un sistema pastoril integra la producción de forraje, su utilización por parte de los animales y la eficiencia con la que este forraje es transformado en producto animal (Hodgson, citado por Nin et al., 2014). Hay una interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo que comprende un proceso dinámico y de doble vía donde los aspectos físico-químicos y morfológicos de la pastura inciden en el comportamiento ingestivo del animal y, por otro lado, el forraje consumido definirá la cantidad y tipo de material remanente, factores determinantes en la capacidad de rebrote de la pastura (Chilibroste, 2002).

Según Nin et al. (2014) "*El consumo de nutrientes en pastoreo es la variable que tiene mayor incidencia en la producción animal y este puede estar regulado tanto por factores propios del animal, así como también influye la disponibilidad y la calidad de la pastura (Poppi et al., 1978), la presión de pastoreo (Elizondo et al., 2003) y la posibilidad de selección del alimento (Montossi et al., 1996).*"

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES DE VERDEOS MÁS UTILIZADOS

### 2.2.1. Avena

La avena es ampliamente reconocida por su buena producción de forraje, su precocidad, la capacidad de macollar y por ser una especie que se adapta a las siembras tempranas (Perrachón, 2010).

El período de siembra se extiende desde febrero a julio, dependiendo de la variedad y el destino de la misma (forraje en pie, reserva y/o grano). En el mercado local existen tres grupos de especies: avena negra (*Avena strigosa*), avena amarilla (*Avena byzantina*) y avena blanca (*Avena sativa*). Todas logran muy buena producción de forraje; una de las principales diferencias es en el momento del año que realizan el mayor aporte del mismo y en la producción de grano (Perrachón, 2009).

Los cultivares más utilizados de *Avena byzantina* son LE 1095 A, RLE 115 y Protina 34. Éstos se destacan por la posibilidad de siembras tempranas (febrero), sin encañar tempranamente. También por su buena adaptación al pastoreo, combinando ciclos largos, hábito de crecimiento semipostrado y buen macollaje. Estas características les permiten un largo período de pastoreo y posibilidad de cierre para la cosecha de semilla o reserva de forraje (Perrachón, 2010).

Por otra parte, los materiales más usados de *Avena sativa* en el mercado son Calprose Amazona, INIA Polaris, Calprose Soberana, INTA Máxima, entre otras. Se caracterizan por ciclos más cortos, mayor precocidad, hábito de crecimiento semierecto, menor macollaje, cañas más gruesas y buena producción de grano. De acuerdo a estas características, si el objetivo es obtener forraje y cosecha de grano, se debe tener en cuenta la fecha de siembra (marzo – abril) y el manejo de pastoreo. En siembras de febrero, tienen el inconveniente que, en los veranillos de mayo, se encañan rápidamente lo que resulta en pérdida de calidad. Para evitar este problema, es necesario incrementar la intensidad de pastoreo y disminuir el tiempo entre los mismos (Perrachón, 2009).

Por último, la *Avena strigosa* (negra), está disponible en el mercado como Calprose Azabache, IAPAR 61, entre otras. Se caracteriza por sembrar menos kilos por hectárea que el resto de las avenas (debido al menor tamaño de la semilla) y una de las principales ventajas es el temprano y rápido aporte de forraje (Perrachón, 2009). Se debe

tener en cuenta que la avena negra requiere pastoreos muy controlados desde épocas tempranas, dado que se trata de una especie muy precoz y tiende a encañar a mediados de otoño y de no manejarse de esta manera, se verían muy afectados sus rebrotes (Carriquiry et al., 1993).

En ensayos realizados por INIA e INASE (2018), en el que se evaluaron diferentes cultivares de avena, se registraron producciones que van desde los 7700 a 10000 kg MS/ha para los cultivares de avena negra, mientras que los cultivares de *Avena byzantina* mostraron producciones anuales totales superiores, que rondaron los 7700 a 12000 kg MS/ha. También se puede observar que *Avena strigosa* presenta mayor precocidad y un ciclo productivo más corto (ver Anexo No. 1).

En cuanto al valor nutritivo de la especie, Mieres et al. (2004) reportan la evolución del porcentaje de materia seca, proteína cruda y energía metabolizable, a lo largo del ciclo del cultivo. Con respecto al porcentaje de materia seca, el valor más bajo se da en otoño (14,2%), aumentando en invierno (19,2%) y alcanzando el valor más alto en primavera (34,6%). Por otro lado, el porcentaje de proteína presenta el valor más alto en invierno (17,8%), intermedio en otoño (16,3%) y mínimo en primavera (13,7%). Por último, la energía metabolizable presenta un comportamiento similar a la proteína cruda, con un máximo en invierno (2,58 MCal/kg MS), un valor intermedio en otoño (2.51 Mcal/kg MS) y el valor más bajo se da en primavera (2.37 MCal/kg MS).

Con respecto a la producción secundaria en verdeos de avena, Kloster et al., citados por Scheneiter (s.f.), reportaron ganancias en el entorno de los 0,650 kg por día y una producción de carne total de 517 kg/ha, manejando una carga de 1470 kg de peso vivo por hectárea en un período que fue desde julio a octubre, mientras que manejando una carga de 1205 kg PV/ha, la ganancia diaria fue de 0.610 kg/día, alcanzando una producción de 320 kg/ha, pastoreando desde julio a setiembre. Esta disminución en la producción puede deberse a un ataque de roya de la hoja y heladas sobre el verdeo que ocurrieron durante el ensayo.

Por lo que, la principal desventaja que presenta la avena es su marcado ciclo invernal, encañando en primavera y deteniendo la producción de forraje. Además, las variedades difundidas en el país presentan sensibilidad al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) y a la roya de la hoja, que tiene incidencia en siembras tempranas (Rebuffo, 2000).

### 2.2.2. Raigrás

El raigrás es otro de los verdes de invierno más utilizados. Cuenta con numerosos atributos que lo hacen una buena opción forrajera a la hora de elegir la especie a sembrar. Es una gramínea muy rústica, de buena producción de forraje, excelente calidad, muy buen rebrote, buen comportamiento sanitario y con gran resistencia al pastoreo (Perrachón, 2010).

Una vez que se implantan los raigrases, ofrecen una gran resistencia al pastoreo, por lo que no sólo soportan altas dotaciones, sino que, además, se presenta como una de las plantas forrajeras de mayor digestibilidad (entre 70 y 88%), siempre que reciba una fertilización apropiada. Además, se puede decir que su valor nutritivo es elevado y que los parámetros de calidad se encuentran muy equilibrados en sus tejidos. Este último aspecto lo diferencia frente a varios cereales de invierno y de verano. A estas características hay que sumarle una muy alta palatabilidad, probablemente una de las más altas en plantas forrajeras, siendo aceptado por todos los animales (Carámbula, 2007b).

En evaluaciones realizadas por el convenio INIA e INASE (2018) sobre raigrás anual, el testigo (*Lolium multiflorum* cv. LE 284) sembrado el 22/3/2018 sobre el que se realizaron seis cortes, tuvo una producción acumulada de 7287 kg MS/ha.

En evaluaciones de producción secundaria, Kloster et al., citados por Scheneiter (s.f.), registraron ganancias por animal en el entorno de los 0,730 kg/día y producciones por hectárea de 576 kg, con una carga de 1700 kg de peso vivo (PV) por hectárea, pastoreando desde julio a setiembre, mientras que con una carga de 1472 kg PV/ha, no se encontraron diferencias tanto en ganancia diaria individual como producción de carne por hectárea, respecto a la carga de 1700 kg PV/ha.

Datos obtenidos por Borrajo et al. (2011), para tres niveles distintos de carga animal con terneras de recría: 3, 4,2 y 5,5 animales/ha (equivalentes a 556, 705 y 935 kg PV/ha, respectivamente), se obtuvieron ganancias diarias de 0,928, 0,877 y 0,791 kg/animal y producciones de carne por hectárea de 285, 374 y 440 kg/ha.

#### 2.2.2.1. Raigrás Bill Max

Como se mencionó anteriormente, la avena ofrece forraje más temprano en el otoño por su mayor precocidad y el raigrás a la avena en invierno y primavera. Es por este motivo que muchas veces estas especies se utilizan en mezcla, ya que combinan casi perfectamente, aumentando la producción total y con una excelente mejora en la contribución estacional del forraje (Zanoniani y Noëll, 2003).

Otra alternativa es utilizar un cultivar que reúna las características productivas de ambas especies. Este es el caso del raigrás Bill Max un cultivar anual tetraploide sin requerimientos de frío, el cual fue seleccionado, entre otras características, por precocidad. De esta manera este cultivar brinda forraje a los 45-50 días luego de sembrado.

En una evaluación de cultivares sembrados el 13 de abril en la Estación Experimental Agropecuaria Mercedes del INTA para el año 2011 el cultivar Bill Max se destacó junto otros raigrases tetraploides con una alta producción de materia seca al primer y segundo corte (mayor a 2500 kg/ha entre ambos cortes) con buena disponibilidad de humedad y respondiendo positivamente a la fertilización nitrogenada inicial (Barbera et al., 2012, Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Producción de materia seca del cultivar Bill Max bajo cuatro cortes en la EEA Mercedes, Corrientes en 2011

|                                 | 1       | 2       | 3       | 4       | TOTAL |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Fecha de corte                  | 15-jun. | 18-ago. | 05-oct. | 23-nov. |       |
| Producción acumulada (kg MS/ha) | 1227    | 1369    | 1304    | 914     | 4815  |

Cabe destacar que la baja humedad en el suelo al segundo corte imposibilitó la refertilización del verdeo. Esto puede explicar que no se haya alcanzado rendimientos muy elevados en el tercer y cuarto corte, cosechando el 60% de la producción acumulada a mediados de agosto (Barbera et al., 2012).

En otra evaluación llevada a cabo en INTA Marcos Juárez en 2012 se evaluó la producción de varios cultivares de raigrás bajo cuatro cortes. Los cortes fueron realizados el 08/6; 10/7; 24/8; 28/9. El raigrás Bill Max mostró una producción total de 6640 kg MS/ha, distribuidos en 30%, 20%, 21%; 29% para los distintos cortes, respectivamente. En base a esto, se puede observar que no hubo diferencias significativas con respecto al promedio de los cultivares, tanto para la producción total, como en el rendimiento en cada corte (Amigone et al., 2012. ver Anexo No. 3).

### 2.2.3. Condiciones que promueven una alta producción de los verdeos

La producción de materia seca potencial de los verdeos de invierno está limitada principalmente por la temperatura y la humedad. Según Holt, citado por Carámbula (2007b), cuando ocurren temperaturas de 4,5 grados Celsius, hay muy poco crecimiento, y cuando la misma asciende por encima de los 15 grados, la producción de materia seca se eleva progresivamente. Por otra parte, el raigrás es muy sensible a la falta de humedad en el suelo, por lo tanto, se recomienda sembrar en fechas cercanas al 15 de marzo, para evitar condiciones de estrés hídrico (Pauletti, 2015).

Datos similares son reportados por Costa et al. (2004), quienes sostienen que la fecha de siembra óptima es la primera quincena de marzo, donde las condiciones de longitud del día y temperaturas permiten un buen crecimiento inicial y llegar a una fecha temprana de pastoreo. En la Estación Experimental Agropecuaria C. del Uruguay se ha medido el efecto del atraso en la fecha de siembra sobre la producción inicial de forraje, determinando que las tasas de crecimiento hasta el primer corte fueron de: 16,1; 13,8 y 8,3 kg MS/ha/día, en siembras de marzo, abril y mayo, respectivamente.

Por otra parte, la fertilización de pasturas y verdeos es una de las herramientas disponibles para incrementar la oferta de forraje por unidad de superficie, tiempo y, consecuentemente, la producción animal (García et al., 2002).

Los nutrientes que adquieren mayor importancia en la fertilización de verdeos son fósforo y nitrógeno. Los requerimientos del primero para gramíneas se encuentran en el entorno de 8 a 10 ppm en los primeros 0 a 15 cm del suelo. En cuanto al nitrógeno, estudios llevados a cabo por el INTA muestran que existe una alta respuesta del raigrás a la fertilización nitrogenada, registrándose un incremento medio de 14 kg MS/kg N en dosis de 20 a 140 kg de nitrógeno por hectárea ( $R^2= 0.57$ ). La mayor respuesta se da en los primeros dos meses de aplicado, fertilizaciones a la siembra que tienen efecto en el primer corte (Zanettini et al., 2018).

## 2.3. FACTORES DETERMINANTES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN PASTOREO

La producción animal bajo pastoreo es el resultado del producto de tres factores: la producción de forraje, el consumo de forraje y la eficiencia de conversión de ese forraje en producto animal (Hodgson 1990, Briske y Heitschmidt 1991b). Asimismo, Blaser et al., Mc Meekan y Walshe, citados por Montossi et al. (1995), sostienen que tanto la cantidad como la calidad del forraje consumido por el animal tienen incidencia sobre la producción de carne, sumado a la habilidad del animal para digerir y transformar ese material consumido en nutrientes asimilables. Stobbs y Hodgson, citados por Montossi et al. (1995), Elizalde (2003), concuerdan en que el consumo diario de forraje es el factor más importante en la producción animal en pastoreo.

### 2.3.1. Consumo de materia seca y comportamiento ingestivo

El consumo en pastoreo es dinámico y puede estar influenciado por factores inherentes a la pastura, el animal y el ambiente. Cambios en la calidad, la cantidad y la distribución del forraje disponible tienen una gran incidencia en el consumo (Galli et al., 1996).

Cuando la cantidad de forraje es alta, pero de baja calidad, la distensión de la pared del retículo-rumen es el principal mecanismo de regulación del consumo de forraje en rumiantes en pastoreo, aunque la digestibilidad y la tasa de pasaje también afectan el consumo voluntario (Mejía Haro, 2002). Cuando hay un escenario de alta cantidad y alta calidad de forraje, el consumo está regulado principalmente por mecanismos metabólicos. Por otra parte, cuando la cantidad de forraje, disponibilidad efectiva o accesibilidad es baja, la calidad del forraje no tendría efecto sobre el consumo, sino que este estaría determinado por el comportamiento ingestivo del animal a través del peso de bocado, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo (Cangiano, 1997).

El peso de bocado es la principal variable que modifica el consumo diario y depende principalmente de las características de la pastura. Por otra parte, el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado son variables compensatorias, que dependen de características de la pastura, pero más que nada del estado interno del animal como, por ejemplo, el balance energético, llenado del rumen, y expectativas de oportunidad de consumo (Silberman et al., 2004).

Como se mencionó en el párrafo anterior, el área y peso de bocado son determinados principalmente por características de la pastura, más que por la dimensión de la boca del animal y son afectados progresivamente con la defoliación, ya que la pastura se torna de menor altura y más difícil de cosechar por el animal. Esto también tiene consecuencias sobre el remanente y, por ende, en el rebrote de la planta luego de la defoliación (Cangiano et al., 2002).

Siguiendo esta línea, Laca et al., citados por Chilibroste (2002), sostienen que, utilizando pasturas artificialmente construidas, la altura y densidad del forraje son los factores más importantes en la definición de la profundidad y área de bocado y consecuentemente, en el peso del mismo. A su vez, según estos autores, la altura de la pastura es el factor más importante, existiendo una relación curvilínea entre la altura de la pastura y el peso de bocado. Esta relación es estable e influenciada en los valores absolutos por la densidad de la pastura.

Castillo Gallegos et al. (2009), respaldan lo mencionado anteriormente, alegando que diversos estudios sugieren que la altura de la pastura ejerce un importante grado de control sobre el tamaño de bocado y, por consiguiente, sobre el consumo de

materia seca del animal, ya que existe una alta correlación entre ambas variables. Es por esto que la altura puede ser utilizada como variable descriptiva del estado de la pastura y por eso es importante incluirla como medición rutinaria.

Por otra parte, cuando se correlaciona la altura de la pastura con el tiempo de pastoreo, se observa que puede llegar a haber un incremento en el tiempo de pastoreo por cada centímetro reducido en altura. A su vez, no solo es importante la oferta de forraje, sino que como es demostrado por Mott, también lo es la estructura del mismo (Trindade et al., 2012).

Las reducciones de tiempo de pastoreo están asociadas a la abundancia de biomasa, pero si esta oferta no es controlada, la estructura del forraje lleva a problemas en el proceso de ingestión del mismo. Esto se debe a que aumenta la presencia de manchones de forraje envejecido que estimulan el proceso de selección por parte de los animales, aumentando el tiempo de pastoreo (Trindade et al., 2012).

Las praderas con alta masa de forraje contienen mayores proporciones de tallo y material muerto, por lo que el forraje en estos casos es menos digestible (Holmes et al., 1993). Este es un factor a tener en cuenta, ya que hay una interacción entre el animal y el pasto y sus características que determinan la selección de la dieta y su calidad. Esto resulta en variaciones en la tasa y la cantidad de forraje consumido por el animal (Lemaire et al., 2000).

Por otra parte, Poppi et al., citados por Canén et al. (2016), clasifican los factores que inciden en el consumo de forraje. Estos sugieren que el consumo en condiciones de pastoreo está regulado principalmente por dos grupos de factores: I) factores nutricionales y II) no nutricionales. Ambos se describen a continuación.

**Factores no-nutricionales:** las características estructurales no-nutricionales del tapiz, tales como disponibilidad, altura del forraje y densidad, son determinantes del tamaño y el peso del bocado, principal componente de la tasa de consumo (Chilibroste, 1998).

**Factores nutricionales:** los factores de origen nutricional están relacionados con las propiedades nutritivas de los alimentos (digestibilidad, proteína y energía) y actúan cuando la oferta se aproxima al máximo que el animal puede consumir (Poppi et al., 1987). Cuando el animal tiene acceso a una oferta no limitada de la pastura, el consumo aumenta al incrementarse el valor nutritivo del forraje seleccionado (Ganzábal, citado por Lawlor et al., 2011).

### 2.3.2. Eficiencia de conversión

Según Shike (2013), la eficiencia de conversión es la cantidad de alimento consumido para ganar una unidad de peso animal, pudiéndose expresar en kilogramos.

Carstens et al., citados por Burjel et al. (2017), sostienen que el término implica una relación entre productos (salidas del sistema) e insumos (entradas del sistema). Las mayores eficiencias se obtienen con el menor uso de insumos para generar un nivel de producto determinado, o con una cantidad de productos determinada, una mayor producción, o una combinación de ambas.

Según los datos reportados por Chalking (2008) en un experimento en el que se compara la eficiencia de conversión de varias pasturas, el raigrás es el que presenta la mayor eficiencia de conversión (11:1), superando a un verdeo de avena (15:1). Esto implica una menor relación insumo/producto, en términos de producción animal (ver Anexo No. 5).

Este valor de eficiencia varía según la categoría animal, las razas, el estado reproductivo y el nivel de producción de leche, en caso de lactancia (Reuter et al., 2017). Es preciso aclarar que, en la recría de novillos, la eficiencia de conversión depende, además de la genética, de la edad. Animales más jóvenes tienen mayores tasas de síntesis y degradación proteica (turn over), lo que hace que crezcan más rápido, requiriendo un menor consumo por kilogramo ganado (Di Marco, citado por Moreira, 2017).

A lo largo de la vida del animal, tiende a cambiar la composición de la ganancia de peso, en base a los tejidos sintetizados. Los niveles de grasa del animal van en aumento, lo cual impacta directamente en la eficiencia de conversión, ya que, los costos energéticos (Mcal) para fijar un kilogramo de tejido adiposo, son casi el doble que para fijar un kilogramo de tejido magro, 5.5 vs 9,5 Mcal/kg, respectivamente (Bauza, 2012, ver Anexo No. 7).

### 2.3.3. Manejo del pastoreo

El manejo de la pastura impuesto por el hombre es responsable de la expresión del potencial productivo y de la persistencia de ésta. Es por esto que la capacidad del hombre de conducir el manejo adquiere una gran importancia (Perrachón, 2009).

Si bien la producción de forraje de los verdeos de invierno depende, en primer lugar, de las condiciones climáticas y el suelo, el manejo del pastoreo impuesto al verdeo es determinante en la producción de materia seca (Carámbula, 2007b).

Según Zanoniani et al. (2003), el manejo del pastoreo de cualquier especie forrajera se encuentra directamente relacionado con características morfo-fisiológicas de la misma, que se pueden generalizar en la disposición de sus macollas con respecto al suelo, su capacidad de macollaje y su largo de ciclo.

Se puede decir que, en líneas generales, pastoreos más aliviados y con menor frecuencia determinan menor calidad de la dieta, dado que hay menor cantidad de hojas verdes y más material muerto en los estratos más bajos (Gregorini et al., citados por Asuaga et al., 2011) lo que reduce la digestibilidad del forraje ofrecido.

En relación a lo anterior, se encontró, en investigaciones en raigrás, que las zonas más pastoreadas tienen mayor digestibilidad y densidad de nutrientes, que las zonas no pastoreadas (Cid y Brizuela, 1998).

El pastoreo severo asegura la cosecha eficiente del forraje, pero en ocasiones, puede reducir la producción de forraje al minimizar la captación de energía lumínica. El pastoreo aliviado maximiza la producción primaria, pero a costa de que un porcentaje elevado de biomasa senesca y muera en lugar de ser consumido por los animales. El manejo que optimiza la producción primaria y secundaria, resulta de una defoliación que no comprometa la eficiencia de captación de energía lumínica y, a su vez, que sea removido antes de que senesca una alta proporción del material verde (Parsons, citado por Colabelli et al., 1998).

Pensando en el manejo del pastoreo al corto plazo, las hojas tienen un ciclo de vida acotado. Luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere. Las gramíneas forrajeras tienen un máximo número de hojas vivas y llegado ese valor, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere (Davies, citado por Colabelli et al., 1998). Por ejemplo, en raigrás perenne el promedio de hojas vivas por macollo raramente excede las tres hojas y la aparición de una cuarta hoja tiende a ser contrabalanceada por la pérdida de la primera que se formó (Colabelli et al., 1998).

Otra cosa a tener en cuenta es que a medida que la planta se aproxima a la madurez reproductiva, a pesar de que el rendimiento en materia seca sea mayor, también aumenta en proporción las paredes celulares y su lignificación, lo que hace disminuir la digestibilidad de forraje y, por lo tanto, la disponibilidad de nutrientes (García, 2013). Según ciertos autores, por cada unidad de incremento del porcentaje de restos secos, el porcentaje de digestibilidad de la pastura disminuye un 0,5% (Carámbula, 2007a).

### 2.3.3.1. Intensidad de pastoreo

El rendimiento de cada pastoreo (intensidad) está dado por la altura del forraje remanente al retirar los animales. Esto también condiciona el rebrote y, por ende, la producción total de la pastura. Por lo tanto, la mayor intensidad de pastoreo influye positivamente en la cantidad de forraje cosechado, pero negativamente en la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 2004).

Escuder (1996) sostiene que la intensidad de pastoreo es el principal factor que afecta la productividad de un sistema pastoril y que puede ser regulado a través de la carga (tipo y número de animales por unidad de área) y el método de pastoreo, el cual afecta la distribución espacial y temporal de los animales en los distintos potreros.

Según Parsons y Chapman (2000) la plasticidad de la estructura de la pastura puede ser dañada notablemente con cambios en el manejo. Si una pastura está sin pastoreo durante mucho tiempo, desarrolla una estructura adaptada para sostener una alta biomasa (baja densidad de macollos de gran tamaño), y al ser luego pastoreada en forma severa puede verse limitado su crecimiento.

Al incrementar la altura de la pastura, aumenta la fotosíntesis bruta, hasta un punto donde se estabiliza, en este momento es cuando la fotosíntesis neta también se estabiliza, existe una diferencia entre la bruta y la neta, que es debida a la respiración y al crecimiento radicular, el cual se hace a expensas de productos obtenidos de la fotosíntesis. En el caso de sistemas pastoriles permitir que la tasa de senescencia aumente, es perder eficiencia en el proceso de pastoreo y perder alimento ya producido (Parsons y Chapman, 2000).

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

Según Carámbula (2004), es muy importante en todos los casos que el forraje remanente sea realmente eficiente. Para esto, el mismo debe estar formado por hojas nuevas, con mínimos porcentajes de restos secos, lo cual compensa temporalmente los eventuales IAF bajos. Es por esto que sostiene que cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el remanente sin afectar desfavorablemente el crecimiento posterior. Es por este motivo que las especies postradas admiten 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 hasta 5-7,5 cm en el caso de las erectas.

La intensidad de pastoreo está directamente relacionada con la ganancia de peso vivo por animal y por hectárea. Presiones de pastoreo que permitan una alta

disponibilidad de forraje por animal y la posibilidad de realizar pastoreos selectivos, lograrán un mejor comportamiento individual comparado a presiones más altas, que son las que maximizan la producción por hectárea (Mott, 1960).

#### 2.3.3.2. Frecuencia de pastoreo

La frecuencia de pastoreo refiere al intervalo entre dos pastoreos sucesivos de un mismo o potrero o sector de pradera. Esta frecuencia define cuando pastorear y determina la cantidad de forraje acumulado al ingresar a una nueva franja o potrero, así como la composición morfológica del mismo (proporción de hojas, tallos, espigas y material muerto, Sosa, 2015).

Para Navarro et al., citados por Sosa (2015), la cantidad de pasto presente y su composición, afectan directamente la disponibilidad y la calidad nutritiva del forraje que comerán los animales. Tal es así, que los dos objetivos principales del control permanente de la frecuencia de pastoreo son, en primer lugar, permitir el descanso suficiente de la pradera para la acumulación de reservas necesarias para un rápido rebrote y segundo, optimizar la disponibilidad y cosecha de hojas verdes por el animal al momento del pastoreo.

Carámbula (2004), sostiene que, si bien cada especie tiene un período de crecimiento limitado, a mayor frecuencia, menor es el tiempo de crecimiento entre dos pastoreos sucesivos y, por lo tanto, 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 que se realice, sino que va a estar determinada por la velocidad de la pastura en alcanzar un nivel adecuado de forraje, aspecto que está determinado por el IAF óptimo.

Siguiendo esta línea, en pasturas con IAF óptimo bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10), como es el caso del raigrás (Brougham, citado por Carámbula, 2004). En base a esto, Ribeiro y Barreto, citados por Carámbula (2007a), han registrado que el corte o pastoreo de raigrás cada cuatro semanas, es adecuado para lograr un forraje de alto valor nutritivo.

El raigrás soporta pastoreos frecuentes durante el otoño, entrando a pastorear con 8-11 cm de altura. Con este manejo encontraron una disminución de tan solo 5% de la producción acumulada en comparación con el tratamiento más aliviado, en el que ingresaban con 18-12 cm de altura. Sin embargo, esta situación cambia en invierno, debido a las bajas tasas de crecimiento en esta estación. Aquí los tratamientos más aliviados son los que obtienen la mayor producción, logrando aumentos del 12 al 14% respecto al tratamiento de mayor frecuencia de pastoreo (Formoso, citado por Perrachón, 2009).

### 2.3.3.3. Manejo del rebrote

El objetivo luego de cada pastoreo es volver a producir forraje lo más rápido posible. Para lograrlo, habrá que promover al máximo el rebrote del verdeo. Por lo tanto, hay que tener en cuenta los parámetros morfo-fisiológicos involucrados en este proceso, los cuales serían: la población de macollos, las reservas de carbohidratos y el área foliar remanente (Carámbula, 2007a).

Profundizando lo mencionado en el párrafo anterior, Héctor y Loza (1993) sostienen que la capacidad de reposición de área foliar removida 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, seguido por el meristema apical y, en forma más lenta, 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 subsecuentes, los meristemas intercalares tienen limitada actividad, ya que solo promueven el crecimiento de ese fitómero en particular. Cuando el meristema apical es removido por el pastoreo, el reemplazo del área foliar debe provenir de las yemas axilares, lo cual requiere de un mayor tiempo después de una defoliación (Figura No. 1).

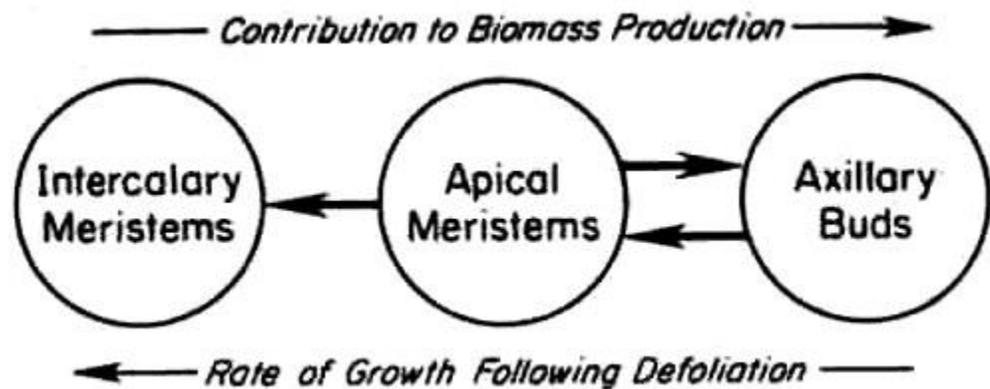


Figura No. 1. Contribución de los distintos meristemas a la producción de biomasa y la tasa de crecimiento de cada uno luego de una defoliación

Fuente: Briske (1991a).

El pastoreo modifica la estructura de edad de las hojas, además de reducir el área total de las mismas. Esto repercute en la capacidad fotosintética de las plantas, ya que las hojas remanentes exhiben tasas de fotosíntesis máximas aproximadamente en el momento de la expansión total y luego disminuyen a lo largo de la vida de las hojas

(Caldwell, citado por Briske, 1991a). En consecuencia, las hojas de las plantas defoliadas pueden mostrar mayores tasas de fotosíntesis que las plantas no defoliadas porque muchas de las hojas son cronológicamente más jóvenes y fotosintéticamente más eficientes. Sin embargo, la respuesta fotosintética de las plantas no solo es en función de la tasa fotosintética, sino que el área total de las hojas también es determinante (Briske, 1991a).

Al aumento de la actividad fotosintética luego de una defoliación se le llama fotosíntesis compensatoria, la cual ha sido observada en diferentes especies de pastos que han incrementado su capacidad fotosintética entre 15 a 50% más cuando han sido defoliadas, en comparación a las que no lo fueron. Esto se debe, probablemente, a que las hojas no defoliadas son más viejas, por ende, tienen menor capacidad fotosintética (Héctor y Loza, 1993).

El factor restante, mencionado anteriormente, son los carbohidratos de reserva. La importancia de éstos ha sido ampliamente investigada bajo la premisa de que una baja en las reservas de los mismos, producto de una defoliación excesiva, reduce el crecimiento y, en algunos casos extremos, causa la muerte de la planta. Estas reservas son utilizadas cuando la capacidad fotosintética es limitada (Héctor y Loza, 1993).

El pastoreo tiene gran incidencia en el rebrote, ya que ejerce una acción directa sobre los procesos involucrados en el mismo. Lemaire (2000) sostiene que, bajo un evento de defoliación, la frecuencia y la intensidad de pastoreo afectan la fisiología de las plantas y, por lo tanto, la tasa de producción de tejido vegetal nuevo.

Según Saldanha et al. (2010), la producción de macollos es un proceso intermitente que puede ser promovido con la defoliación y consecuente mejora de las condiciones lumínicas en la base de la pastura (mayor relación Rojo/Rojo lejano). En los pastoreos más intensos, este proceso se ve favorecido, dándose una menor competencia por carbohidratos entre hojas en desarrollo y macollos, promoviendo la formación de un mayor número de estos últimos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuanto más intenso sea el pastoreo, mayor tendrá que ser el intervalo de tiempo para volver a pastorear, ya que disminuye la relación fotosíntesis/respiración por una menor área foliar remanente (Carámbula, 2007a).

Por lo tanto, para Carámbula (2007a), se debería dejar un rastrojo no menor a 6-7 cm en verdeos de invierno. Esto es más fácil de realizar cuando el pastoreo se hace moviendo los animales en varias subdivisiones, lo que permite evitar el sobrepastoreo y favorecer una refoliación más rápida.

## 2.4. RESPUESTA ANIMAL A LA ASIGNACIÓN DE FORRAJE

### 2.4.1. Ganancia individual

La asignación de forraje es una de las prácticas de manejo que inciden en el consumo animal. Se define como la cantidad MS de forraje que tiene disponible diariamente un animal y generalmente se expresa como un porcentaje del peso vivo de éste (Méndez y Davies, 2004).

Se han llevado a cabo varios ensayos que tienen como objetivo evaluar el efecto de diferentes asignaciones de forraje sobre la producción animal, los cuales se presentan en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Efecto de diferentes asignaciones de forraje en la performance animal durante el invierno sobre diferentes tipos de pasturas

| Pastura  | BD<br>(kg<br>MS/ha) | Categoría | AF<br>(%PV) | UF<br>(%) | CMS<br>(%PV) | GMD<br>(kg/d) | Fuente                                    |
|----------|---------------------|-----------|-------------|-----------|--------------|---------------|---|
| Av.      | .                   | Terneros  | 2           | .         | .            | 0,53          | Méndez y<br>Davies<br>(2004)<br>Argentina |
|          |                     |           | 2,5         |           |              | 0,76          |   |
|          |                     |           | 3           |           |              | 0,764         |   |
|          |                     |           | 3,5         |           |              | 0,89          |   |
|          |                     |           | 4           |           |              | 0,75          |   |
| Rg.      | 2109                | Novillos  | 2,5         | 61        | 1,88         | 0,338         | Damonte et<br>al. (2004)<br>Uruguay       |
|          | 2022                | Novillos  | 5           | 35        | 1,97         | 0,525         |   |
| Av. +Rg. | 1972                | Novillos  | 2,5         | 59        | 2,01         | 0,873         | Elizondo et<br>al. (2003)<br>Uruguay      |
|          |                     |           | 5           | 35        | 3,02         | 1,348         |   |

|                            |      |          |      |    |      |       |   |       |
|----------------------------|------|----------|------|----|------|-------|---|-------|
| Verdeos de invierno        | .    |          | 2    | .  | .    | 0,5   | Ceconi y Méndez (INTA EEA Gral. Villegas) |       |
|                            |      |          | 2,5  |    |      | 0,7   |   |       |
|                            |      |          | 3    |    |      | 0,7   |   |       |
|                            |      |          | 3,5  |    |      | 0,85  |   |       |
|                            |      |          | 4    |    |      | 0,7   |   |       |
| Av. +Rg. +Pr.              | 2990 | Novillos | 2,5  | 65 | .    | 0,316 | Carriquiry et al. (2002)                  |       |
|                            |      |          | 5    | 48 |      | 0,507 |   |       |
| Rg. perenne y TB           | 2980 | Novillos | 1    | 88 | 0,88 | 0,14  | French et al. (1997) Irlanda              |       |
|                            |      |          | 2    | 77 | 1,55 | 0,53  |   |       |
|                            |      |          | 3    | 72 | 2,16 | 0,75  |   |       |
| TB, Festuca, alfalfa y TR. | .    | Novillos | 2    | 61 | 1,2  | 0,51  | Messa y Bono (2006) Uruguay               |       |
|                            |      |          | 4    | 43 | 1,7  | 0,74  |   |       |
|                            |      |          | 6    | 32 | 1,9  | 0,97  |   |       |
| CN                         | 1200 | Terneros | 2,5  |    |      | 0,116 | Rinaldi et al. (1997) Uruguay             |       |
|                            | 2115 |          | 5    |    |      | .     |   | 0,02  |
|                            | 2120 |          | 7,5  |    |      | .     |   | 0,093 |
|                            | 2180 |          | 10   |    |      |       |   | 0,192 |
| CN                         |      |          | 0,6  |    | .    | 0,09  | -   |       |
|                            |      |          | 0,8  |    |      | 0,18  |   |       |
|                            |      |          | 1,06 |    |      | 0,31  |   |       |

BD= biomasa disponible, AF= asignación de forraje, PV= peso vivo, UF= utilización de forraje, CMS= consumo de materia seca, GMD= ganancia media diaria, Rg. = raigrás, Av= avena, Pr= pradera, TB= trébol blanco, TR= trébol rojo, CN= campo natural.

Con el manejo de la asignación de forraje se busca controlar el consumo por parte de los animales (Méndez y Davies, 2004). Con el aumento de la misma, se incrementa el consumo y le permite al animal seleccionar el forraje de mayor calidad (mayor digestibilidad, mayor contenido de proteínas y menor porcentaje de fibra) (Jamieson y Hodgson, Kloster et al., Elizondo et al., Blaser et al., citados por Foglino y Fernández, 2009).

Por otra parte, a medida que la asignación disminuye, los factores no nutricionales adquieren más importancia en el nivel de consumo. Bajo estas circunstancias aumenta la dificultad para cosechar el forraje, lo que deprime el consumo (Poppi et al., 1987).

De todas formas, no solo los bajos niveles de asignación de forraje son causantes de un bajo consumo, sino también los muy elevados. Con bajas asignaciones se reduce la cantidad de forraje ingerido, porque disminuye el peso de bocado. Contrariamente, con una asignación excesiva, se realiza un pastoreo muy selectivo, reduciendo la cantidad de forraje consumido (Reinoso y Soto, 2006).

Reafirmando esto último, Cantou et al. (2009) reportan que cuanto mayor fue la disponibilidad de forraje, hubo un menor aprovechamiento del mismo. Si bien la calidad de la dieta mejora por la selección del animal, así como también aumenta la ganancia individual; esto traería aparejado una menor productividad por unidad de superficie y mayores niveles de desperdicio de forraje. Simeone y Beretta (2004b) reportaron datos de cómo varía la utilización del forraje según el aumento en la asignación del mismo en diferentes estaciones (Figura No. 2).

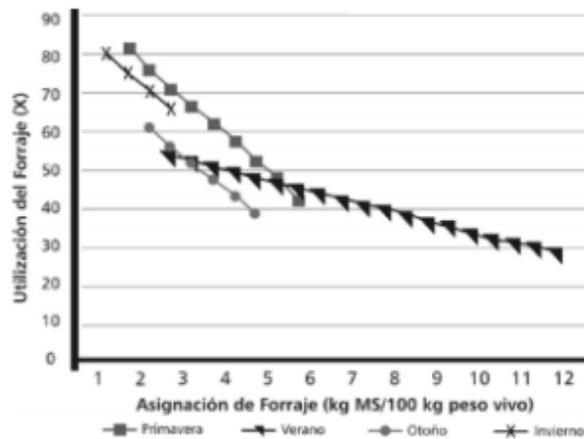


Figura No. 2. Efecto de la asignación de forraje sobre la utilización del mismo en pasturas y verdes pastoreados por novillos Hereford en distintas épocas del año

Fuente: Simeone y Beretta (2004).

La asignación de forraje influye en la altura en la que los animales pastorean. Cuando esta es alta, se pastorean mayormente las hojas que se encuentran a mayor altura, en cambio, cuando es baja, se pastorean las hojas hasta una mayor profundidad, lo que tiene como consecuencia que a medida que disminuye la altura de pastoreo, disminuye el tamaño de bocado (Ungar, citado por Invernizzi et al., 2007).

Schlegel et al. (2000), reportaron que existe una respuesta cuadrática en la ganancia de peso vivo frente al aumento de la asignación de forraje. Lo mismo observaron Jamieson y Hodgson (1979), quienes reportaron que a medida que aumenta la asignación de forraje, aumenta la ganancia media diaria por animal.

Es conveniente destacar que no solo la oferta de forraje es importante en la ganancia de peso, sino que la calidad del mismo también lo es. Para un mismo valor de oferta de forraje, cuanto mayor sea la calidad de forraje ofrecido, mayores serán las ganancias. Es por este motivo que cuando la pastura es de muy buena calidad, pequeños cambios en la asignación de forraje generan grandes cambios en la producción de carne (Beretta y Simeone, 2008).

De esta forma, la respuesta de la ganancia de peso a la asignación es afectada por la calidad del forraje (Méndez y Davies, 2004), modificando la magnitud del aumento en la ganancia media diaria en función de la asignación de forraje (Schlegel et al., 2000). Trabajos realizados por Simeone y Beretta (2004b), con novillos Hereford pastoreando a diferentes asignaciones de forraje sobre verdes y praderas en distintos momentos del año, cuantifican estas respuestas (Figura No. 3).

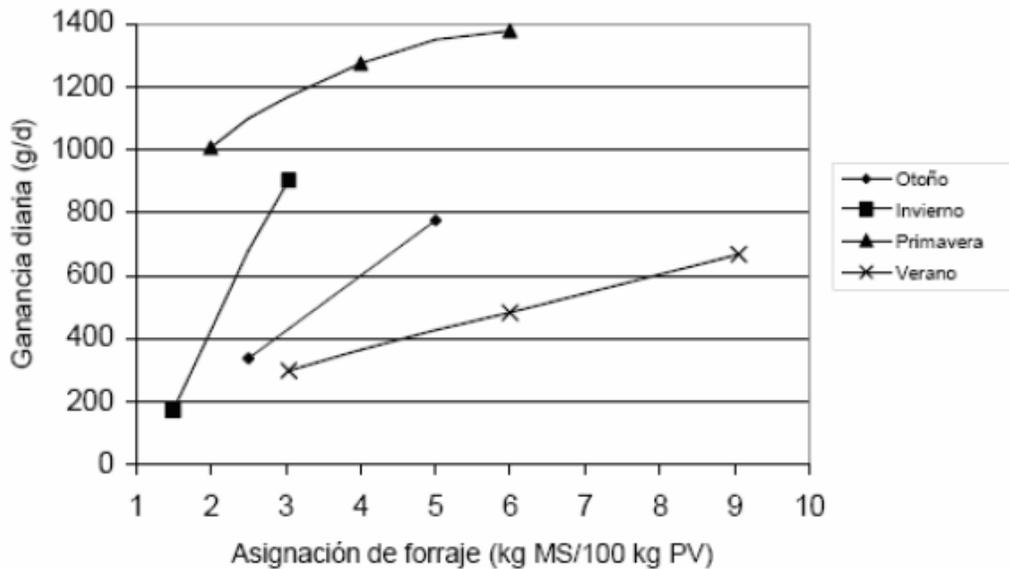


Figura No. 3. Ganancia diaria promedio de novillos Hereford pastoreando verdes o praderas a distintas asignaciones de forraje y en distintas épocas del año

Fuente: Simeone y Beretta (2004).

Cuando las pasturas son de baja calidad, el aumento en la asignación le permite al animal seleccionar el forraje de mayor calidad y de esta manera se obtienen altas ganancias de peso (Méndez y Davies, 2004).

Además de la calidad de la pastura, mencionado anteriormente, la disponibilidad de forraje también tiene incidencia en la magnitud de la respuesta de la ganancia de peso en función de la asignación de forraje. Es decir, a medida que aumenta la disponibilidad de forraje, la respuesta es mayor, debido a que los animales pueden cosechar el forraje más fácilmente (Poppi et al., 1987).

#### 2.4.2. Producción de carne por unidad de área

##### 2.4.2.1. Efecto de la carga sobre la producción animal

El manejo del pastoreo es importante para el buen aprovechamiento del pasto, la optimización de su uso como fuente forrajera, así como la performance de los animales. A su vez, pequeños cambios en la carga animal tienen gran influencia en la rentabilidad. Por lo tanto, es de suma importancia establecer el manejo y carga óptima (Booyesen, 1975).

Un modelo que relaciona carga y producción animal en general, es descrito por Mott (1973). Este modelo sugiere que en un rango de baja carga animal y, por ende, alta oferta de forraje, la ganancia individual tiende a ser insensible a aumentos en la carga. Por consiguiente, aumentar la carga en estas situaciones, resulta 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 al porcentaje del peso vivo, la producción individual cae rápidamente hasta un punto donde la caída es tan grande que afecta la producción por hectárea. Por lo tanto, la oferta de forraje óptima ocurre donde la disponibilidad de forraje se ajusta a los requerimientos de materia seca de los animales (b No. 4).

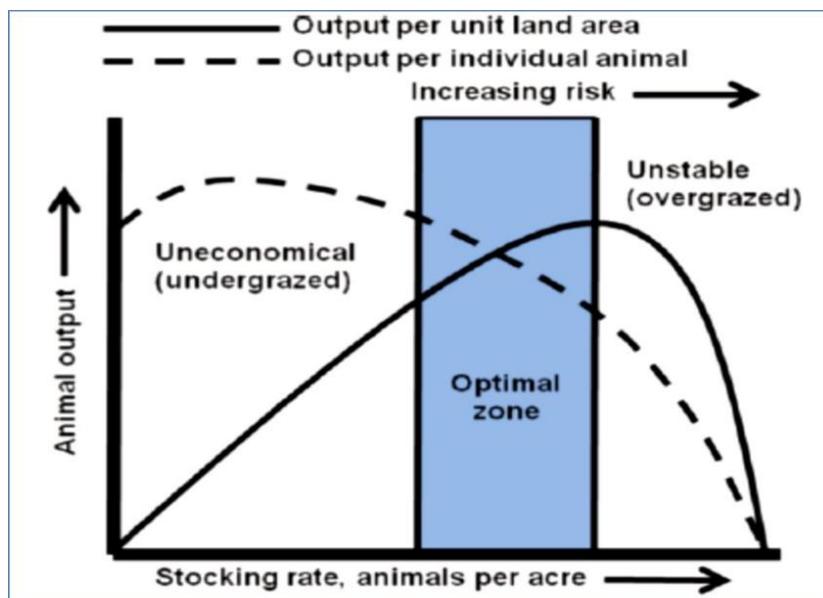


Figura No. 4. Producción individual y por unidad de superficie en relación a la carga (animales por unidad de superficie)

Fuente: Mott (1960).

Como se puede ver en la Figura No. 4, en la búsqueda de un aumento en la producción por unidad de superficie, se relega ganancia de peso individual (Mott, 1960). Esta menor ganancia individual se debe a que existe un decrecimiento en el consumo individual de forraje, ya que el forraje disponible por animal es menor (Lemaire et al., 2000). La variable del consumo que más se ve afectada con esta menor disponibilidad es el peso de bocado, que, como se mencionó anteriormente, es el factor más determinante. A su vez, aumenta la presencia de material que ya fue rechazado por el animal (Minson, 1990).

La ganancia individual se puede mejorar a través de pastoreos con mayores asignaciones de forraje por animal. Sin embargo, esto trae aparejado una disminución en la utilización de la pastura, lo cual afecta directamente a la producción de carne por unidad de superficie y, por ende, el resultado económico del sistema (Beretta y Simeone, 2008). Las asignaciones de forraje excesivamente altas pueden llevar a dietas con selección, donde el animal elige de acuerdo a sus preferencias, dejando manchones de pasto sin pastorear y aumentando así, el tiempo de pastoreo por búsqueda (Mott, citado por Trindade et al., 2012).

## 2.5. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA PASTORIL

Conocer analíticamente el proceso de construcción de la producción de pasto y el proceso de cosecha en pastoreo es fundamental para comprender las relaciones causa-efecto que se dan entre plantas y animales. La aplicación de conocimientos sobre la morfogénesis de las distintas especies vegetales que componen la pastura y de los conocimientos de cómo esa morfogénesis afecta la estructura del pasto y sus consecuencias sobre el comportamiento ingestivo y el desempeño del animal en pastoreo, es la forma de originar recomendaciones de manejo que lleven al aumento de producción y rentabilidad sin comprometer la pastura (Nabinger et al., 2009).

Para ello, Nabinger et al. (2009) proponen un modelo conceptual de las relaciones que se dan en un ecosistema pastoril, abarcando el suelo, el clima, la planta y el animal, lo cual sirve para el análisis de propuestas de manejo sobre bases sólidas y comparables a cualquier situación (Figura No. 5).

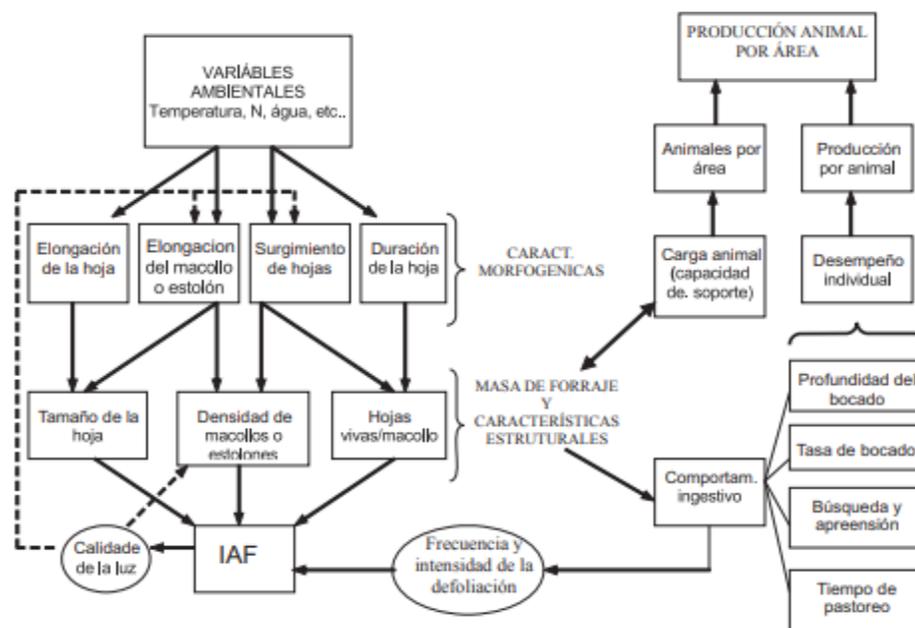


Figura No. 5. Modelo conceptual de las relaciones suelo-clima-planta-animal

Fuente: Nabinger et al. (2009).

Como se puede ver, el modelo considera las condiciones ambientales (temperatura, agua, radiación solar, fertilización, etc.) que inciden en las características morfológicas de la planta y, por otra parte, el manejo (frecuencia e intensidad de pastoreo) que alteran las características estructurales de la pastura, lo cual repercute en el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo (Nabinger et al., 2009).

Las variables morfológicas (tasa de aparición y elongación foliar, tasa de elongación del macollo o estolón y vida media foliar) son las que determinan la capacidad de soporte de la pastura. En la medida que estas variables son favorecidas por las condiciones ambientales, más animales van a poder ser alimentados por unidad de área. Por lo tanto, conocer la respuesta de distintas especies forrajeras a las variables ambientales permite determinar la velocidad de acumulación de forraje y el ritmo de utilización óptimo por parte de los animales y, de esta forma, definir el potencial productivo. Para esto hay que considerar que los factores que se pueden controlar (agua y nutrientes) están disponibles a niveles óptimos (Nabinger et al., 2009).

En las plantas forrajeras los atributos morfogénéticos determinan la arquitectura de la planta y afectan la accesibilidad de los animales al forraje. La morfología de las plantas individuales, a su vez, afecta la estructura y funcionamiento de las poblaciones y comunidades, determinando las interacciones competitivas entre las especies y entre individuos de una misma especie (Nabinger et al., 2009).

El pastoreo altera las relaciones competitivas al defoliar diferencialmente a las distintas especies e individuos de una misma especie, modificando la expresión de los mecanismos de rebrote (Nabinger et al., 2009).

La intensidad de pastoreo es la principal determinante de las variables morfogénéticas, que caracterizan el tamaño de hoja y la densidad de macollos y, en consecuencia, el IAF promedio. Cuánto más alta es la presión de pastoreo, la estructura del pasto se torna más limitante al proceso de cosecha e ingestión por parte del animal (Nabinger et al., 2009).

Por otra parte, las variables del comportamiento ingestivo son dependientes de las características estructurales del pasto, las cuales afectan el desempeño individual del animal (Nabinger et al., 2009).

Cuando la intensidad de pastoreo es elevada y la estructura es baja, los animales pastorean a un ritmo acelerado, por más tiempo, caminan más y de forma más rápida y realizan menor número de comidas, pero de mayor duración. A su vez, ofertas de forraje muy elevadas también pueden restringir la ingestión diaria, ya que el intervalo de tiempo entre dos bocados sucesivos aumenta excesivamente cuando la estructura del pasto se presenta muy alta y con elevada dispersión de hojas en la parte superior del canopy. En consecuencia, la velocidad de ingestión es restringida por el aumento de movimientos mandibulares para manipulación del forraje cosechado (Nabinger et al., 2009).

Un modelo similar es presentado por Blackburn y Kothmann (1991), en donde se parte de un estimativo de consumo potencial según la categoría de animales y a este valor, se le realizan correcciones de acuerdo al alimento ofrecido, ya que las características de este tendrán un impacto en el consumo por parte del animal.

Factores anti calidad como el material lignificado, afectan la palatabilidad del alimento y reducen el consumo voluntario a una oferta de forraje determinada. La evasión es un parámetro generado en este modelo que refleja la no preferencia de una oferta de forraje particular y esto puede darse por características físicas y/o químicas, como la presencia de espinas y/o compuestos urticantes. Estos dos factores (palatabilidad y evasión), van a determinar la proporción deseada de forraje (Blackburn y Kothmann, 1991).

Según Blackburn y Kothmann (1991), otro factor que incide en el consumo potencial es la presencia de forraje residual envejecido, el cual afecta la cosechabilidad del forraje. Esta va a variar en función de las características estructurales de la pastura y la habilidad de cosecha del animal.

Por lo tanto, los animales pastoreando una vegetación no la van a consumir de manera potencial, sino que el consumo va a ser afectado por los factores mencionados anteriormente (Blackburn y Kothmann, 1991).

## 2.6. HIPÓTESIS

Para una pastura de raigrás Bill Max, existe una respuesta en ganancia diaria individual hasta valores de asignaciones de forraje de 10 kg/ 100 kg de peso vivo. No obstante, en un rango amplio de asignación de forraje (2,5 y 10 kg/ 100 kg de peso vivo) habrá un rango que optimice la producción por unidad de área sin afectar significativamente la producción individual.

Esta respuesta estaría mediada por cambios en la producción de forraje, en el consumo y en la selección de forraje por parte de los animales, cuya magnitud dependerá de la oferta de forraje.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (Universidad de la República. Facultad de Agronomía; Paysandú, Uruguay), durante el período comprendido entre el 24/5/2018 y el 28/9/2018.

#### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El experimento fue situado en el potrero número 1 (11 ha) de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, latitud  $32^{\circ} 23'26''S$ , longitud  $58^{\circ} 02'59''W$  (Figura No. 6). Éste se encuentra sobre suelos Brunosoles Éutricos Típicos con Solonetz asociados, de la unidad de suelos San Manuel, la cual corresponde a la formación geológica Fray Bentos (MGAP. PRENADER, 2018). El área sombreada corresponde a la utilizada en el experimento.

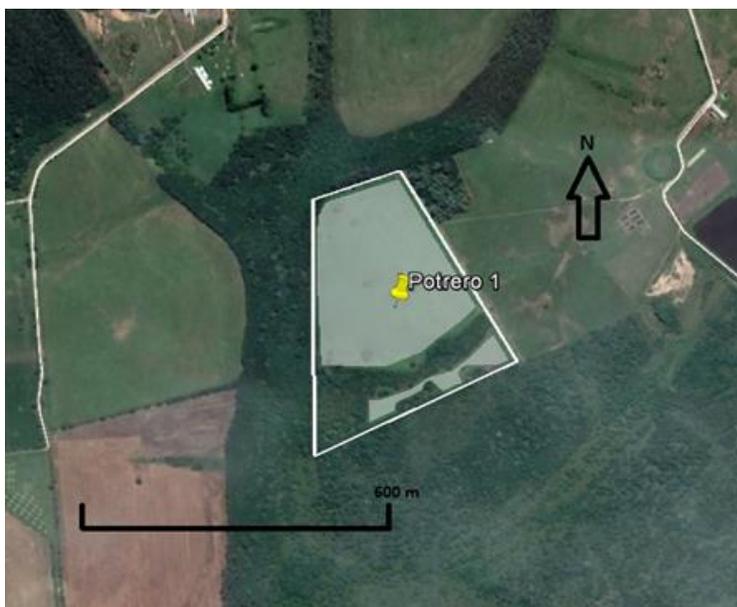


Figura No. 6. Croquis del área experimental

Fuente: Google Earth (2018).

### 3.3. CLIMA

En la Figura No. 7 se presentan, tanto las temperaturas, como las precipitaciones promedio del período 2002-2017 así como las ocurridas durante el período experimental.

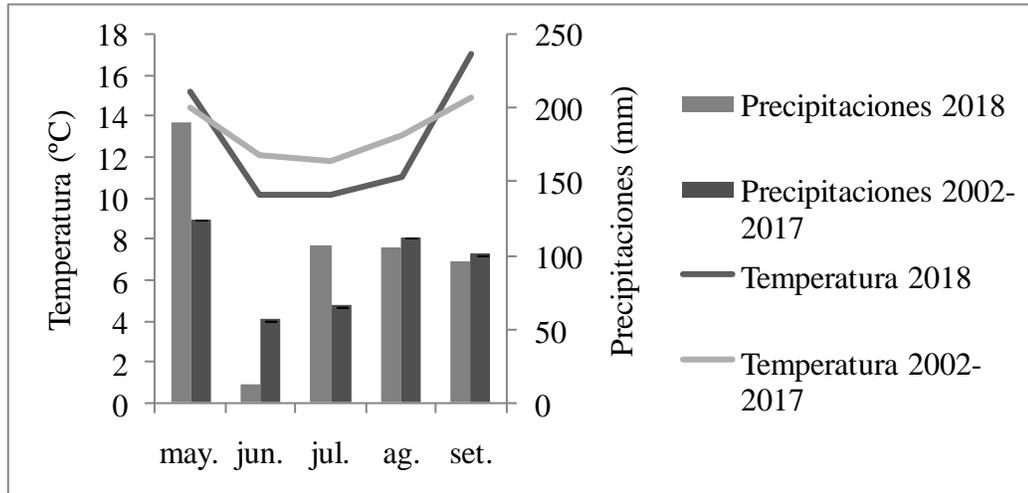


Figura No. 7. Temperatura media diaria y precipitaciones mensuales para el período 2002-2017 y el año 2018, en el área experimental

Fuente: UdelaR. FA (2018).

Como se observa en la Figura No. 7, en el mes de inicio del experimento las precipitaciones ocurridas fueron mayores que para el promedio 2002-2017, en el mes de junio por debajo del promedio, luego julio con altos valores de lluvias y en el tiempo restante valores similares, teniendo un desvío estándar para el período de  $\pm 56,9$  mm. En cuanto a la temperatura, se registró una diferencia con casi  $2^{\circ}$  C por debajo del promedio histórico en los meses de junio, julio y agosto siendo el desvío para la temperatura de  $2,35^{\circ}$ C para el período analizado.

### 3.4. PASTURA

Fueron utilizadas 11 hectáreas de raigrás Bill Max (Gentos®). Se trata de una gramínea anual invernal tetraploide del tipo westerwoldicum que se destaca por su precocidad y un muy buen comportamiento sanitario.

Se sembró el día 12 de marzo de 2018 a una densidad de 25 kg/ha y fertilizado con 100 kg/ha de 18-46-0 a la siembra, 100 kg/ha de urea previo al primer pastoreo y 100 kg/ha de urea azufrada posterior al primer pastoreo.

### 3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTO

Los animales utilizados fueron treinta y dos novillos de sobreaño de raza Hereford con un peso promedio de  $239.2 \pm 15$  kg, provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidos en primavera de 2016. Fueron sorteados en 8 grupos y éstos asignados al azar a uno de 4 tratamientos definidos por la oferta de forraje en que se pastoreó el raigrás: 2,5; 5,0; 7,5 y 10,0 kg MS/100 kg de PV animal, respectivamente.

Cada tratamiento quedó constituido por 2 repeticiones ( $n=2$ ), cada repetición integrada por 4 novillos, pastoreando una parcela independiente.

### 3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se realizó pastoreo rotativo, en franjas de 7 días de ocupación, retornando a la misma parcela en función del forraje, del crecimiento de la pastura y forraje acumulado. La oferta de forraje fue ajustada regulando el área de la parcela en base a la MS disponible y al último peso vivo registrado en cada repetición. Los cambios de franja fueron realizados a las 7 am.

Dado que en el transcurso del experimento la disponibilidad de forraje se hizo insuficiente se procedió a realizarlo en 2 periodos de modo de darle un descanso a la pastura y que tuviera una disponibilidad adecuada para el ingreso a pastoreo. En la Figura No. 8 se observa donde pastorearon los animales en las diferentes semanas del experimento.

El consumo de agua se realizó de forma diaria llevando a los animales a un bebedero ubicado en un potrero vecino al que se efectuó el experimento.

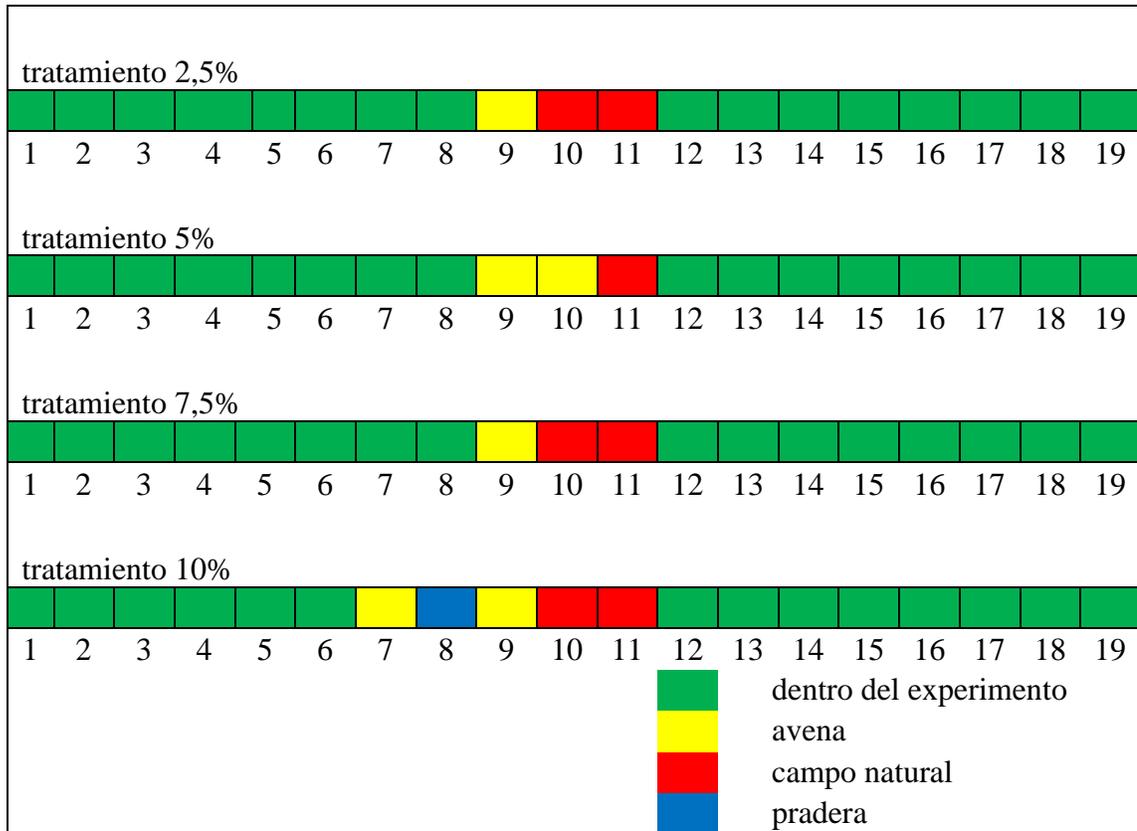


Figura No. 8. Ubicación espacial y temporal de los tratamientos en el desarrollo del experimento

### 3.8. REGISTROS Y MEDICIONES

Los animales fueron pesados cada 14 días en la tarde, a las 7 pm (peso lleno) y a las 7 am (peso vacío), con un ayuno de 12 horas, sin orden de ingreso determinado, mezclados todos los tratamientos. La ganancia diaria fue estimada a partir de la regresión de peso vivo en el tiempo. La altura del anca fue determinada a inicio y fin del período experimental.

En la pastura semanalmente fue determinada la altura y biomasa de forraje disponible pre-pastoreo, para el ajuste de la oferta de forraje. Esta medición fue realizada mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975). Sobre las muestras de las escalas determinadas por apreciación visual, se midió la altura de la pastura en cinco puntos de la diagonal del cuadro de muestreo, registrando el punto de contacto más alto.

El mismo procedimiento fue realizado para la estimación de la biomasa forraje residual una vez que los animales se cambiaron de franja. El área de muestreo varió en función de la superficie ocupada por cada tratamiento. Se realizó un muestreo de cada parcela, con un número de mediciones variables, siendo 20, 40, 60 y 80 para los tratamientos de 2,5; 5; 7,5 y 10% de asignación respectivamente.

Las muestras de la escala fueron cortadas al ras del suelo y secadas en estufa durante 48 horas a 60 °C hasta alcanzar peso constante, para determinar peso seco de las mismas. Las muestras secas fueron conservadas para posterior análisis químico.

La producción de forraje fue estimada a partir del forraje acumulado entre dos pastoreos sucesivos.

#### 3.8.1. Comportamiento ingestivo y tasa de consumo

Durante 3 días de las semanas 4, 6 y 14 a dos novillos de cada tratamiento y su repetición se les registró cada 10 minutos y siempre en presencia de luz solar (7:30 a 18:30 h), la actividad que se encontraba realizando el animal: pastoreo efectivo, pastoreo de búsqueda, descanso, rumia y acceso a bebederos. La tasa de bocado fue cuantificada en la primera sesión de pastoreo y la última a la tarde como el número realizado de bocados por minuto.

En las mismas semanas, se cortó una muestra por repetición (n=8) mediante el método hand clipping, la técnica consiste en reproducir el pastoreo del animal, mediante cortes manuales de manera de simular la selección realizada durante el pastoreo. Estos muestreos fueron realizados en la parcela siguiente a los cuales los animales debían ingresar.

Las observaciones fueron realizadas sobre dos novillos sorteados de forma aleatoria de cada tratamiento y su correspondiente repetición.

#### 3.8.2. Variables calculadas

##### 3.8.2.1. Utilización del forraje

Fue estimada en cada semana de pastoreo a partir del forraje disponible (FD) y el forraje remanente (FR) como  $UF (\%) = [(FD - FR) / FD] * 100$ .

#### 3.8.2.2. Consumo de materia seca

Fue estimado a través del método agronómico a partir del forraje desaparecido en la parcela de pastoreo (Macon et al., 2003) y expresado cada 100 kg PV como el producto entre la OF y la UF.

#### 3.8.2.3. Ganancia de peso diaria

Estimada como la ganancia por animal (kg/animal/día) promedio para todo el período de pastoreo.

#### 3.8.2.4. Ganancia de peso por hectárea

Se estima a partir del producto de la carga promedio por hectárea (animales por hectárea) y la ganancia en kilogramos promedio por animal en el período analizado.

#### 3.8.3. Análisis químico

Se analizaron muestras de las escalas de forraje ofrecido a inicio de los dos períodos (semana 1 y 12). Luego se ponderó por la frecuencia relativa de cada valor de la escala en 4 repeticiones.

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

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

#### 3.8.4. Análisis estadístico

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 que sigue el siguiente modelo general:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j x_j + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = peso vivo, ganancia diaria, comportamiento, consumo  
 $\mu$  = Media general

$\tau_i$  = tratamiento (i= 1, 2, 3, 4)

$\beta_j x_j$ : coeficiente de regresión ( $\beta_j$ ) asociado al covariable peso vivo al inicio ( $x_j$ ).

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, coeficientes de regresión de las rectas ajustadas) fue estudiado mediante un modelo de heterogeneidad de pendientes del PV en función del tiempo.

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

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).

$\bar{\epsilon}_{PV}$ : 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.

Mientras que para el análisis estadístico del CMS se utilizó el siguiente modelo:

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

donde,

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

$\mu$ : media poblacional (Consumo).

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

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

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

DI(S)K es el efecto de los días dentro de cada semana

$(\alpha S)_{ik}$ : 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 del consumo, de los días dentro de cada semana y la interacción entre los efectos tratamiento y momento de medición con sus errores asociados.

Para las variables analizadas PV final y altura final se utilizó el procedimiento GLM de acuerdo al siguiente modelo general:

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

Donde,

$Y_{ijk}$ : peso vivo final, altura a la salida del corral

$\mu$ : 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).

$\bar{\xi}_{PV}$ : 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 de SAS, y expresada como la

probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, descanso, rumia y acceso a bebedero durante el período 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.

$D_k$ : 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.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE

En el Cuadro No. 3 se presentan las temperaturas y precipitaciones durante los meses en los que se llevó a cabo el trabajo experimental.

Cuadro No. 3. Temperatura mínima, media y máxima y precipitaciones registradas en el período experimental

| Variable/mes   | mayo  | junio | julio | agosto | setiembre |
|----------------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| T. mínima (°C) | 10.4  | 5.4   | 6.8   | 5.6    | 12.9      |
| T. media (°C)  | 15,3  | 10,2  | 10,2  | 11,1   | 17,1      |
| T. máxima (°C) | 20.7  | 15.2  | 13.7  | 16.6   | 21.7      |
| PP. (mm)       | 191,0 | 11,5  | 106,7 | 104,8  | 95,4      |

T.= temperatura, PP.= precipitaciones, mm= milímetros.

Fuente: UdelaR. FA (2018).

Es importante destacar que las condiciones climáticas en el verano previo al experimento fueron adversas, donde se registraron precipitaciones muy por debajo del promedio histórico (ver Anexo No. 4). Fue por este motivo que se retrasó la siembra del cultivo y, por lo tanto, el inicio del primer pastoreo.

### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

La disponibilidad promedio inicial fue de  $1500 \pm 61,6$  kg MS/ha, con una altura promedio de 15 cm.

Se observó efecto del tratamiento, de la semana y de la interacción de ambos sobre la disponibilidad de forraje pre-pastoreo (Cuadro No. 4). En cuanto al efecto del tratamiento, se observó una respuesta lineal negativa a medida que aumenta la AF, donde la disponibilidad de forraje pre-pastoreo disminuye 16,6 kg MS/ha por cada unidad de aumento de la AF. Conforme fueron transcurriendo las semanas, la

disponibilidad y altura de ingreso fueron aumentando en forma lineal en todos los tratamientos ( $P < 0,0001$ ).

Cuadro No. 4. Efecto de la asignación de forraje sobre la disponibilidad pre-pastoreo (kg MS/ha), forraje rechazado (kg MS/ha), utilización (%) y producción de forraje (kg MS/ha) de una pastura de raigrás cv. Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreño desde el 24/05/2018 al 28/09/2018

|                             | Pr > F |      |      |      |             |       |       |       |  |
|-----------------------------|--------|------|------|------|-------------|-------|-------|-------|--|
|                             | 2,5    | 5    | 7,5  | 10   | P valor     | T     | S     | TxS   |  |
| Disponibilidad pre-pastoreo | 2649   | 2600 | 2687 | 2481 | 0,02 (lin)  | <0,01 | <0,01 | <0,01 |  |
| Altura pre-pastoreo(cm)     | 22,3   | 20,6 | 22,2 | 21,1 | 0,18 (ns)   | 0,07  | <0,01 | <0,01 |  |
| Rechazo                     | 1356   | 1736 | 2078 | 1922 | <0,01 (cua) | <0,01 | <0,01 | <0,01 |  |
| Altura rechazo              | 11,5   | 14,7 | 18,9 | 20,7 | <0,01 (lin) | <0,01 | <0,01 | <0,01 |  |
| Utilización (%)             | 52,6   | 34,5 | 21,9 | 22,8 | <0,01 (cua) | <0,01 | <0,01 | <0,01 |  |

T= tratamiento, S= semana, TxS= tratamiento por semana.

En las primeras semanas del experimento, las disponibilidades de forraje pre pastoreo fueron similares para todos los tratamientos, pero a medida que fue transcurriendo el tiempo se empezó a notar diferencia en el forraje disponible con el que los animales ingresaban a la parcela y una tendencia al aumento de disponibilidad en todos los tratamientos en el transcurso de las semanas (Figura No. 8).

Cuando se compara la disponibilidad de forraje pre-pastoreo con la cantidad de días transcurridos entre pastoreos sucesivos (tiempo de descanso de la pastura) se puede observar que se da una relación en la que la disponibilidad de forraje disminuye en la medida que el tiempo entre pastoreos es menor, observándose en la AF 10%, la menor disponibilidad de forraje al momento del ingreso a la parcela (Figura No. 10).

Por otra parte, se registraron diferencias entre los niveles de rechazo tanto en kg MS/ha como en la altura, con un comportamiento cuadrático, es decir, que a mayores asignaciones se generan incrementos decrecientes del rechazo ( $P < 0.01$ ).

La utilización del forraje también presenta un comportamiento cuadrático ( $P < 0.01$ ), en donde la misma disminuye a medida que aumenta la asignación de forraje, llegando a la mínima utilización a partir de la asignación de 7,5 kg MS/ 100 kg de peso vivo.

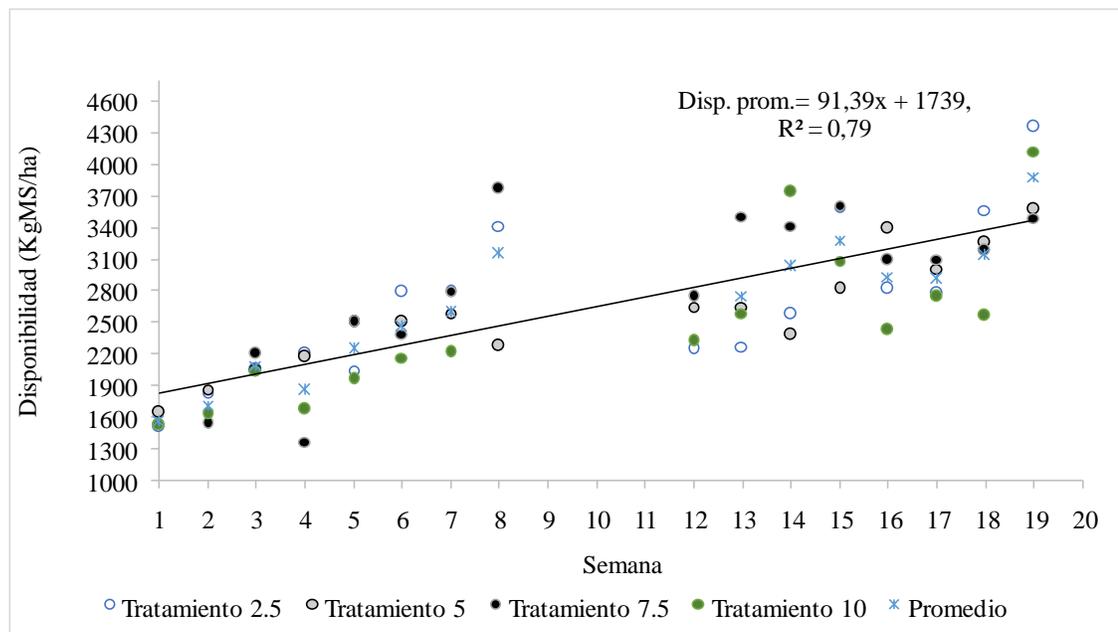


Figura No. 9. Evolución de la disponibilidad de materia seca pre pastoreo (kg MS/ha) a lo largo de las semanas según asignación de forraje para una pastura de raigrás Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreño desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

La altura del rechazo tuvo una respuesta lineal, aumentando 1,27 cm por cada unidad de aumento de la AF (Cuadro No. 4), en tanto el rechazo de forraje y la utilización mostraron una respuesta cuadrática encontrándose el máximo de forraje remanente y la mínima utilización con una AF 8,2 y 9,0%, respectivamente.

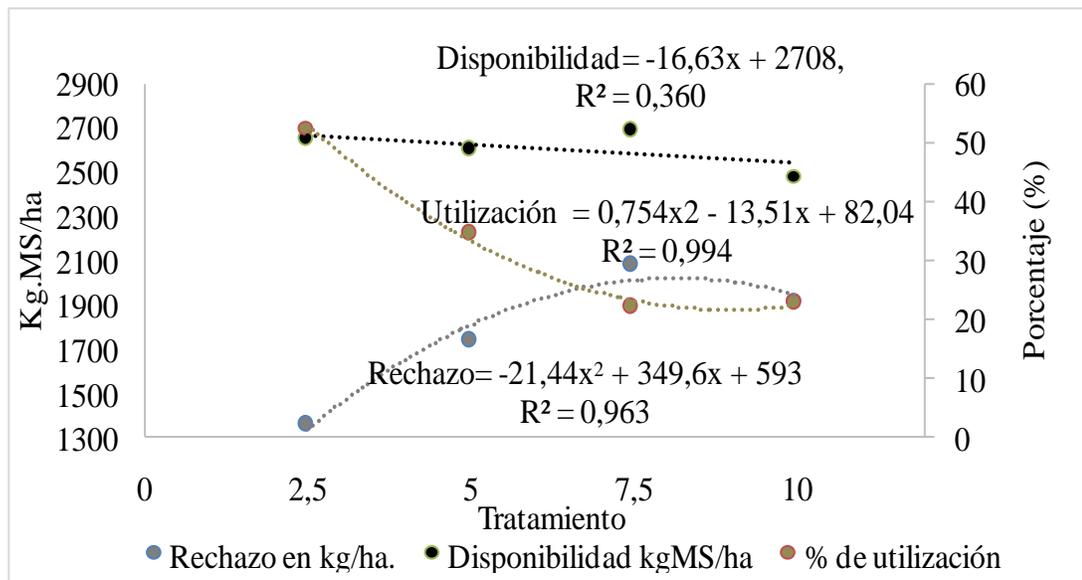


Figura No. 10. Efecto de la asignación de forraje sobre la disponibilidad pre-pastoreo (kg MS/ha), forraje rechazado (kg MS/ha) y utilización (%) de una pastura de raigrás cv. Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreaño desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

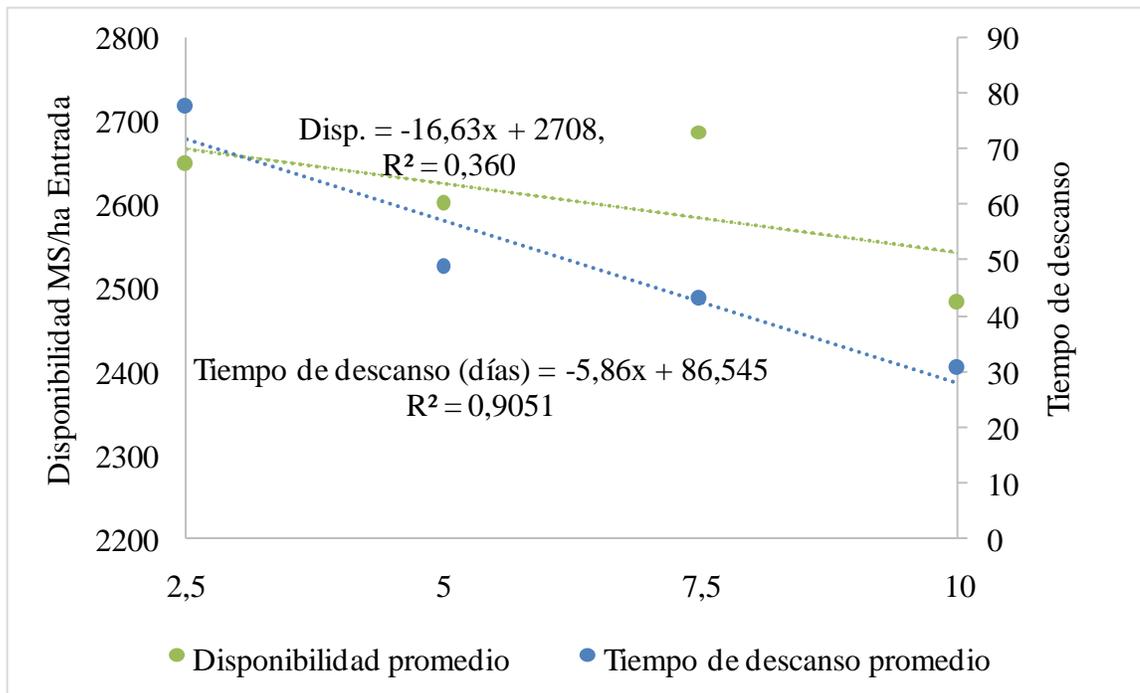


Figura No. 11. Materia seca de forraje pre pastoreo (kgMS/ha) asociado a los días de descanso de la pastura en cada tratamiento (kgMS/100 kg de peso vivo) en una pastura de raigrás Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreaño desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

#### 4.2.1. Composición química del forraje ofrecido

En el Cuadro No. 5 se muestra la composición química del forraje ofrecido al inicio del experimento y cuando reingresaron al mismo en la semana 12.

Cuadro No. 5. Análisis químico de la pastura al inicio del Período 1 y al inicio del Período 2

| Momento              | Período 1 | Período 2 |
|----------------------|-----------|-----------|
| Porcentaje de MS (%) | 18.42     | 14.91     |
| Cenizas (%)          | 12.77     | 10.29     |
| Proteína (%)         | 18.61     | 8.33      |
| FDA (%)              | 29.30     | 28.88     |
| EM (Mcal/kg)         | 2.56      | 2.51      |

MS= materia seca, FDA= fibra detergente ácido, EM= energía metabolizable.

#### 4.3. CONSUMO DE MATERIA SECA Y PRODUCCIÓN INDIVIDUAL

En el Cuadro No. 6 se presenta la producción de carne individual, asociado al consumo de materia de forraje y a las principales características del mismo.

Cuadro No. 6. Consumo de materia seca de forraje, composición química y producción de carne individual

|   | 2.5 %  | 5%    | 7.5%  | 10%   | P valor     |
|---|--------|-------|-------|-------|-------------|
| Consumo (%PV)                           | 1.31   | 1.73  | 1.65  | 2.28  | <0,01 (lin) |
| Consumo<br>(kg MS/día)                  | 3.90   | 5.59  | 5.70  | 7.38  | <0,01 (lin) |
| EM (Mcal/kg)                            | 2.50   | 2.50  | 2.46  | 2.41  | <0,01 (lin) |
| PC (%)                                  | 14.54  | 18.24 | 14.67 | 14.76 | 0,16 (ns)   |
| Consumo<br>(EM/día)                     | 9.74   | 13.94 | 13.99 | 17.79 | <0,01 (lin) |
| Ganancia media<br>diaria(kg/animal/día) | 1.11   | 1.34  | 1.24  | 1.31  | 0,08 (cua)  |
| Peso final (kg)                         | 377.50 | 418.5 | 398   | 416   | 0,01 (lin)  |
| Altura final (cm)                       | 123,8  | 124,8 | 124   | 126,3 |             |

##### 4.3.1 Consumo

En la Figura No. 12 se muestra el consumo de forraje expresado en kilogramos de materia seca consumidos cada 100 kg de peso vivo, la ganancia diaria individual promedio y el peso al final del invierno para los diferentes tratamientos. Hubo una respuesta lineal en el consumo de forraje, registrándose por cada unidad de aumento en la AF, un aumento de 0,11 unidades porcentuales en el consumo de materia seca de forraje (kg /100 kg PV; P<0,0001).

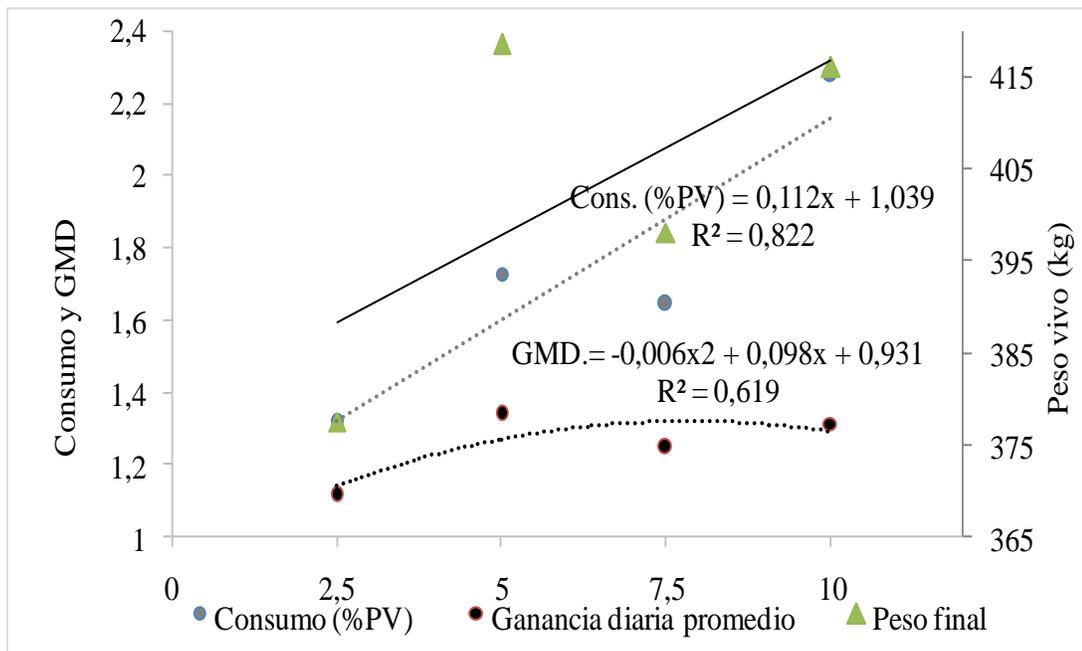


Figura No. 12. Efecto de la asignación de forraje sobre el consumo de materia seca de forraje (% peso vivo), ganancia media diaria (kg/animal/día) y peso al final del invierno en novillos Hereford de sobreaño pastoreando raigrás Bill Max del 24/5/2018 al 28/9/2018

Por otra parte, en la Figura No. 13 se observa cómo evolucionó el consumo de materia seca de forraje y la disponibilidad de forraje pre-pastoreo para las AF más contrastantes del experimento (2,5 y 10% del peso vivo).

Hubo un efecto del tratamiento (T), de la semana (S) y de la interacción entre el tratamiento y la semana (T x S) en el consumo de materia seca ( $P < 0,0001$ ). Se observó que a pesar de las variaciones en la disponibilidad de forraje pre-pastoreo, el consumo fue siempre superior en el tratamiento de mayor AF 10% en comparación con el de asignación más restrictiva (2,5%). A medida que se acerca el final del experimento, la diferencia entre los tratamientos en el consumo de materia seca de forraje se hace mayor.

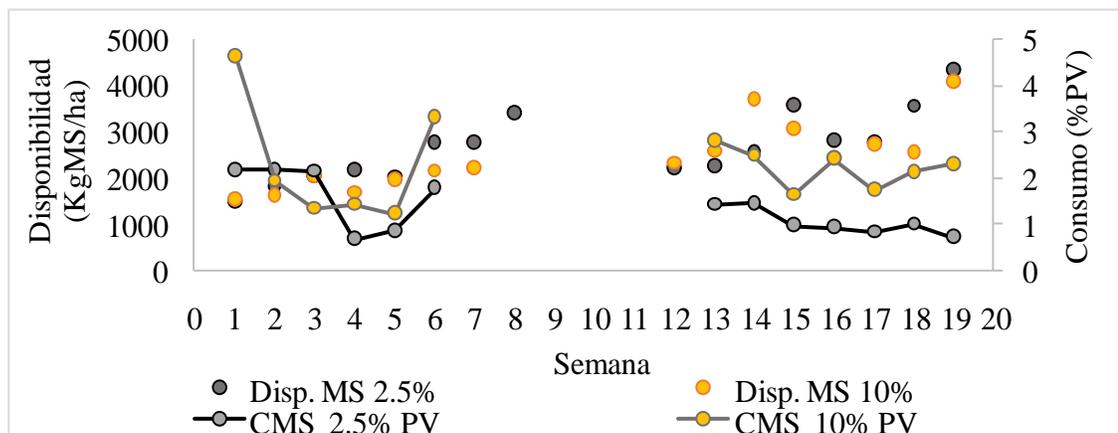


Figura No. 13. Consumo de materia seca de forraje (% del PV) y disponibilidad de forraje pre-pastoreo (kg MS/ha) de una pastura de raigrás Bill Max pastoreada por novillos Hereford de sobreaño en dos asignaciones de forraje (2,5 y 10 kg MS/100 kg de PV).

#### 4.3.2. Comportamiento animal

El Cuadro No. 7 corresponde a la probabilidad de ocurrencia de las actividades registradas según tratamiento a lo largo del período experimental.

Cuadro No. 7. Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, rumia y descanso

| Actividad                  | Tratamiento |        |        |        | Valor de P |      |      |      |       |
|----------------------------|-------------|--------|--------|--------|------------|------|------|------|-------|
|                            | 2,5%        | 5%     | 7,5%   | 10%    | T          | S    | TxS  | DS   | TxDS  |
| Pastoreo                   | 0,4556      | 0,4961 | 0,4734 | 0,4549 | 0,42       | 0,48 | 0,13 | 0,04 | 0,73  |
| Rumia                      | 0,2129      | 0,1663 | 0,1773 | 0,1794 | 0,05       | 0,04 | 0,74 | 0,03 | 0,64  |
| Descanso                   | 0,2833      | 0,3028 | 0,3259 | 0,3409 | 0,03       | 0,12 | 0,42 | 0,04 | 0,98  |
| Tasa de bocado (boc./min.) | 41          | 39     | 36     | 33     | <0,01      | 0,5  | 0,1  | 0,6  | <0,01 |

T= tratamiento, S= semana, DS= día dentro de la semana, boc= bocados; min=minuto.

La actividad de pastoreo no fue afectada por la asignación de forraje ( $P>0,05$ ), ni por la semana ( $P>0,05$ ). Sin embargo, hubo un efecto del día de la semana ( $P<0,05$ ) el cual indica que a medida que transcurre la misma, la probabilidad de ocurrencia de pastoreo es menor.

Por otra parte, hubo un efecto del tratamiento sobre la actividad de rumia ( $P=0,0523$ ), determinando que a menores asignaciones, el tiempo de rumia es mayor. También hubo un efecto de la semana ( $P<0,05$ ) y del día dentro de la semana ( $P<0,05$ ) en la actividad de rumia, la cual disminuyó en la semana 14, respecto a la semana 4 y a su vez, disminuyó conforme avanzaron los días dentro de cada semana.

Hubo un efecto del tratamiento sobre la probabilidad de que los animales evaluados estén descansando ( $P<0,05$ ), observándose que la actividad de descanso aumenta de forma lineal conforme aumenta la asignación de forraje. No se observó un efecto de la semana sobre el tiempo de descanso ( $P>0,05$ ), pero sí un efecto del día de la semana sobre el mismo ( $P<0,05$ ), en donde se observó que a medida que transcurren los días dentro de la semana, los tiempos de descanso son menores.

Por último, hubo un efecto del tratamiento en la tasa de bocado, la cual disminuyó de manera lineal frente al aumento en la AF ( $P<0,01$ ).

#### 4.3.4. Ganancia diaria y peso al final del invierno

La ganancia de peso vivo tendió a aumentar en forma cuadrática ( $P=0,08$ ). En función de la curva de predicción generada (Figura No. 12) aumentos en la AF entre 2,5 y 5% representan una marcada respuesta en producción individual, registrándose luego incrementos decrecientes. La ganancia máxima de 1,311 kg/día se alcanzaría con una AF de 7,8%.

El peso al final del invierno mostró una respuesta lineal positiva ( $P=0,01$ ) frente al aumento en la AF (Figura No. 12).

#### 4.4. PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

El Cuadro No. 8 corresponde a la producción de forraje y carne por hectárea en relación a la carga (animales por hectárea).

Cuadro No. 8. Producción de forraje, tasa de crecimiento, carga y producción de carne por hectárea, según la asignación de forraje para novillos Hereford de sobreño pastoreando una pastura de raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

| AF (kg MS/100 kg PV)               | 2.5   | 5     | 7.5   | 10    | P> f        |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Producción de forraje (kg MS/ha)   | 4633  | 5598  | 4492  | 5425  | 0,21 (ns)   |
| Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) | 36.8  | 44.4  | 39.6  | 43.1  | 0,21(ns)    |
| PCV/ha                             | 828,6 | 667,9 | 473,6 | 467,8 | <0,01 (cua) |

AF= asignación de forraje, PCV= producción de carne vacuna.

La producción de forraje por hectárea no mostró una respuesta clara frente a aumentos en la AF. Lo mismo ocurrió con la tasa de crecimiento del verdeo.

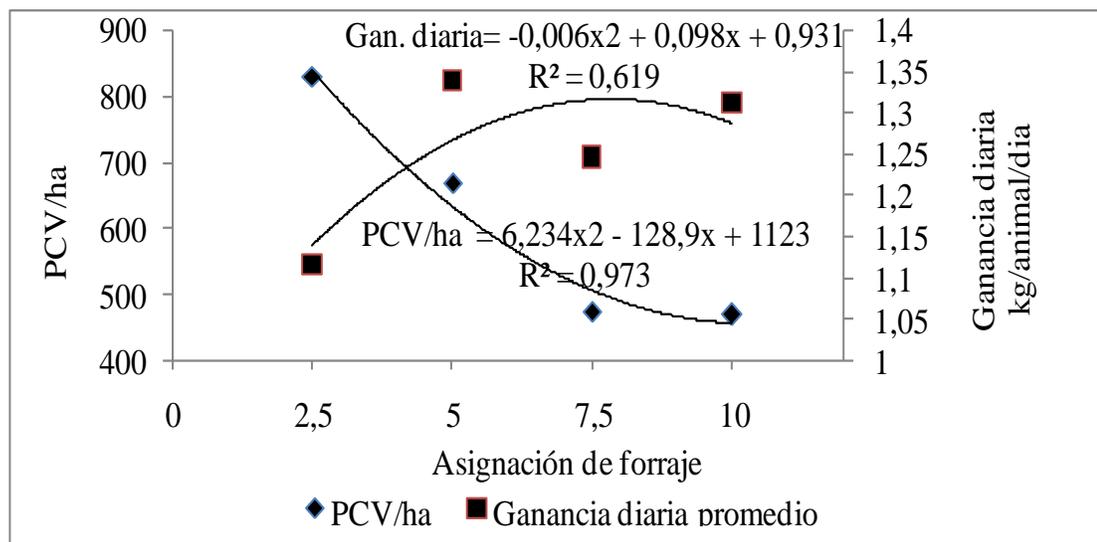


Figura No. 14. Efecto de la asignación de forraje (kg MS/100 kg de peso vivo) sobre la ganancia media diaria (kg/día) y producción de carne por hectárea (kg carne/ha) de novillos Hereford de sobreño pastoreando raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

Contrariamente a la respuesta observada en producción individual, la cual mostró incrementos decrecientes asociados al aumento de oferta de forraje ( $P < 0.01$ ) la

producción de carne por hectárea mostró una respuesta cuadrática negativa la cual disminuye a medida que aumenta la AF, alcanzando un mínimo con una AF de 10% (P<0.002) encontrándose el mayor nivel de producción por hectárea, en la menor asignación de forraje del experimento (Figura No. 14).

Cuando se compara la producción de carne por hectárea con la utilización del forraje disponible, se puede observar que ambos muestran una respuesta similar y ambos mostraron una respuesta cuadrática negativa al aumento de la AF (Figura No. 15).

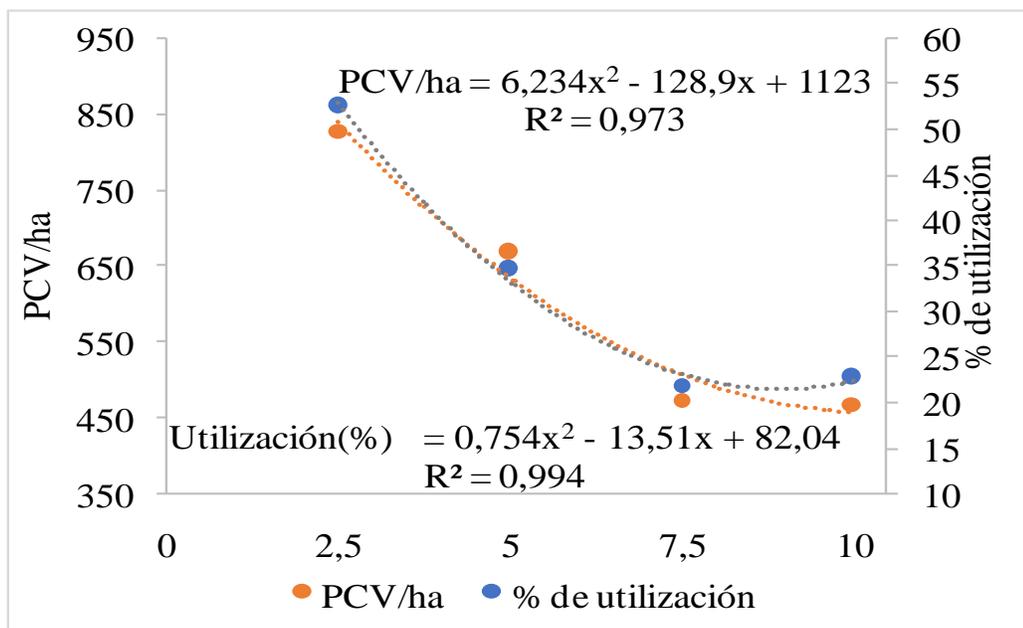


Figura No. 15. Efecto de la asignación de forraje (kg MS/100 kg de peso vivo) sobre la ganancia media diaria (kg/día) y producción de carne por hectárea (kg carne/ha) de novillos Hereford de sobreaño pastoreando raigrás Bill Max desde el 24/5/2018 al 28/9/2018

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

#### 5.1.1. Disponibilidad, rechazo y utilización de forraje

Según Smith et al., citados por Carámbula (1996), disponibilidades mayores a 2500 kg MS/ha no estarían limitando el consumo de materia seca. En base a esto, los valores de disponibilidad de entrada registrados durante todo el experimento, si bien tendieron a caer al aumentar la AF, estos no habrían sido limitantes para lograr un buen comportamiento animal sobre este tipo de pasturas. Los resultados de los análisis químicos y las GMD de los animales en todos los tratamientos, respaldan que se cubrieron las necesidades nutricionales de la categoría animal que se utilizó en el experimento.

La caída observada en la disponibilidad pre-pastoreo al aumentar la AF, aun cuando la tasa de rebrote de la pastura mostró un incremento lineal con la AF (Cuadro No. 8), podría deberse a la disminución observada en el tiempo de descanso entre pastoreos, asociado al hecho de que el experimento se llevó a cabo en un área fija por repetición (Figura No. 11). Según Zanoniani y Noëll (2003), los períodos de descanso entre pastoreos varían con la especie y las condiciones climáticas, pero en general, el óptimo se encuentra cercano a los 50 días para los verdeos tradicionales. Pastoreos con estas características mejoran la utilización y la producción del verdeo, ya que evitan sobrepastoreos y también los desperdicios por sub pastorear y extenderse mucho en los tiempos de descanso.

#### 5.1.2. Composición química

En cuanto a la composición química de la pastura durante el experimento, los valores registrados para el porcentaje de materia seca no coinciden con lo obtenido en otras investigaciones, ya que hubo una disminución en el porcentaje de MS en el Período 2 (Cuadro No. 5). Según Acosta et al., citados por Scheneiter (s.f.) el raigrás en otoño e invierno presenta una gran proporción de agua y, a partir de mediados de invierno, el porcentaje de materia seca comienza a aumentar a altas tasas, mostrando un crecimiento casi lineal. Este crecimiento en la proporción de materia seca es acompañado por un aumento en la FDA, mientras que se da una disminución en el nivel de proteína (Pordomingo et al., citados por Scheneiter, s.f.). Dicha pérdida de proteína se dio en el experimento, disminuyendo, en promedio, de 18,61 a 8,33% (inicio del experimento y semana 12, respectivamente), lo cual significa una pérdida excesiva, teniendo en cuenta lo reportado por García (2003), quien determinó que para varios cultivares de raigrás, el promedio de proteína siempre fue superior al 15% hasta la primavera.

## 5.2. CONSUMO DE MATERIA SECA Y PRODUCCIÓN INDIVIDUAL

La respuesta observada en la ganancia media diaria (Figura No. 12), rechaza la hipótesis planteada, la cual indicaba que para una pastura de raigrás Bill Max existe una respuesta en ganancia diaria individual hasta valores de asignaciones de forraje de 10 kg/100 kg de peso vivo. Marsh, citado por Algorta et al. (2014), reportó una respuesta lineal en la ganancia individual en una pastura de raigrás perenne y trébol blanco, trabajando con asignaciones de forraje del 3; 4,5; 6 y 7,5% del peso vivo. Sin embargo, encontró una respuesta curvilínea, trabajando con asignaciones del 5; 7,5; 10 y 12,5% del peso vivo, encontrando pequeñas respuestas por encima de la asignación del 10%.

Por otra parte, se observó una respuesta lineal en el consumo de materia seca, la cual no coincide con lo planteado por Combellas y Hodgson, citados por Baudracco et al. (2010), quienes sostienen que a altos niveles de asignación de forraje la relación entre oferta y consumo se vuelve asintótica, dándose aumentos decrecientes del consumo a medida que aumenta la oferta de forraje. En relación a esto, en un experimento realizado por Beretta et al. (2010), se encontró para terneras Hereford pastoreando avena, un máximo en el consumo de forraje con una asignación de forraje del 8%.

Los datos obtenidos no concuerdan con lo expresado por Poppi et al. (2018), quienes sostienen que hay una respuesta lineal en la ganancia de peso frente a aumentos en el consumo de materia seca.

Esta diferencia en la respuesta en el consumo y la GMD no estaría explicada por diferencias en la calidad de la pastura, ya que, como se puede observar en el Cuadro No. 6, no presentó una variación que justifique estas diferencias. Sin embargo, los altos niveles de consumo pudieron ser causante de una mayor tasa de pasaje del alimento, lo cual según Frikins et al., citados por López et al. (2016), tiene una influencia negativa sobre la eficiencia de utilización de la energía por parte del animal, que se debe al menor tiempo en que el alimento está sometido a la actividad de los microorganismos en el rumen y las enzimas digestivas en el tracto digestivo. Es por este motivo que McDonald et al., citados por López et al. (2016), sostienen que a medida que aumenta la tasa de pasaje, la digestibilidad de los alimentos consumidos por el rumiante disminuye.

La actividad de pastoreo no mostró diferencias entre los tratamientos, lo cual no coincide con lo esperado, ya que se esperaba una disminución de la misma frente al aumento de la AF. A su vez, la tasa de bocado disminuyó de forma lineal conforme aumentó la AF (Cuadro No. 7). Por lo tanto, el mayor consumo a altas asignaciones puede estar asociado a mayores pesos de bocado, los cuales pueden ser atribuidos a la mayor superficie de pastoreo, la cual les permitió seleccionar el forraje de mayor altura y más fácil de cosechar.

Otra posible explicación de los incrementos decrecientes en la GMD pese a la respuesta lineal en el consumo de materia seca sería la variación en la composición de la ganancia. Según Di Marco (2004), la deposición de proteína crece a tasa decreciente hasta alcanzar un plateau y la grasa crece de forma exponencial con el aumento de peso. Por este motivo, la ganancia en animales de mayor peso tendría una mayor proporción de grasa, lo cual, como se mencionó anteriormente, tiene un costo energético superior. Por lo tanto, los animales de los tratamientos de mayor AF, los cuales llegaron al final del invierno con mayor peso (Figura No. 12), tendrían requerimientos energéticos mayores para aumentar de peso.

Hay escasos antecedentes de ganancia en verdeos de invierno en altas asignaciones, probablemente, por la poca respuesta en la ganancia por encima de esta asignación. Lustosa, citado por Queirolo et al. (2006), reporta una ganancia media diaria de 1,18 kg/animal/día en novillos de sobreño (12 a 18 meses) con pesos que iban desde 170 a 350 kg, con una oferta de forraje de 15% del peso vivo en una mezcla de centeno, avena y una resiembra natural de raigrás. Datos de similar naturaleza fueron reportados por Queirolo et al. (2006), para novillos de raza británica pastoreando un verdeo mezcla de avena y raigrás con una AF 10%, en donde las ganancias medias diarias fueron de 1,01 kg/día. Por otra parte, para las asignaciones de forraje de 2,5 y 5% se registraron ganancias diarias de 1,13 y 1,27 kg/día, con consumos de materia seca del 1,31 y 1,73% del peso vivo, respectivamente, las cuales fueron superiores a las reportadas por Canén et al. (2016), para novillos pastoreando *Avena byzantina* cv. LE 1095 con una AF de 2,5%, donde ganancias fueron de 0,92 kg/día con un consumo del 2,25% del peso vivo y también a las reportadas por Beretta et al. (2017), para novillos en terminación pastoreando raigrás en otoño-invierno con una AF de 5%, en donde se registraron ganancias diarias promedio (de dos años de evaluación) de 1,06 kg/día, asociado a un consumo de materia seca de 2,49% del peso vivo. Datos similares fueron obtenidos en un trabajo realizado por Lagomarsino (2015), en vacas de refugio de 480 kg con una oferta de 4% del peso vivo de *Avena byzantina* cv. INIA Halley y raigrás espontáneo proveniente de siembras anteriores, donde se alcanzaron ganancias de 0,95 kg/animal/día.

### 5.3. PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

La producción de forraje por hectárea no mostró una respuesta clara frente al aumento de la AF (Cuadro No. 8). Skinner et al., citados por Saldanha et al. (2012), sostienen que la mayor área foliar remanente generada por pastoreos menos intensos permite que las plantas capten más luz y, por lo tanto, producir mayor cantidad de biomasa.

Por otra parte, la asignación de forraje que generó mayor producción de carne por hectárea fue la de 2,5% con una producción por ha de 828.6 kg/ha, para un período de 128 días. La mayor ganancia individual se logró con una asignación del 7,8% (Figura No. 14). Hay que resaltar que la asignación que maximizó la ganancia individual, conlleva a pérdidas en producción por hectárea de 331,7 kg. Esto coincide lo expresado por Mott (1973), con la diferencia de que, en este experimento, no se vio limitada la producción individual y por hectárea en ningún tratamiento, ya que el tratamiento con mayor carga fue el que presentó mayor producción por unidad de superficie y una ganancia media individual de 1,11 kg/día.

La producción por hectárea registrada es superior a lo reportado en otros experimentos. Pigurina (2001) sostiene que el uso de praderas y verdeos anuales permiten generar ganancias diarias promedio de 0,6 a 1,3 kg/día y producciones de carne que van desde 250 a 400 kg/ha/año. Lagomarsino (2015) reportó producciones de carne de 115 a 119 kg/ha, en una pradera de raigrás, trébol blanco y lotus, pastoreada por terneros de 185 kg, con una asignación del 2% del peso vivo. A su vez, este mismo autor reportó producciones de carne por hectárea de 80 a 110 kg y 103 a 198 kg para un verdeo de avena y raigrás pastoreado por vacas de 409 a 480 kg con asignaciones de 2 y 4% del peso vivo, respectivamente. Es importante destacar que, en este último experimento, la disponibilidad de materia seca promedio fue de 1650 kg/ha en el caso del tratamiento de 2% y 1750 kg/ha, lo cual pudo estar limitando el consumo de materia seca. Por otra parte, en un experimento llevado a cabo por Queirolo et al. (2006), la producción de carne por hectárea de novillos pastoreando un verdeo mezcla de raigrás y avena con una asignación de forraje de 6,1% del peso vivo, fue de 532,08 kg, lo cual se asemeja bastante a los resultados obtenidos en este experimento para la misma asignación de forraje, la cual fue de 568,67 kg/ha.

Si bien la asignación de forraje de 2,5% es la que maximiza la producción por hectárea, la asignación de forraje óptima va a depender del objetivo productivo, el cual puede ser obtener mayor producción individual. Otro factor a tener en cuenta, es que un manejo del pastoreo con esta asignación implica tiempos de descanso mayores, que en este caso estuvo en el entorno de los 70 días (Figura No. 11).

## 6. CONCLUSIONES

Se rechaza la hipótesis planteada, ya que la respuesta en ganancia diaria individual se da hasta una asignación de forraje de 7,8%, con una GMD de 1,311 kg/día.

La máxima producción de carne por hectárea se da con una asignación del 2,5%, con una producción de 828,6 kg/ha.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo, la cual fue regulada a través de la oferta de forraje (kg materia seca/ 100 kg de peso vivo), de una pastura de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Bill Max) sobre el crecimiento animal, producción de carne invernal por unidad de área, y eficiencia de utilización del forraje, y de esta forma, generar coeficientes técnicos que sean útiles a la hora de planificar y tomar decisiones. El experimento fue realizado en el potrero número uno de la Unidad de Producción Intensiva de Carne de Facultad de Agronomía. Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay. El período experimental fue desarrollado durante 128 días (desde 24/5/2018 al 28/9/2018), el cual fue dividido en 2 períodos donde los animales pastorearon un verdeo de *Lolium multiflorum* cv “Bill Max” en forma rotativa. Se utilizaron para el experimento 32 novillos de sobreño de la raza Hereford, nacidos en la primavera de 2016 en el rodeo experimental de la EEMAC. Los animales comenzaron el experimento con un peso vivo promedio de  $239.2 \pm 15$  kg, fueron sorteados en 8 grupos y éstos asignados al azar a cada uno de los tratamientos definidos por la oferta de forraje a saber: 2,5; 5,0; 7,5; y 10,0 kg MS/100 Kg de PV animal, respectivamente. Por lo que cada tratamiento quedó constituido por 2 repeticiones integrada por 4 novillos por cada parcela independiente. Los animales estuvieron en cada parcela 7 días y luego pasaban a la siguiente con la oferta de forraje correspondiente a cada tratamiento y así sucesivamente. Diariamente a las 10 de la mañana a cada tratamiento y su repetición se los llevó a tomar agua a un bebedero contiguo al potrero experimental. Durante el período experimental, conforme fueron transcurriendo las semanas, la disponibilidad y altura de ingreso fueron aumentando en forma lineal en todos los tratamientos ( $P < 0,0001$ ). El rechazo de forraje y la utilización mostraron una respuesta cuadrática, encontrándose el máximo de forraje remanente y la mínima utilización con una AF de 8,2 y 9,0%, respectivamente. Por el lado de los animales se observó que el consumo fue siempre superior en el tratamiento de mayor AF (10%) en comparación con el de asignación más restrictiva (2,5%). Este consumo analizado tuvo una respuesta lineal, la cual registró por cada unidad de aumento en la AF, un aumento de 0,11 unidades porcentuales en el consumo de materia seca (kg/100 kg PV;  $P < 0,0001$ ). Respecto a la ganancia de peso vivo, la misma tuvo una respuesta cuadrática positiva ( $P = 0,08$ ), donde la mayor respuesta se dio al pasar de la AF 2,5 a 5%, comportándose luego con incrementos decrecientes. La ganancia máxima fue de 1,311 kg/día, con una AF de 7,8%. Asimismo, el peso máximo de 413,6 kg/animal se alcanzó con una AF de 8,3%. Se observó un aumento lineal en la producción de forraje por hectárea frente a aumentos en la AF ( $P = 0,21$ ), reflejado a través de la tasa de crecimiento de la pastura que tuvo el mismo comportamiento. Contrariamente la ganancia individual mostró incrementos decrecientes asociados al aumento en la oferta de forraje ( $P < 0,0001$ ). Mientras tanto la línea de tendencia de producción de carne por hectárea tuvo una respuesta cuadrática negativa, alcanzando su mínimo con un 10% de AF ( $P < 0,002$ ) similar a la respuesta en

la utilización de forraje. No se encontraron diferencias en la actividad de pastoreo por el cambio de oferta de alimento ( $P < 0,05$ ) aunque sí hubo efecto del día de la semana ( $P < 0,05$ ), el cual indica que a medida que transcurre la misma, la probabilidad de ocurrencia disminuye. Por otra parte, hubo efecto del tratamiento sobre la actividad de rumia y descanso, aumentando y disminuyendo sus valores conforme disminuye la AF, respectivamente. Por último, hubo un efecto tratamiento en la tasa de bocado, la cual disminuyó de manera lineal frente a aumentos de oferta de forraje ( $P < 0,01$ ).

Palabras clave: Novillos; Bill Max; Asignación de forraje; Producción por hectárea; Ganancia individual; Peso vivo; Pastoreo.

## 8. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effect of grazing intensity, which was regulated through the supply of forage (kg dry matter / 100 kg live weight), from a ryegrass pasture (*Lolium multiflorum* cv. Bill Max) on animal growth, winter meat production per unit area, and forage utilization efficiency, and in this way, generate technical coefficients that are useful when planning and making decisions. The experiment was carried out in paddock number one of the Intensive Meat Production Unit of the Experimental Station of the Faculty of Agronomy “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), located in the department of Paysandú, Uruguay. The experimental period was developed during 128 days (from 5/24/2018 to 9/28/2018), which was divided into 2 periods where the animals grazed a greening of *Lolium multiflorum* cv “Bill Max” on a rotational basis. 32 Hereford calves, born in the spring of 2016 at the EEMAC experimental herd, were used for the experiment. The animals began the experiment with an average live weight of  $239.2 \pm 15$  kg, they were sorted into 8 groups and these were randomly assigned to each of the treatments defined by the supply of forage, namely: 2.5; 5.0; 7.5; and 10.0 kg DM / 100 Kg of animal LW respectively. Therefore, each treatment was made up of 2 repetitions made up of 4 steers for each independent plot. The animals were in each plot for 7 days and then went to the next with the supply of forage corresponding to each treatment and so on. Daily at 10 in the morning at each treatment and its repetition I took them to drink water from a drinking fountain next to the experimental paddock. During the experimental period, as the weeks passed, the availability and height of admission increased linearly in all treatments ( $P < 0.0001$ ). Forage rejection and utilization showed a quadratic response, finding the maximum remaining forage and the minimum utilization with a FA of 8.2 and 9.0%, respectively. On the animal side, it was observed that consumption was always higher in the treatment with the highest PA (10%) compared to the one with the most restrictive allocation (2.5%). This analyzed consumption had a linear response, which registered for each unit of increase in FA, an increase of 0.11 percentage units in the consumption of dry matter (kg / 100 kg LW;  $P < 0.0001$ ). Regarding live weight gain, it had a positive quadratic response ( $P = 0.08$ ). Treatments 2.5 and 5% showed a marked response in individual production, then behaving with decreasing increases. The maximum gain was 1,311 kg / day, with a FA of 7.8%. Likewise, the maximum weight of 413.6 Kg / animal was reached with a FA of 8.3%. A linear increase in forage production per hectare was observed compared to increases in FA ( $P = 0.21$ ), reflected through the growth rate of the pasture that had the same behavior. On the contrary, the individual profit showed decreasing increases associated with the increase in forage supply ( $P < 0.0001$ ). Meanwhile, the trend line for meat production per hectare had a negative quadratic response, reaching its minimum with 10% FA ( $P < 0.002$ ) similar to the response to forage use. No differences were found in grazing activity due to the change in food supply ( $P < 0.05$ ), although there was an effect of the day of the week ( $P < 0.05$ ) which indicates that as the probability of occurrence decreases. On the other hand, there was an effect of the treatment on the activity of rumination and rest, increasing and decreasing

their values as the PA decreases, respectively. Lastly, there was a treatment effect in the bite rate, which decreased in a linear manner compared to increases in forage supply ( $P < 0.01$ ).

Keywords: Steers; Bill Max; Forage allocation; Production per hectare; Individual gain; Liveweight; Grazing.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Algorta, N.; Posada, J.; Tuneu, R. 2014. Efecto de la dotación animal sobre la producción estivo-otoñal de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
2. Amigone, M.; Kloster, A.; Chiacchiera, S.; Conde, M.; Masiero, B. 2012. Verdeos de invierno: producción de forraje de avena, cebada forrajera, triticale y raigrás anual en la EEA INTA Marcos Juárez. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 155:56-58. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R155/R\\_155\\_56.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R155/R_155_56.pdf)
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists, US). 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19<sup>th</sup>. ed. Gaithersburg. 700 p.
4. Asuaga, J.; Pintado, D. 2011. Estructura de la pastura, selectividad y conducta de vacas lecheras en pastoreo de pasturas mezclas sometidas a cambios en la intensidad de pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 49 p.
5. Barbera, P.; Maidana, C.; Zapata, P.; Ramírez, R.; Ramírez, M.; Fernández, J.; Benítez, P.; Benítez, J. 2012. Evaluación de cultivares de raigrás anual y avena. (en línea). INTA. Hoja informativa no. 51. s.p. Consultado 09 ago. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha\\_tecnican51\\_feb2012\\_cultivares\\_de\\_raigras\\_y\\_avena.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_tecnican51_feb2012_cultivares_de_raigras_y_avena.pdf)
6. Baudracco, J.; López-Villalobos, N.; Holmes, C.; Macdonald, K. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. (en línea). New Zealand Journal of Agricultural Research. 53(2):109-133. Consultado 13 dic. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
7. Bauzá, R. 2012. Bioenergética. (en línea). In: Curso de Nutrición Animal 3er. año. (2012, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1-14. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Tema%209.ENERGIA.TEORICO.Curso%202012.pdf>

8. Bavera, G.; Bocco, O.; Beguet, H.; Petryna, A. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad. (en línea). In: Curso de Producción Bovina de Carne (2005, Río Cuarto). Conceptos de crecimiento y desarrollo animal. Río Cuarto, s.e. pp. 1-11. Consultado jun. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externior/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externior/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf)
9. Beretta, V.; Simeone, A.; Bentancur, O.; Invernizzi, G.; Puig, C.; Viroga, S. 2007. Efecto de la asignación de forraje y el tiempo de ocupación de la parcela sobre la performance de terneros Hereford pastoreando praderas permanentes en invierno. (en línea). Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 4 p. Consultado mar. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/90-Beretta\\_ocupacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/90-Beretta_ocupacion.pdf)
10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2008. Bases técnicas para la mejora de sistemas ganaderos: primera aproximación a una propuesta integrada. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne Montevideo (10<sup>a</sup>; 2008, Paysandú). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 48-53.
11. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Viera, G. 2010. Utilización de avena para pastoreo con terneras Hereford. (en línea). Paysandú, UdelaR. Facultad de Agronomía. 1 p. Consultado 03 jun. 2020. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/viewFile/485/395>
12. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Franco, J.; Bentancur, Ó. 2017. Suplementación con fuentes de fibra o almidón a novillos en terminación pastoreando verdeos de invierno. *Agrociencia* (Uruguay). 21(1):131-139.
13. Berretta, E.; Risso, D.; Bemhaja M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de Basalto. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 2-34 (Boletín de Divulgación no. 76). Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630031107111008.pdf>
14. Blackburn, H.; Kothmann, M. 1991. Modelling diet selection and intake for grazing herbivores. *Ecological Modelling*. 57:145-163.

15. Blaser, R.; Hammes, R.; Bryant, H.; Hardison, W.; Fortenot, J.; Engel, R. 1960. The effect of selective grazing on animal output. *In*: International Grasslands Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 601-605.
16. Borrajo, C.; Barbera, P.; Bendersky, D.; Pizzio, R.; Ramírez M.; Maidana, C.; Zapata, P.; Ramírez, R.; Fernández, J. 2011. Verdeos de invierno en Corrientes: Manejo del pastoreo y producción de carne. (en línea). Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Serie técnica no. 49. pp. 25-32. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/81-corrientes.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/81-corrientes.pdf)
17. Booyesen, P. 1975. Optimización de la carga de ganado y el manejo del pastoreo. (en línea). Pastos. 5(2):372-381. Consultado nov. 2020. Disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/download/1443/1450>
18. Briske, D. 1991a. Developmental Morphology and Physiology of Grasses. *In*: Heitschmidt, R.; Stuth, J. eds. Grazing Management: An Ecological Perspective. Portland, Timber. pp. 85-108.
19. \_\_\_\_\_; Heitschmidt R. 1991b. An ecological perspective. *In*: Heitschmidt, R.; Stuth, J. W. eds. Grazing Management: an Ecological Perspective. Portland, Timber. pp. 11-26.
20. Burjel, M.; Marques, M. 2017. Caracterización del comportamiento de consumo a corral y su vinculación con la eficiencia de conversión en vacunos de la raza Hereford. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/18618>
21. Canén, A.; Cooper, R.; Oliveira, P. 2016. Evaluación del uso de comederos de autoconsumo para la suplementación invernal de novillos en engorde. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 93 p. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/19655>
22. Cangiano, C. 1997. Producción animal en pastoreo; factores que afectan la facilidad de cosecha. Balcarce, INTA. 145 p.
23. \_\_\_\_\_; Galli, J.; Pece, M.; Dichio, L.; Rozsypalek, S. 2002. Effect of liveweight and pasture height on cattle bite dimensions during

progressive defoliation. Australian Journal Agricultural Research. 53(5):541-549.

24. Castillo, E.; Valles de la Mora, B.; Jarillo, J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. (en línea). Técnica Pecuaria en México. 47(1):79-92. Consultado ago. 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312109009>
25. Cantou, A.; Echenique, M.; Ferrari, C.; Muñoz, M. 2009. Efecto de la asignación de forraje y la frecuencia del cambio de franja sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 130 p. Consultado 10 ago. 2020. Disponible en [https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23827/1/TTS\\_CantouMayolAndr%c3%a9s.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23827/1/TTS_CantouMayolAndr%c3%a9s.pdf)
26. Carámbula, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
27. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
28. \_\_\_\_\_. 2007a. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 357 p.
29. \_\_\_\_\_. 2007b. Verdeos de invierno. Montevideo, Hemisferio Sur. 11 p.
30. Carriquiry, E.; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Carámbula, M. 1993. Variedad de avena: una condicionante de los verdeos asociados. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 20-30. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4150/1/Variedad-de-avena.pdf>
31. Carstens, G.; Tedeschi, L. 2006. Defining feed efficiency in beef cattle. In: Beef Improvement Federation Annual Meeting (38<sup>th</sup>., 2006, Choctaw, Mississippi, USA). Proceedings. s.n.t. pp. 12- 21.
32. Chalkling, D. 2008. Producción intensiva de carne en el sistema agrícola - ganadero. (en línea). Montevideo, INIA. 35 p. (FPTA no. 173). Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2821/1/18429130709161102.pdf>

33. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: I. Predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26<sup>as.</sup>, 1998, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-7.
34. \_\_\_\_\_. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (30<sup>as.</sup>, 2002, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 90-96.
35. Cid, M.; Brizuela, M. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*. 51(6):644-649.
36. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. (en línea). Balcarce, INTA. Boletín Técnico no. 148. 12 p. Consultado jul. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso\\_crecimiento.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf)
37. Costa M.; De Battista J.; Sero, C. 2004. Verdeos de invierno, raigrás anual. (en línea). Concepción del Uruguay, Sitio Argentino de Producción Animal. 2 p. Consultado may. 2020. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/22-verdeos\\_invierno\\_raigrass\\_anual.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/22-verdeos_invierno_raigrass_anual.pdf)
38. Da Trindade, J.; Cassiano, E.; Fabio, P.; Neves, J.; Mezzalira, C.; Bremm, C.; Genro, C.; Tischler, M.; Nabinger, C.; Gonda, H.; Carvalho, P. 2012. Forage Allowance as a Target of Grazing Management: implications on Grazing Time and Forage Searching. (en línea). *Rangeland Ecology and Management*. 65(4):382-393. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00204.1>
39. De Brum, E. 2004. Descripción de mejoramientos de campo con trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*) en el Departamento de Artigas. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 136 p. Consultado nov. 2020. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/25453/1/DeBrumRodr%C3%ADguezEmilioFederico.pdf>

40. Di Marco, O. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Balcarce, INTA. 246 p.
41. \_\_\_\_\_. 2004. Fisiología del crecimiento de vacunos. (en línea). Balcarce, Sitio Argentino de Producción Animal. 8 p. Consultado oct. 2020. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/externior/16-fisiologia\\_del\\_crecimiento.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/externior/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf)
42. Do Carmo, M.; Soca, P.; Cardozo, G.; Balzarini, M. 2015. Ajuste de carga animal en base a oferta de forraje. (en línea). MGAP. DGDR. Cartilla técnica. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/Dia%20de%20campo%20manejo%20de%20carga%20en%20Basalto%20oct%202015/protocolo%20estimacion%20forraje%20y%20ajuste%20de%20carga%20Laura\\_Maxi.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/Dia%20de%20campo%20manejo%20de%20carga%20en%20Basalto%20oct%202015/protocolo%20estimacion%20forraje%20y%20ajuste%20de%20carga%20Laura_Maxi.pdf)
43. Elizalde, J. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. (en línea). Balcarce, Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 9 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/13-suplementacion\\_en\\_condiciones\\_de\\_pastoreo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/13-suplementacion_en_condiciones_de_pastoreo.pdf)
44. Escuder, C. 1996. Crecimiento de las pasturas cultivadas; algunos factores que lo afectan. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. s.p.
45. Foglino, F.; Fernández, J. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, t. blanco, *Lotus corniculatus* y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 60 p.
46. Gallegos, C.; Valles de la Mora, E.; Rodríguez, B.; Jesús, J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. Técnica Pecuaria en México. 47(1):79-92.
47. Galli, J.; Cangiano, C.; Fernández, H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 16(2):1-10 Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/15-ingestivo\\_y\\_consumo\\_bovinos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf)

48. García, A. 2013. Valor nutritivo de los suplementos disponibles en Uruguay. (en línea). In: Carámbula, M.; Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. 2ª. ed. Montevideo, INIA. pp. 204-218 (Serie Técnica no. 13). Consultado mar. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807115854.pdf>
49. García, F.; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Daverede, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. (en línea). Buenos Aires, INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 65 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/\\$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%2005.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7deffe669416f818032580b800647dc6/$FILE/Fertilizacion%20de%20forrajes%202005.002.002.pdf/Fertilizacion%20de%20forrajes%2005.pdf)
50. García, J. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133). Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2878/1/15630191107142500.pdf>
51. Haydock, K.; Shaw, N. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. (en línea). Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15:663-670. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000138.pdf>
52. Héctor, J.; Loza, T. 1993. Morfología y fisiología de los pastos. Monterrey, México, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. pp. 1-20.
53. Hodgson, J. 1990. Grazing management: science into practice. (en línea). New York, USA, Longman. 203 p. Consultado feb. 2020. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(91\)90006-V](https://doi.org/10.1016/0308-521X(91)90006-V)
54. Holmes, C.; Wilson, G.; Kuperus, W.; Vuvaneshwa, S.; Wickham, B. 1993. Live weight, feed intake and feed conversion efficiency of lactating cows. (en línea). Proceedings of the New Zealand Society Animal Production. 53: 95-99. <http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1993/ab93023.pdf>

55. INIA; INASE (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY; Instituto Nacional de Semillas, UY). 2018. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. (en línea). Montevideo, INIA. 104 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/Evaluacion\\_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2018/PubForrajerasPeriodo2018.pdf)
56. Invernizzi, G.; Puig, C.; Viroga, S. 2007. Efecto de la asignación de forraje y la frecuencia del cambio de franja sobre la performance de terneros Hereford pastoreando praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
57. Jamieson, W.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage 96 intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34:261-271.
58. Lagomarsino, X. 2015. Estrategias de intensificación de la ganadería vacuna en sistemas pastoriles. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica: alternativas Tecnológicas para los Sistemas Ganaderos de Basalto (2015, Salto Grande). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 16-25 Consultado mar. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5079/1/Seminario-Actualizacion-Tecnica-Julio-2015-Lagomarsino.pdf>
59. Lawlor, D.; Ortiz, D.; Rosales Pastor, I. 2011. Efecto del tiempo de pastoreo y la suplementación en el engorde de corderos en verano. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 61 p. Consultado jul. 2020. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1748/1/3827law.pdf>
60. Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P. 2000. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. (en línea). Curitiba, Paraná, Brazil, CABI. 265 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://userweb.weihenstephan.de/lattanzi/Lit/Grassland%20Ecophysiology.pdf>
61. López, R.; Ressio, F.; Zapater, F. 2016. Efecto del tiempo de acceso al forraje fresco sobre la digestibilidad, la tasa de pasaje y el flujo de proteína microbiana en vacas lecheras alimentadas con una ración totalmente mezclada. (en línea). Tesis Dr. Vet. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 32 p. Consultado oct. 2020.

Disponible en

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/10380/1/FV-31998.pdf>

62. Macoon, B.; Sollenberger, E.; Moore, J.; Staples, C.; Fike, J.; Portier, M. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*. 81(9):2357-2366.
63. Mejía Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. (en línea). *Acta Universitaria*. 12(3):56-63. Consultado jul. 2020. Disponible en <http://www.acuedi.org/doc/1050/consumo-voluntario-de-forraje-por-rumiantes-en-pastoreo-.html>
64. Méndez, D.; Davies, P. 2004. Herramientas para mejorar las ganancias de peso. (en línea). General Villegas, INTA. 3 p. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_pastoril\\_o\\_a\\_campo/39-herramientas\\_mejorar\\_ganancias\\_de\\_peso.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/39-herramientas_mejorar_ganancias_de_peso.pdf)
65. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Anuario estadístico agropecuario 2019. Montevideo. 255 p.
66. Mieres, J.; Assandri, L.; Cúneo, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos. (en línea). *In*: Mieres, J. ed. Guía para la alimentación de rumiantes Montevideo, INIA. pp. 13-66 (Serie Técnica no. 142). Consultado feb. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141556.pdf>
67. Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. (en línea). San Diego, CA, Academic Press. 84 p. Consultado mar. 2020. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=xnOVGsdCktwC&pg=PA29&lpg=PA29&dq=Minson,+1983&source=bl&ots=p1SuU0190W&sig=ACfU3U1RWr9fY7QkOIJEAVMtDeePFXQO6Q&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiP67Gv-MbhAhWwILkGHXAgA4YQ6AEwB3oECAgQAQ#v=snippet&q=height&f=false>
68. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. *In*: Risso, D.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y

manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).

69. Moreira, J.; Montes, E.; Bove, M.; Morales, H.; Lázaro, M. 2017. Recría de novillos. El posible equilibrio entre negocio y productividad. (en línea). Montevideo, Instituto Plan Agropecuario. 126 p. Consultado set. 2020. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/22235\\_libro\\_recrias\\_de\\_machos.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/22235_libro_recrias_de_machos.pdf)
70. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and measurements of pasture production. In: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Oxford). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606-611.
71. \_\_\_\_\_. 1973. Evaluating forage production. (en línea). In: Heath, M.; Metcalfe, D.; Barnes, R. eds. Forages: the science of grassland agriculture. 3<sup>rd</sup>. ed. Ames, Iowa State University. pp. 126-135. Consultado feb. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/figure/Relationship-between-output-of-animal-production-and-stocking-rate-Mott-1973\\_fig1\\_264310471](https://www.researchgate.net/figure/Relationship-between-output-of-animal-production-and-stocking-rate-Mott-1973_fig1_264310471)
72. Nabinger, C.; De Faccio, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia* (Uruguay). 13(3):18-27.
73. Navarro, D.; Siebald, E.; Celis, S. 2006. Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes: manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. (en línea). Osorno, INIA. Centro Regional de Investigación Remehue. 165 p. (Boletín INIA no. 148). Consultado mar. 2020. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33823.pdf>
74. Nin, E.; Posada, J.; Tuneu, R. 2014. Efecto de la dotación animal sobre la producción estivo-otoñal de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de cuarto año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 104 p.
75. Parsons, A.; Chapman, D. 2000. The principles of pasture growth and utilization. In: Hopkins, A. ed. Grass: its production and utilization. Oxford, Backwell. pp. 31-89.
76. Pauletti, M. 2015. Recursos naturales: el cultivo de raigrás. (en línea). *Revista del Plan Agropecuario*. no. 155:56-58. Consultado dic. 2020. Disponible

en [https://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R155/R\\_155\\_56.pdf](https://planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R155/R_155_56.pdf)

77. Perrachón, J. 2009. Recursos naturales: pensemos en los verdes de invierno. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 132:42-46. Consultado ago. 2020. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R\\_132\\_42.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R_132_42.pdf)
78. \_\_\_\_\_. 2010. Praderas y verdes. (en línea). In: Risso, D.; Berretta, E.; Morón, A. eds. Implantación y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 8-32. Consultado jul. 2020. Disponible en [http://cnfr.org.uy/uploads/files/Manual\\_Pasturas.pdf](http://cnfr.org.uy/uploads/files/Manual_Pasturas.pdf)
79. Pigurina, G. 2001. Sistemas de recría e internada en Uruguay. (en línea). In: Jornadas de Recursos Técnicos (3ª., 2001, Montevideo). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 29-33. Consultado abr. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6647/1/Jornada-2001.pdf>
80. Poppi, D.; Hughes, T.; L' Huillier, P. 1987. Intake of Pastures by Grazing Ruminants. In: Nicol, A. ed. Livestock feeding on pastures. Hamilton, New Zeland Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional Publication no. 10).
81. \_\_\_\_\_.; Quigley, S.; Correa, T.; McLennan, S. 2018. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia. 47:1-9. Consultado feb. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1590/rbz4720160419>
82. Queirolo, A.; Faccio, P.; Anghinoni, I.; Dos Santos, D.; Kellermann, F.; López, M. 2006. Production of beef steers grazing oat plus annual ryegrass pasture managed at different heights. Revista Brasileira de Zootecnia. 35(4):1765-1773.
83. Rebuffo, M. 2000. Avena: manejo del cultivo para producción de forraje. (en línea). INIA La Estanzuela. Hoja de Divulgación no. 66. 6 p. Consultado may. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5595/1/HD-66-A.pdf>
84. Reinoso, V.; Soto, C. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. I) Nivel de oferta forrajera y utilización de la pastura. (en línea). Revista Veterinaria. 41(161-162):25-30. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/359>

85. Reuter, R.; Alkire, D.; Sunstrum, A.; Cook, B.; Blanton Jr., J. 2017. Feed efficiency and how it's measured. (en línea). *Brangus Journal*. 65:30-34. Consultado ago. 2020. Disponible en [https://issuu.com/gobrangus/docs/brangus\\_journal\\_-\\_january\\_2017](https://issuu.com/gobrangus/docs/brangus_journal_-_january_2017)
86. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv. Horizon. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 14(1):44-54. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/140/82>
87. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2012. Oferta de forraje, producción y composición de una pastura de *Lolium perenne*. (en línea). *Agrociencia* (Uruguay). 16(1):150-159. Consultado oct. 2020. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482012000100018#2](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100018#2)
88. Scheneiter, J. s.f. El raigrás anual en las regiones Pampeana y Sur de la Mesopotamia. (en línea). Pergamino, INTA. 38 p. Consultado jun. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-el\\_raigs\\_anual\\_en\\_las\\_regiones\\_pampeana\\_y\\_sur\\_de.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-el_raigs_anual_en_las_regiones_pampeana_y_sur_de.pdf)
89. Schlegel, M.; Wachenheim, C.; Benson, M.; Black, J.; Moline, W.; Ritchie, H.; Schwab, G.; Rust, S. 2000. Grazing methods and stocking rates for direct-seeded alfalfa pastures: plant productivity and animal performance. *Journal of Animal Science*.78:2192-2201.
90. Shike, D. 2013. Beef Cattle Feed Efficiency. (en línea). *In: Driftless Region Beef Conference* (2013, Ames). Proceedings. Ames, Iowa State University. pp. 3-4. Consultado mar. 2020. Disponible en <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=driфтlessconference>
91. Silbermann, A.; Elizondo, F.; Mattiauda, D.; Chilibroste, P. 2004. Efecto de la secuencia ensilaje de maíz-pastura sobre el comportamiento ingestivo de vacas lecheras. (en línea). *Cangüé*. no. 25:46-48. Consultado ago. 2020. Disponible en [http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/Cangué\\_25/46-48.pdf](http://www.eemac.edu.uy/cangué/joomdocs/Cangué_25/46-48.pdf)
92. Simeone, A. 2004a. Manejo nutricional en ganado de carne: evaluación bioeconómica de la suplementación a nivel de la parcela, ganancia diaria, asignación de forraje y eficiencia de conversión del suplemento. *In:*

Jornada de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (6<sup>a</sup>; 2004, Paysandú). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 10-11.

93. \_\_\_\_\_.; Beretta, V. 2004b. Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos ¿Es buen negocio suplementar al ganado? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (6<sup>a</sup>; 2004, Paysandú). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 12-17.
94. Sosa, J. 2015. Efecto de las frecuencias de pastoreo sobre un pastizal natural con presencia de *Lotus tenuis* en el partido de Olavarría, provincia de Buenos Aires. (en línea). Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. Universidad Católica Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. 40 p. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-pastoreo-pastizal-schimuneck.pdf>
95. Trindade, K; Pinto E.; Neves P.; Mezzalira C.; Bremm C.; Genro C.; Tischler R.; Nabinger C.; Gonda L.; Carvalho C. 2012. Forage Allowance as a Target of Grazing Management: implications on Grazing Time and Forage Searching. *Rangeland Ecology and Management*. 65:382-393.
96. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2018. Estación meteorológica: resumen climatológico del año actual. (en línea). Paysandú. s.p. Consultado dic. 2018. Disponible en <https://ingbio.paap.cup.edu.uy/~estmet/NOAAPRYR.TXT>
97. Urbina, M.; Martín, A.; Hernández, A.; Enríquez, J.; Pérez, J.; Zaragoza, J.; Velasco, M; Avellaneda, J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. (en línea). *Agrociencia*. 41(1): 1-12. Consultado jun. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30241101.pdf>
98. Van Soest, P.; Robertson J.; Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10):3583-3597.
99. Zanettini, J.; Masci, C.; Corbetta, C. 2018. Respuesta del raigrás anual a la fertilización con nitrógeno y azufre. (en línea). *Forrajes*. 10(36):54-56 Consultado ago. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_25\\_de\\_mayo\\_respuesta\\_del\\_raigras\\_anual\\_a\\_la\\_fertilizacion\\_con\\_nitrogeno\\_y\\_azufre.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_25_de_mayo_respuesta_del_raigras_anual_a_la_fertilizacion_con_nitrogeno_y_azufre.pdf)

100. Zanoniani, R.; Ducamp, F.; Bruni, M. 2003a. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 8 p. Consultado abr. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/66-verdeos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/66-verdeos.pdf)
101. \_\_\_\_\_.; Noëll, S. 2003b. Verdeos de invierno. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado mar. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_verdeos\\_invierno/05-verdeos\\_de\\_invierno.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/05-verdeos_de_invierno.pdf)

## 10. ANEXOS

Anexo No. 1. Producción de forraje por corte (%) y anual (kg MS ha<sup>-1</sup>, %) de los cultivares de avena forrajera (*Avena byzantina* L., *Avena sativa* L. y *Avena strigosa* Schreb.), en el ensayo sembrado en el año 2019

| Cultivares (14)  | Especie                | CORTES AÑO 2019 (%) |             |             |             |             |             | TOTAL 1 - 6            |     |
|--|------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-----|
|  |                        | 1<br>29-Abr         | 2<br>29-May | 3<br>04-Jul | 4<br>21-Ago | 5<br>27-Set | 6<br>06-Nov | kg MS ha <sup>-1</sup> | %   |
| LEAv 1609  | <i>Avena sativa</i>    | 67                  | 110         | 148         | 118         | 99          | 153         | 12024                  | 115 |
| LEAv 1608  | <i>Avena sativa</i>    | 74                  | 106         | 140         | 125         | 90          | 139         | 11524                  | 111 |
| RLE 115 (T)  | <i>Avena byzantina</i> | 114                 | 100         | 97          | 116         | 114         | 112         | 11412                  | 110 |
| PGWS 1C 191  | <i>Avena sativa</i>    | 80                  | 121         | 81          | 121         | 95          | 129         | 11087                  | 106 |
| ESTANZUELA 1095 a (T)  | <i>Avena byzantina</i> | 100                 | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 10412                  | 100 |
| PU 1019  | <i>Avena sativa</i>    | 122                 | 119         | 57          | 90          | 67          | 138         | 10398                  | 100 |
| MAXIMA   | <i>Avena byzantina</i> | 74                  | 91          | 125         | 110         | 84          | 121         | 10322                  | 99  |
| ESTERO 3284  | <i>Avena sativa</i>    | 89                  | 98          | 89          | 107         | 97          | 100         | 10094                  | 97  |
| OCEANE   | <i>Avena strigosa</i>  | 75                  | 94          | 63          | 103         | 91          | 132         | 10037                  | 96  |
| EXP AV89   | <i>Avena sativa</i>    | 95                  | 117         | 97          | 88          | 73          | 109         | 9942                   | 95  |
| PU 1018  | <i>Avena sativa</i>    | 119                 | 108         | 49          | 83          | 72          | 129         | 9909                   | 95  |
| PANACHE  | <i>Avena strigosa</i>  | 88                  | 94          | 47          | 68          | 87          | 143         | 9752                   | 94  |
| ALHAMA   | <i>Avena strigosa</i>  | 77                  | 97          | 57          | 80          | 85          | 113         | 9220                   | 89  |
| SPIRALE  | <i>Avena strigosa</i>  | 85                  | 100         | 45          | 36          | 61          | 101         | 7767                   | 75  |
| <b>Significancia (cultivares)</b>                              |                        | **                  | **          | **          | **          | **          | **          | **                     |     |
| <b>BASE 100: ESTANZUELA 1095 a (T) (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b> |                        | 1347                | 1816        | 1104        | 1254        | 2693        | 2197        | 10412                  |     |
| <b>Media del Ensayo (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>                |                        | 1212                | 1887        | 941         | 1204        | 2338        | 2697        | 10279                  |     |
| <b>C.V. (%)</b>  |                        | 19                  | 10          | 14          | 18          | 11          | 10          | 8                      |     |
| <b>M.D.S. 5% (% según BASE 100, kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>     |                        | 29                  | 17          | 21          | 29          | 17          | 21          | 1340 13                |     |
| <b>C.M.E.</b>  |                        | 53405               | 33402       | 18597       | 48359       | 71827       | 72333       | 637407                 |     |

Fecha de siembra: 15/03/2019

Fecha de emergencia: 20/03/2019

Significancia: \*\*,  $P < 0.01$ .

(T): Testigo.

Fuente: INIA e INASE (2018).

Anexo No. 2. Cuadro de producción de forraje por corte en % y total de cultivares de raigrás anual, para el año 2018

| Cultivares (32)   | Ploidía | CORTES AÑO 2018 (%) |        |        |        |        |        | TOTAL 1 - 6            |     |
|---|---------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|-----|
|   |         | 1                   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | kg MS ha <sup>-1</sup> | %   |
|   |         | 21-May              | 18-Jun | 02-Ago | 29-Ago | 03-Oct | 16-Nov |                        |     |
| ANCAR   | 4n      | 294                 | 158    | 70     | 71     | 127    | 476    | 10247                  | 141 |
| ESTERO 3144   | 4n      | 325                 | 152    | 76     | 69     | 121    | 453    | 10114                  | 139 |
| ESTERO 3015   | 4n      | 360                 | 153    | 67     | 68     | 122    | 447    | 10052                  | 138 |
| ESTERO 2018 UTC   | 4n      | 276                 | 148    | 92     | 92     | 125    | 306    | 9816                   | 135 |
| ESTERO 3012   | 4n      | 308                 | 142    | 75     | 77     | 123    | 400    | 9786                   | 134 |
| INIA TITÁN (T)  | 4n      | 280                 | 156    | 77     | 90     | 123    | 342    | 9726                   | 133 |
| ESTERO 3017   | 2n      | 201                 | 140    | 85     | 92     | 121    | 390    | 9705                   | 133 |
| PGWS 2B 171   | 2n      | 215                 | 134    | 89     | 86     | 117    | 404    | 9690                   | 133 |
| TAMTBO  | 4n      | 327                 | 156    | 99     | 94     | 121    | 239    | 9665                   | 133 |
| SUKARY  | 2n      | 158                 | 125    | 85     | 92     | 136    | 353    | 9625                   | 132 |
| WINTER STAR II (T)  | 4n      | 268                 | 162    | 97     | 88     | 120    | 267    | 9573                   | 131 |
| JACK (T)  | 2n      | 217                 | 141    | 95     | 92     | 124    | 313    | 9561                   | 131 |
| CAVERSHAM   | 2n      | 182                 | 141    | 77     | 84     | 121    | 406    | 9558                   | 131 |
| ALAZÁN  | 2n      | 321                 | 157    | 91     | 98     | 125    | 202    | 9487                   | 130 |
| ESTERO 2018 CPX   | 2n      | 222                 | 140    | 87     | 92     | 117    | 350    | 9474                   | 130 |
| DSVLMW03-552  | 2n      | 258                 | 139    | 74     | 93     | 125    | 338    | 9468                   | 130 |
| FS 1017   | 4n      | 344                 | 141    | 94     | 92     | 112    | 232    | 9290                   | 127 |
| DIAMOND T   | 4n      | 206                 | 134    | 95     | 96     | 121    | 259    | 9185                   | 126 |
| BR 2  | 4n      | 257                 | 153    | 94     | 96     | 114    | 230    | 9163                   | 126 |
| ESTERO 2017 MZ  | 4n      | 296                 | 128    | 83     | 83     | 117    | 258    | 8915                   | 122 |
| ESTERO 3007   | 2n      | 300                 | 126    | 68     | 77     | 135    | 248    | 8911                   | 122 |
| BARMEGA RA4   | 4n      | 230                 | 147    | 103    | 97     | 109    | 171    | 8750                   | 120 |
| BR 1  | 4n      | 251                 | 135    | 94     | 92     | 111    | 177    | 8595                   | 118 |
| BARMEGA RA3   | 4n      | 233                 | 141    | 101    | 101    | 107    | 129    | 8456                   | 116 |
| WINTERHAWK  | 2n      | 237                 | 124    | 73     | 84     | 122    | 209    | 8366                   | 115 |
| FLYING A  | 2n      | 222                 | 134    | 88     | 96     | 110    | 160    | 8264                   | 113 |
| BARMEGA RA1   | 2n      | 175                 | 126    | 99     | 100    | 90     | 155    | 7830                   | 107 |
| CALVASE EXPERIMENTAL 1                                      | 4n      | 220                 | 142    | 100    | 97     | 88     | 82     | 7630                   | 105 |
| BARMEGA RA2   | 2n      | 205                 | 130    | 98     | 100    | 77     | 127    | 7573                   | 104 |
| DIPPER  | 2n      | 142                 | 129    | 103    | 101    | 82     | 105    | 7392                   | 101 |
| ESTANZUELA 284 (T)  | 2n      | 100                 | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 7287                   | 100 |
| ESTERO 2983   | 2n      | 113                 | 91     | 96     | 94     | 90     | 90     | 6847                   | 94  |
| <b>Significancia (cultivares)</b>                           |         | **                  | **     | **     | **     | **     | **     | **                     | **  |
| <b>BASE 100: ESTANZUELA 284 (T) (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b> |         | 342                 | 806    | 2012   | 1388   | 2166   | 591    | 7287                   |     |
| <b>Media del Ensayo (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>             |         | 827                 | 1115   | 1777   | 1250   | 2475   | 1555   | 9000                   |     |
| <b>C.V. (%)</b>   |         | 14                  | 9      | 7      | 8      | 8      | 13     | 4                      |     |
| <b>M.D.S. 5% (% según BASE 100, kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>  |         | 55                  | 19     | 10     | 12     | 16     | 55     | 590                    | 8   |
| <b>C.M.E.</b>   |         | 12963               | 9121   | 16361  | 10509  | 42902  | 38615  | 128685                 |     |

Fecha de siembra: 22/03/2018

Fecha de emergencia: 03/04/2018

Fuente: INIA e INASE (2018).

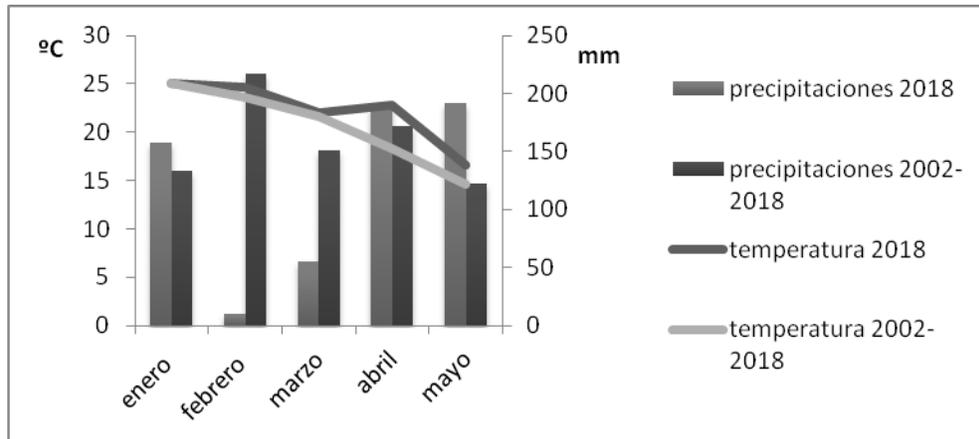
Anexo No. 3. Producción de raigrás anual por corte y acumulada (kg MS/ha)

| Cultivar        | Ploidía | 1° C        | 2° C        | 3° C        | 4° C        | Total       |
|-----------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                 |         | 8/6         | 10/7        | 24/8        | 28/9        |             |
| Jumbo           | 4n      | 3195        | 1350        | 1285        | 1945        | 7775 a      |
| Barturbo        | 4n      | 2875        | 1355        | 1225        | 2205        | 7660 ab     |
| Bisonte         | 4n      | 2795        | 1350        | 1350        | 2075        | 7570 ab     |
| Bar HQ          | 4n      | 2745        | 1395        | 1250        | 2010        | 7400 abc    |
| Caleufú PV      | 4n      | 2445        | 1320        | 1395        | 2115        | 7275 abc    |
| Angus           | 4n      | 2345        | 1240        | 1725        | 1800        | 7110 bcd    |
| Bill            | 4n      | 1945        | 1315        | 1550        | 2110        | 6920 cde    |
| Sancho          | 4n      | 1685        | 1220        | 1330        | 2500        | 6735 def    |
| Maximus         | 4n      | 2800        | 1270        | 1170        | 1485        | 6725 defg   |
| Lonestar        | 2n      | 2200        | 1315        | 1335        | 1815        | 6665 defg   |
| Sungrazer       | 4n      | 1840        | 1225        | 1380        | 2200        | 6645 efgh   |
| Bill Max        | 4n      | 1940        | 1355        | 1410        | 1935        | 6640 efgh   |
| Magno           | 4n      | 1730        | 1200        | 1150        | 2505        | 6585 efgh   |
| Baqueano        | 4n      | 1955        | 1290        | 1220        | 2085        | 6550 efgh   |
| Winter Star     | 4n      | 1860        | 1135        | 1300        | 2250        | 6545 efgh   |
| Ribeye          | 2n      | 2020        | 1270        | 1240        | 1990        | 6520 efgh   |
| Abundant        | 4n      | 2045        | 1305        | 1335        | 1805        | 6490 efgh   |
| Isis            | 4n      | 1900        | 1260        | 1340        | 1985        | 6485 efgh   |
| Río             | 2n      | 2205        | 1200        | 1125        | 1810        | 6340 fgh    |
| Attain          | 4n      | 2235        | 1150        | 1145        | 1605        | 6135 ghi    |
| Osiris          | 4n      | 1605        | 1205        | 1245        | 1955        | 6010 hij    |
| Macho           | 4n      | 1390        | 1170        | 1255        | 1850        | 5665 ijk    |
| Eclipse         | 2n      | 1335        | 1035        | 1070        | 2070        | 5510 ijk    |
| Florida 98      | 2n      | 1455        | 1280        | 1420        | 1305        | 5460 jkl    |
| INIA Cetus      | 2n      | 1295        | 1115        | 1185        | 1745        | 5340 jkl    |
| Beef Builder    | 2n      | 1490        | 1020        | 1150        | 1400        | 5060 kl     |
| Jack            | 2n      | 1220        | 1130        | 1200        | 1505        | 5055 kl     |
| Bolt            | 2n      | 1020        | 1165        | 1305        | 1350        | 4840 lm     |
| Yapa            | 2n      | 910         | 1025        | 1095        | 1370        | 4400 lm     |
| <b>Promedio</b> |         | <b>1945</b> | <b>1230</b> | <b>1282</b> | <b>1890</b> | <b>6345</b> |
| CV %            |         | 14,49       | 8,49        | 14,58       | 13,54       | 7,11        |
| LSD 5%          |         | 396         | 146         | 263         | 359         | 635         |

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas (P<0,05)

Fuente: Amigone et al. (2012).

Anexo No. 4. Registros de temperatura media y precipitación para los meses previos al experimento y su comparación con la media histórica para ese período



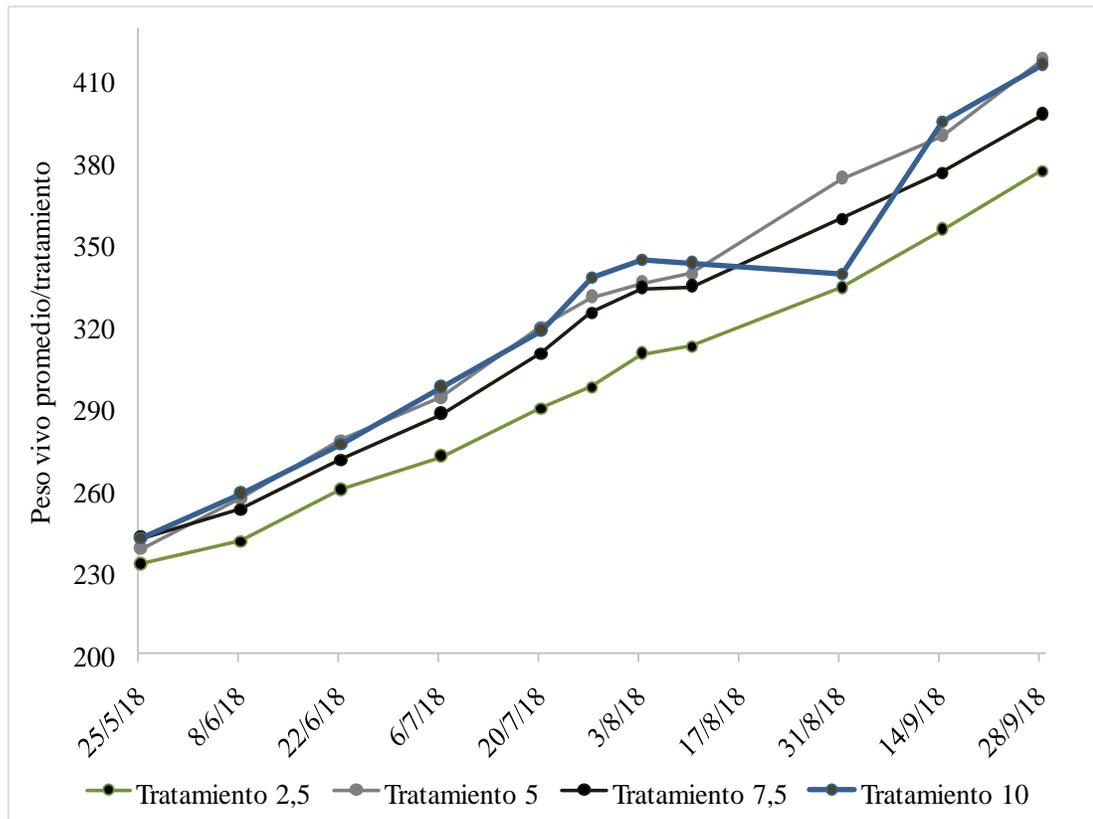
Fuente: UdelaR. Facultad de Agronomía (2018).

Anexo No. 5. Costos, márgenes, eficiencia de conversión y producción por hectárea por tipo de pastura

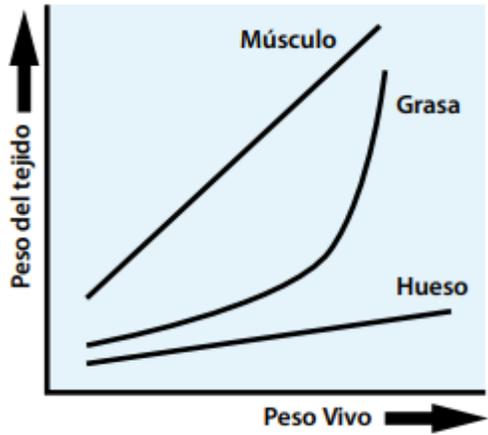
|              | Oferta<br>(Kgs MS/Há) | Costo<br>(US\$/Há) | Costo<br>(US\$/Kg MS) | Prod. Carne<br>(Kg/Há) | Efic.de Conversión (*)<br>KgMS Utilizable/Kg<br>Carne | Margen<br>Bruto<br>(US\$/Há) |
|--------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|---|------------------------------|
| Avena        | 5.582                 | 355                | 0,064                 | 363                    | 15  | 146                          |
| Raigrás      | 7.113                 | 249                | 0,035                 | 665                    | 11  | 669                          |
| V.Verano(SF) | 5.971                 | 426                | 0,071                 | 254                    | 24  | -76                          |
| Praderas     | 8.610                 | 83                 | 0,005                 | 502                    | 18  | 650                          |
| CNM          | 10.840                | 9                  | 0,001                 | 400                    | 27  | 543                          |
| UEDY         | 8.390                 | 61                 | 0,020                 | 454                    | 20  | 469                          |

Fuente: Chalking (2008).

Anexo No. 6. Evolución del peso vivo de novillos Hereford de sobreño pastoreando raigrás Bill Max con distintas asignaciones de forraje (2,5; 5; 7,5 y 10 kg MS/100 kg de peso vivo) desde el 24/5/2018 al 28/9/2018.



Anexo No. 7. Velocidad de deposición de los tejidos en animales ante el aumento del peso vivo



Fuente: Bavera, citado por Moreira et al. (2017).