

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN VACAS DE PARICIÓN DE OTOÑO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE PASTORIL DE ALTA CARGA

por

Bruno Giuseppe GASAÑOL GIANECHINI
Florian Maximilian DIETRICH ETTLIN

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Chilibroste

Ing. Agr. (MSc.) Gastón Ortega

Ing. Agr. (MSc.) Ricardo Mello

Fecha: 25 de febrero de 2021

Autores:

Bruno Giuseppe Gasañol Gianechini

Florian Maximilian Dietrich Ettlín

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a toda mi familia, especialmente a mis padres que nunca me permitieron bajar los brazos durante la carrera y así poder lograr el sueño de recibirme de Ingeniero Agrónomo.

A mi familia por apoyarme durante toda la carrera, porque mi recibimiento es fruto de su esfuerzo.

También agradecerle a Gastón por el tiempo y el interés mostrado durante toda la tesis.

A la Facultad de Agronomía y sus docentes, por la educación brindada.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	1
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>CARGA ANIMAL</u>	3
2.1.1. <u>Producción individual y producción por hectárea</u>	3
2.1.2. <u>Margen por hectárea</u>	4
2.2. <u>MANEJO DE UN SISTEMA DE ALTA CARGA</u>	5
2.2.1. <u>Curva producción de pastura</u>	5
2.2.1.1. <u>El otoño como cuello de botella de los sistemas productivos</u>	5
2.2.1.2. <u>Suplementación como respuesta a las restricciones otoñales</u>	6
2.2.2. <u>Primavera: la oportunidad!</u>	7
2.3. <u>EFFECTO DEL MANEJO SOBRE PASTURA</u>	8
2.3.1. <u>Criterios de entrada (frecuencia) y salida (intensidad)</u>	9
2.3.1.1. <u>Efecto de los criterios de entrada (frecuencia) y salida (intensidad) sobre la persistencia</u>	10
2.4. <u>EFICIENCIA DE COSECHA DEL FORRAJE</u>	11
2.5. <u>CONSUMO</u>	12
2.6. <u>HIPÓTESIS</u>	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES</u>	15
3.1.1. <u>Localización y período experimental</u>	15
3.1.2. <u>Condiciones edáficas</u>	15
3.1.3. <u>Condiciones climáticas</u>	15
3.1.4. <u>Diseño experimental</u>	16
3.1.4.1. <u>Tratamientos y criterios de pastoreo</u>	16

3.1.5. <u>Pasturas</u>	16
3.1.6. <u>Animales</u>	17
3.1.6.1. <u>Manejo</u>	17
3.2. DETERMINACIONES	18
3.2.1. <u>Disponibilidad de forraje</u>	18
3.2.2. <u>Asignación de forraje (kg MS/VO/día)</u>	19
3.2.3. <u>Determinaciones en los animales</u>	19
3.2.3.1. <u>Peso vivo y condición corporal</u>	19
3.2.3.2. <u>Producción de leche</u>	19
3.2.3.3. <u>Composición de la leche</u>	19
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
3.3.1. <u>Modelo estadístico de pasturas</u>	19
3.3.2. <u>Modelo estadístico de animales</u>	20
3.4. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	20
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
4.1. PASTURA.....	21
4.1.1. <u>Stock forrajero (kg MS/ha SEP) y número de hojas de entrada</u>	21
4.1.2. <u>Tiempo de pastoreo</u>	23
4.1.3. <u>Asignación de forraje</u>	25
4.1.4. <u>Producción de forraje y eficiencia de cosecha</u>	27
4.2. CONSUMO	29
4.2.1. <u>Consumo de suplementos por hectárea para todo el período experimental</u> ..	29
4.2.2. <u>Composición del consumo (kg MS VO/día) individual</u>	30
4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS	32
4.3.1. <u>Producción individual de leche</u>	32
4.3.2. <u>Producción de leche por hectárea</u>	34
4.3.3. <u>Composición de la leche</u>	35
4.3.3.1. <u>Producción de sólidos totales por hectárea</u>	35
4.3.3.2. <u>Producción individual de grasa</u>	36
4.3.3.3. <u>Producción individual de proteína</u>	36
4.4. EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL	37

4.5. PESO PROMEDIO POR HECTÁREA	38
5. <u>CONCLUSIONES</u>	39
6. <u>RESUMEN</u>	40
7. <u>SUMMARY</u>	41
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	42
9. <u>ANEXOS</u>	54

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Peso vivo y condición corporal durante período experimental.....	17
2. Asignación de forraje (kg MS/VO/día) promedio para ambos tratamientos en los períodos experimentales.....	25
3. Producción y eficiencia de cosecha del forraje (kg MS/ha PP) para el período experimental.....	27
4. Consumo (kg MS/ha PP/244 días) de reservas, concentrados y cascarilla de soja por hectárea por tratamiento para el período experimental.....	29
5. Producción de leche por hectárea para el período experimental.....	35
6. Carga animal en peso vivo por hectárea	38
Figura No.	
1. Consumo bajo pastoreo.....	13
2. Precipitación mensual acumulada (mm/mes) durante todo el período experimental.....	16
3. Stock forrajero promedio mensual (kg MS/ha SEP) por tratamiento para el período experimental.....	21
4. Evolución del número de hojas de entrada a pastoreo en gramíneas por tratamiento para el período experimental	22
5. Porcentaje de los días en pastoreo y encierro por tratamiento para el período experimental (244 días).....	23
6. Proporción de pastoreos por mes y la relación con el CMS de pasturas	24
7. Promedio mensual de la tasa de crecimiento diaria (kg MS/ha/día) para cada tratamiento a lo largo del período experimental	27
8. Composición del consumo (kg MS/VO/día) promedio por animal por día para cada mes del período experimental	30
9. Producción de leche individual promedio por mes y por tratamiento	33
10. Producción de leche mensual por hectárea por tratamiento.....	34
11. Sólidos totales promedio por hectárea por día	35
12. Condición corporal por mes post parto por tratamiento.....	37

1. INTRODUCCIÓN

La lechería comercial en Uruguay se ha caracterizado por su gran dinamismo desde el punto de vista productivo y actualmente representa el tercer rubro agropecuario en importancia económica por detrás de la ganadería de carne y de la agricultura. En los últimos quince años la lechería ha transitado un proceso de intensificación marcado por el aumento de la carga animal y la producción individual. Esto se tradujo en una mayor producción (1620 a 2173 mil litros por año) acompañado conjuntamente con mejoras en los indicadores de eficiencia reproductiva como el incremento de vaca ordeñe sobre vaca masa (VO/VM) (MGAP. DIEA 2013, 2019).

El incremento en la producción ha generado un sostenido aumento de las exportaciones que en valor pasaron de U\$S 245 millones en el 2005 a U\$S 674 millones en el 2018, sustentados sobre sistemas de base pastoril. Esto repercute de forma muy directa en el rubro ya que más del 70% de la leche se exporta, lo que expone al Uruguay frente a las vicisitudes del mercado (MGAP. DIEA 2013, 2019). Este aspecto hace que la eficiencia productiva sea un factor relevante, en el que lograr elevadas producciones de forraje, en conjunción con altos valores de cosecha directa determina la clave para lograr sistemas competitivos y sostenibles. Información relevada a nivel comercial sostiene que los sistemas pastoriles más intensivos han demostrado lograr cierta estabilidad frente a escenarios adversos tanto de precio como clima, teniendo como factor determinante la cosecha directa de forraje en combinación con niveles de carga animal por encima de la media (Chilibroste y Battezzore, 2014a).

En este escenario de intensificación que atraviesa la lechería, se abre la interrogante hasta qué punto el aumento de la carga animal se sustenta con buenos resultados productivos y qué impacto tiene eso en el largo plazo. Por tal motivo se propone el siguiente trabajo el cual pretende dar respuesta a como el aumento de la carga animal repercute en los sistemas pastoriles en el resultado de las variables físicas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la carga animal sobre las variables físicas en sistemas pastoriles de alta carga para las estaciones de otoño y primavera.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar el impacto de la carga animal (1,5 VO/ha y 2 VO/ha) en las variables: alimentación, producción de leche y sólidos de forma individual y por hectárea y producción de forraje por hectárea.
- Evaluar si existen diferencias en el tiempo de pastoreo para los dos sistemas.

- Evaluar el consumo otoñal de suplementos por unidad de superficie e individual.
- Determinar el impacto de dos cargas altas en la cosecha de forraje directa según tratamiento por unidad de superficie y por animal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARGA ANIMAL

En el pasado aumentos en la productividad se podían dar al expandir el tamaño de los tambos comprando más tierra (Malcolm y Sinnett 2007, MGAP. DIEA 2018), pero hoy en día esa opción es limitada o inexistente debido al aumento del precio de la tierra y a la baja disponibilidad de tierra apta para la producción. Debido a esto, el crecimiento futuro de la industria láctea depende más del aumento de la producción de leche por hectárea y de la utilización del forraje producido en el predio (Chapman et al., 2008). En sistemas lecheros donde la pastura es el recurso principal, la carga animal es uno de los principales factores en la determinación de la eficiencia del sistema (McMeekan y Walshe 1963, King y Stockdale 1980, Fales et al. 1995, Baudracco et al. 2010). El techo para la producción de leche en los tambos es la oferta forrajera, ello lleva a definir cuáles son las cargas “óptimas” para las situaciones actuales de producción de forraje. No obstante, también pone en evidencia la necesidad de trabajar la productividad de la base forrajera tratando de mover el “techo” que presenta cada tambo según el potencial productivo del suelo, apuntando a trabajar aspectos de manejo (fechas de siembra, frecuencia del pastoreo) y fertilización de pasturas (Astigarraga, 2004).

Los sistemas lecheros basan parte de su crecimiento en una mayor ingesta de materia seca (MS) y forraje de cosecha propia (pasto y forraje conservado) por hectárea, lo que concuerda con la mayor carga observada en estos sistemas (Baudracco et al. 2010, Custodio et al. 2018, Ortega et al. 2018). Según McMeekan y Walshe (1963), un aumento en la carga no deprime la producción de leche por animal hasta que se alcanza un cierto nivel, simultáneamente la producción por hectárea aumenta en proporción directa a la mayor carga. Si se supera dicha carga, la producción por vaca comienza a disminuir gradualmente, mientras que la producción por hectárea continúa creciendo, hasta un máximo óptimo. Cualquier aumento de carga, por encima del óptimo deprime la producción por animal tanto y tan rápidamente que la producción por hectárea también se deprime.

Según Dillon et al. (2005) el nivel relativamente alto de forraje cosecha propia es el que explica el bajo costo de producción de los sistemas uruguayos. Aspecto que ha sido reafirmado en experiencias de investigación a nivel nacional del impacto en el incremento de la carga animal (Pedemonte et al., citados por Fariña y Chilibróste, 2019).

2.1.1. Producción individual y producción por hectárea

La producción de leche individual se redujo a medida que aumentó la carga, donde solo se ofreció pasto o en sistemas en donde se ofreció pasto y una pequeña porción de concentrado (Macdonald et al., 2008), esto se explicó por una disminución del consumo de materia seca (CMS) por vaca en lactancia temprana a medida que aumentaba la carga. Un estudio similar sobre parcelas de Valentine et al. (2009) reportaron disminuciones en

el consumo de MS por vaca y en la producción de leche por vaca cuando aumentaba la carga en los 2 primeros años del experimento, pero no hubieron diferencias en los 2 últimos años del experimento cuando se usaron mayores cantidades de suplementos para compensar la reducción en la ingesta de MS por vaca a mayor carga.

Contrariamente la producción por hectárea de leche, grasa y proteína cruda aumentaron a medida que aumentó la carga (Fales et al. 1995, Macdonald et al. 2008, Valentine et al. 2009) y esto se atribuye que a mayor carga aumenta la utilización de la pastura y la cantidad de concentrados consumidos por hectárea.

En Uruguay datos del proyecto de producción competitiva reportados por Chilibroste y Batteggazzore (2019) mostraron una producción anual promedio para los últimos 6 años con una carga de 1,14 VO/ha PP de 7906 l/ha PP.

Según Baudracco et al. (2011) cuando se suplementa con concentrados de alta calidad en lactancia temprana los efectos negativos de las cargas altas desaparecen y ya no hay diferencias en la producción de leche por vaca. En esta línea McCall y Clark (1999) determinaron que la suplementación energética durante un corto período de tiempo en lactancia temprana puede utilizarse para tener una mayor carga durante la lactancia.

A pesar de la intensificación, la carga actual para los sistemas típicos de Uruguay es 0,8 VM/ha según la base de datos (MGAP. DIEA, 2017) y 1,09 VM/ha VM según Chilibroste y Batteggazzore (2019). Estos valores son bajos en relación a los registrados en sistemas pastoriles de Nueva Zelanda e Irlanda los cuales registran valores de 2,67 y 1,88 VM/ha respectivamente (Dillon et al., 2005).

2.1.2. Margen por hectárea

La carga animal vaca masa sobre hectárea de vaca masa (VM/ha VM) es la variable más directamente relacionada con el margen de alimentación por hectárea, esto se desprende de la correlación (0,88) entre carga y productividad (kg sólidos por ha VM/día, Chilibroste y Batteggazzore, 2014a). La productividad por hectárea se duplica al pasar del nivel inferior al superior de resultados, para esto no hay una única combinación de carga y producción individual que logra buenos resultados pero tampoco sirve cualquier combinación. Los sistemas con mejores márgenes logran diferenciarse en el consumo de forraje por hectárea, resultado de mayor producción y utilización del mismo explotando muy bien el diferencial de carga animal que poseen.

En esta misma línea una serie de estudios de Baudracco et al. (2010), Ramsbottom et al. (2015) demostraron que el margen sobre el costo de alimentación fue mayor en los sistemas en crecimiento que en los que se reducen, lo que muestra que aumentar la productividad apuntando a una mayor carga y consumo de MS de forraje por hectárea fue una estrategia efectiva para incrementar el margen sobre el costo de alimentación de estos sistemas.

2.2. MANEJO DE UN SISTEMA DE ALTA CARGA

2.2.1. Curva producción de pastura

Las praderas mezclas con gramíneas y leguminosas en rotación con cultivos anuales son la base de la producción láctea en Uruguay (Chilibroste et al. 2010, Dini et al. 2012).

Los sistemas de producción pastoriles están expuestos a una larga variación estacional en la producción de forraje tanto en cantidad como calidad. Los sistemas intensivos generalmente cubren estas variaciones estacionales con distintos tipos de suplementos, mientras que en los sistemas pastoriles extensivos, los animales sufren largos períodos de subnutrición, que son parcialmente compensados por cortos períodos de alimentación *ad libitum*, generalmente durante el período primavera-verano (Chilibroste et al., 2005a).

Según Chilibroste et al. (2011) los animales no logran expresar su potencial productivo, seguramente en respuesta al desacople entre requerimientos-oferta de nutrientes y ambiente productivo, principalmente en otoño-invierno.

2.2.1.1. El otoño como cuello de botella de los sistemas productivos

La marcada estacionalidad de las pasturas sembradas en Uruguay hace complejo el manejo para captar el crecimiento total de la pastura, principalmente en el otoño-invierno (Chilibroste et al., 2011). Es en esas estaciones donde coincide el fin de ciclo de la oferta de forraje de verdes de verano y praderas viejas a incorporar a la fase de cultivos anuales, con la siembra de verdes de inviernos y nuevas praderas y el inicio de la estación de crecimiento otoño-invernal de las praderas de 2do. y 3er. año, generando una fuerte reducción de la “superficie en condiciones de pastoreo” (Ernst y Zibil, s.f.). Antecedentes en la misma línea de trabajo reportados por Chilibroste et al. (2003) expresaron que los valores de forraje disponible al igual que los de altura, declinaron linealmente entre los meses de abril a julio recuperándose luego en primavera. Según Chilibroste et al. (2003), Astigarraga (2004) la carga animal efectiva se vio duplicada durante este período, explicada por el desbalance en la rotación agrícola forrajera en esta época del año e indicó que a nivel predial las pasturas perdieron potencial de producción por baja oferta, cantidad y altura, poco tiempo entre pastoreos y menor nivel de producción. Una solución a este problema es la incorporación de especies perennes en la rotación, que permitiría incrementar la persistencia de las pasturas y la estabilidad de oferta de alimento en las diferentes estaciones, con repercusiones sobre la “carga efectiva” y consecuencias en la superficie de pastoreo principalmente verano-otoño, y en los costos de producción (Carámbula 2002, Chilibroste et al. 2003, Ernst 2004, Chilibroste 2014b). Sin embargo, las condiciones de disponibilidad de las pasturas en el período otoño-invierno sugieren que el sistema no puede ser sostenido sólo a pasto y es necesario estrategias de alimentación que integren la suplementación con forraje conservado y/o concentrados

para cubrir estos desbalances y a su vez evitar situaciones de sobrepastoreo (Formoso, 2008).

La existencia de problemas estructurales en el diseño de las rotaciones, provocando el retraso de las fechas de siembra (Zanoniani et al., 2004) y mal manejo de la fase pastura (Chilibroste et al. 2003, Zanoniani et al. 2004, Zibil et al. 2016) complejizan aún más la situación. La interacción generada entre fechas de siembra y manejo de pastoreo puede provocar una disminución de cerca de 6,5 kg MS/ha/día en el predio durante el otoño-invierno (120 días). En cuanto al manejo Zibil et al. (2016) encontraron que la aplicación de medidas controlando el forraje disponible y la altura al momento de entrada y salida del pastoreo, significaron en promedio un aumento de 2336 kg MS/ha/año, estas medidas tuvieron mayor impacto durante el otoño, explicando el 52% del incremento total. Por otro lado, para fechas de siembra tempranas (dentro del mes de marzo o primeros días de abril), se logró la producción más alta superando los 2500 kg MS/ha, en fechas de siembra intermedia (mediados de abril) la producción bajó notoriamente llegando a los 800 kg MS/ha. Por último las fechas de siembra tardías (mes de mayo o posterior) mermaron aún más la producción de forraje la cual se encontró por debajo de los 500 kg MS/ha (Zanoniani y Zibil, s.f.). De igual manera Silbermann et al. (2005) encontraron que los atrasos en las fechas de siembra conducen, en promedio, a disminuciones en la producción de leche por hectárea, siendo esto resultado de una menor producción de forraje.

2.2.1.2. Suplementación como respuesta a las restricciones otoñales

Si bien las pasturas con las que cuenta el país son de buena calidad, la cantidad disponible actúa como limitante durante diferentes períodos del año. Sobre todo, si se trata de producciones elevadas y constantes a lo largo del año (Ganzábal et al., 2003), lo que hace imprescindible el uso estratégico de la suplementación de las vacas lecheras en estos momentos de desajuste entre la oferta y la demanda con reservas y concentrados (Chilibroste et al., 2012). Esto se ve agravado en sistemas de más carga, en donde la alta carga en kg de peso vivo (PV) por ha en otoño acentúa aún más la limitante (Chilibroste et al., 2003).

Además el otoño es una época del año con altos requerimientos en el rodeo, producto de la época de parición (Ernst y Zibil, s.f.). Por lo tanto, a pesar de que el régimen pastoril es el sistema de alimentación de menor costo es necesaria la suplementación para lograr niveles adecuados de consumo total de MS y de energía en vacas de alta producción (Stockdale 2000, Peyraud y Delaby 2001).

A nivel de sistema de producción, uno de los objetivos principales de la suplementación es optimizar la rentabilidad por vaca y por unidad de superficie (Kellaway y Porta 1993, Fales et al. 1995). Entre los objetivos específicos de la suplementación se pueden incluir (Kellaway y Porta, 1993): 1) aumentar la producción de leche por vaca, 2) aumentar la carga y la producción de leche por unidad de superficie, 3) mejorar el uso de

la pastura a través de mayores cargas, 4) mantener o mejorar el estado corporal en épocas de limitaciones de pastura para mejorar la reproducción, 5) aumentar el largo de la lactancia en épocas de limitaciones de pastura, y 6) aumentar el contenido de proteína en leche a través de la suplementación energética.

Wales et al. (2013) muestran que la intensificación de los sistemas pastoriles ha llevado a incrementar el uso de suplementos y más recientemente el uso de ración totalmente mezclada (RTM), particularmente en los momentos del año en los que hay desbalances entre la producción de forrajes (oferta) y los requerimientos de los animales (Chilibroste et al. 2007, Wales et al. 2013). Según Cajarville et al. (2012), la implementación de sistemas mixtos de alimentación en base al uso de RTM y pastoreo podrían contribuir a levantar algunas limitantes de los sistemas de producción, manteniendo la base pastoril característica del Uruguay.

2.2.2. Primavera: la oportunidad!

El período primavero-estival se caracteriza por sus mejores condiciones climáticas que determinan un mayor crecimiento de las pasturas y como consecuencia de ello una mayor frecuencia de pastoreo (Zanoniani y Zibil, s.f.). En los meses de la primavera (agosto a diciembre) se produce al menos el 50% del pasto del año. Por lo tanto, es de vital importancia cosechar el forraje producido durante esta etapa, ya que una vez que los crecimientos se disparan, las consecuencias en los niveles de aprovechamiento y en la calidad del pasto atentan ante la productividad del sistema (Fariña y Tuñón, 2016). En esta línea Macdonald (1999) aseguró que la alta carga es necesaria para convertir la totalidad de la pastura primaveral en sólidos de leche, pero para cubrir el déficit de esta alta carga el resto del año es necesario la incorporación del uso de nitrógeno al sistema o suplementación con silo de planta entera de maíz. El número de vacas por hectárea es la variable más importante para maximizar la utilización del pasto en la primavera (McCall y Clark, 1999). Sin embargo, la alternativa de incrementar la carga animal, para aprovechar ese excedente, no siempre es posible. Aparece entonces la opción de conservar ese forraje bajo alguna de las formas más conocidas y recomendables, esto es heno, henolaje o silaje (Ludi y Mancuso, 2011).

McCall y Clark (1999) estudiaron sistemas lecheros con partos estacionales donde el principal efecto de esta suposición es que, en comparación con los sistemas que producen leche durante todo el año, un sistema estacional ayuda a lograr un uso in situ ligeramente mayor de los pastos en primavera, ya que la demanda de alimento de una vaca lactante es mayor que la de una no lactante.

Holmes y Roche (2007) recomiendan que durante este período de excedente de pasto la tasa de consumo de pasto debe maximizarse aumentando de velocidad en la rotación manteniendo los remanentes bajos, de lo contrario dejar áreas para hacer reservas bajo forma de henolaje. Respecto a esto, ellos también mencionan la importancia de detectar lo antes posible el comienzo del gran crecimiento que generará el excedente de

forraje (a través del monitoreo del número de hojas y/o el crecimiento del remanente). El forraje debe ser cosechado relativamente temprano, para asegurar un ensilaje de alta calidad y rápido rebrote de la pastura (Thomson, citado por Holmes y Roche, 2007). El momento óptimo de cosecha suele ser más temprano en sistemas de carga baja (Thomson, citado por Holmes y Roche, 2007) mientras que en sistemas de alta carga casi no habrá excedente para captar (Macdonald et al. 2001, Holmes y Roche 2007).

2.3. EFECTO DEL MANEJO SOBRE PASTURA

El manejo eficiente de sistemas de producción animal basados en pastoreo rotativo requiere en cada evento de pastoreo el consumo suficiente que remueva la masa de hojas para alimentar a los animales con hierba de alta calidad, dejando suficiente masa foliar después de que se complete el pastoreo para maximizar las tasas de rebrote de pasturas (Parsons y Chapman, 2000).

Por su parte Parsons et al. (1988) demostraron que, para maximizar la cantidad de pasto cosechado por año en sistemas de pastoreos rotativo, el momento óptimo para pastorear durante el rebrote es el punto en que se alcanza la tasa de crecimiento (TC) promedio máxima del pasto. En este punto, se ha alcanzado el equilibrio óptimo entre la cantidad de hojas nuevas que se producen y la cantidad de hojas viejas que mueren. Ir más allá de este punto significa que la tasa de muerte de las hojas aumenta y la eficiencia con la que se agrega más masa a la pastura disminuye.

El rebrote de alfalfa es independiente de la hoja residual, ya que la energía utilizada para el nuevo crecimiento proviene de los carbohidratos de reserva en la corona y las raíces, y esto depende de la frecuencia del pastoreo (Basigalup y Ustarroz, 2007).

A diferencia de la alfalfa, las pasturas de raigrás perenne son fuertemente afectadas por el área foliar remanente de las hojas después del pastoreo para volver a crecer, por lo tanto, se requieren defoliaciones periódicas y remanentes relativamente bajos para renovar la eficiencia fotosintética y la calidad de la pastura (Baudracco et al., 2011). Esta característica puede ser la explicación del incremento de MS cosechada, donde remanentes con mayor proporción de hojas verdes y mejor calidad eran más bajos a medida que la carga aumentaba (Macdonald et al., 2008).

El régimen de defoliación podría afectar el crecimiento de la hoja a nivel de la macolla porque cuando el índice de área foliar es menor a uno, el crecimiento de la hoja puede depender de las reservas de carbohidratos y proteínas de la planta (Richards, 1993).

De acuerdo con las leyes de “turnover” en raigrás perenne, cuando el rebrote es a partir de un remanente o índice de área foliar (IAF) bajo, es probable que el punto óptimo de entrada a pastoreo ocurre poco después de la finalización de la expansión de la tercera hoja nueva producida durante el período de rebrote, ya que la tasa de senescencia (en términos de masa) de las hojas más viejas comenzará a acelerar después de la aparición

de la tercer hoja nueva (Chapman et al., 2012). Cuando el rebrote comienza a partir de un remanente o IAF alto, el óptimo se alcanza más temprano en el ciclo de rebrote porque la tasa de senescencia del material no defoliado rápidamente excede la tasa a la que crece el área foliar de la pastura (Parsons et al., 1988).

En pasturas con festuca cuando la altura promedio del remanente post pastoreo se aproxima a los 3 cm, la pastura sufre una marcada disminución en la contribución festuca, incrementos en el área de suelo descubierto y disminución en la producción total de forraje (Mattiauda et al., 2009). Si bien las pasturas manejadas con intensidades menores (12 y 6 cm de altura remanente) fueron superadoras en cuanto a productividad forrajera y respuesta animal, las mismas presentaron áreas sobre y sub pastoreadas que pueden afectar el crecimiento y las relaciones de competencia entre las plantas (Hodgson y White, 2000). Por otro lado Zibil et al. (2016) encontraron que controlando la altura de entrada (15-20 cm) y altura de forraje de salida o remanente (5-7 cm), se logró incrementar la productividad del forraje.

2.3.1. Criterios de entrada (frecuencia) y salida (intensidad)

Para el manejo de pastoreo es clave el monitoreo de variables como frecuencia e intensidad de pastoreo (Holmes y Roche, 2007).

Monitoreos realizados a nivel comercial han demostrado incrementos en la producción de forraje del orden del 30% durante el período otoño - invernal, por efecto de controlar la condición de la pastura para tomar decisiones de ingreso y salida de los animales del pastoreo (Zanoniani et al., 2004).

Parsons y Chapman (2000) encontraron que los puntos a controlar son el momento del reinicio del pastoreo durante el rebrote (que determina el intervalo de pastoreo), y el área foliar remanente. Parsons et al. (1988) anteriormente ya sabían que hay interacciones importantes entre estos dos factores que deben entenderse y manejarse para maximizar la eficiencia de la cosecha de forraje.

Conocer el número de hojas por macollo es un indicador útil para determinar el momento óptimo para la defoliación ya que se basa en el estado fisiológico de la planta (Fulkerson y Donaghy, 2001). Más específicamente declararon que el tiempo necesario para que tres nuevas hojas vuelvan a crecer por macollo establece el intervalo máximo de pastoreo (días de rotación) para maximizar la acumulación y utilización del forraje.

La curva de crecimiento de pasturas templadas es del tipo sigmoidal (Voisin, 1959), comenzando lentamente con la emergencia de la primer hoja, seguido por una fase de crecimiento exponencial y la tercer fase con un crecimiento más lento que la anterior con la emergencia de la tercer hoja terminando con la senescencia de la hoja más vieja.

La recomendación de la "regla" de tres hojas está respaldada por la referencia a que la primera hoja producida después del pastoreo contribuye con el 10% de la biomasa

total de la pastura presente en el momento de pastoreo, la siguiente hoja aporta el 30% y la tercer hoja el 60% de la biomasa total (Voisin 1959, Parsons y Chapman 2000).

Conocer el número de hojas vivas por macollo es una medida genérica de rebrote, ya que la tasa de aparición de hoja está influenciada principalmente por la temperatura y, en menor medida, por la disponibilidad de humedad, y es independiente del tipo de cultivar y la fertilidad del suelo (Mitchell 1953, Barker et al. 1985, Van Loo 1992).

Según Turner et al. (2006) independientemente de la especie en gramíneas (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Bromus willdenowii*), las plantas defoliadas repetidamente en la etapa de dos hojas produjeron significativamente menos MS que las plantas defoliadas en las etapas de tres y cuatro hojas. No hubo diferencias significativas en la producción de MS entre las plantas defoliadas en la etapa de tres y cuatro hojas. Por otro lado, para leguminosas como la alfalfa, la reposición de las reservas de carbohidratos no solubles en las raíces se reconoce como el factor crítico que determina el momento óptimo de cosecha que coincide con la etapa de floración del 10% (Fulkerson y Trevaskis, 1997).

Las concentraciones de carbohidratos solubles en agua son afectadas por la severidad de la defoliación, como lo indica la altura residual de la base del macollo, o altura del remanente (Troughton 1957, Davidson y Milthorpe 1966, Wilson y Robson 1970), así como el intervalo entre defoliaciones (Davies 1965, Bell y Ritchie 1989, Hume 1991, Fulkerson et al. 1994, Fulkerson y Slack 1995, Fulkerson y Donaghy 2001). El intervalo de defoliación es generalmente de mayor importancia, seguido de la altura del remanente (Bell y Ritchie 1989, Fulkerson y Donaghy 2001).

Hay un consenso de que el post pastoreo óptimo es de 1500-1600 kg MS/ha, lo que se traduce en 5 cm altura de remanente (Lee et al., 2008).

2.3.1.1. Efecto de los criterios de entrada (frecuencia) y salida (intensidad) sobre la persistencia

Persistencia de una pastura según Parsons et al. (2011) puede ser definida como la ventaja del rendimiento esperado de una pastura nueva en comparación con una pastura antecesora. Según King et al. (1997) es un importante atributo de las pasturas perennes el cual les permite a ellas suministrar alimento para animales en pastoreo de manera rentable.

El sobrepastoreo, práctica común en el manejo diario de los tambos tiene un impacto negativo muy alto en la cantidad total de forraje producido (García y Fariña, 2010) y generalmente ha sido consecuencia del incremento en la carga animal con el fin de aumentar la productividad animal por unidad de superficie de los sistemas. Fulkerson y Donaghy (2001) indicaron que la supervivencia de la planta se ve comprometida por un repetido pastoreo temprano en el ciclo de rebrote, desviando de esta manera los recursos necesarios para el crecimiento radical hacia la parte aérea (rebrote) para restablecer el área

fotosintéticamente activa. Entendiendo entonces que si la concentración de carbohidratos solubles en agua es inadecuada, debido a que no ha habido tiempo suficiente para reponerse en el período anterior al pastoreo, se suprimirá el rebrote y esto también puede afectar la persistencia a largo plazo (Fulkerson y Donaghy, 2001).

En un experimento realizado en alfalfa Baudracco et al. (2011) esperaban una reducción en la densidad de planta a una carga más alta, como consecuencia de los daños causados por mayor número de animales por unidad de área a mayor carga, sin embargo, la densidad de plantas de alfalfa no difirió estadísticamente durante los 2 años en los distintos tratamientos de carga. Una mayor presión de las huellas causadas por las pezuñas en el suelo bajo condiciones húmedas, puede causar daños directos a los pastos (Nie et al., 2001).

Por otro lado el incremento en la frecuencia de pastoreo, principalmente en épocas donde las tasas de crecimiento son lentas, compromete la persistencia en el tiempo de las pasturas, deprimiendo la tasa de rebrote y sobrevivencia de plantas (Formoso 2009, Zanoniani 2010).

2.4. EFICIENCIA DE COSECHA DEL FORRAJE

Según Hodgson (1979) la eficiencia del pastoreo se ha definido de dos maneras: la pastura consumida en cada defoliación expresada como una proporción de la masa de forraje originalmente presente o la pastura consumida expresada como una proporción de la acumulación de forraje, generalmente en un año.

Según Lazzarini et al. (2015) la alimentación en Argentina está pensada en función de la vaca y no del sistema. Por lo tanto, se utiliza silaje de maíz todo el año, incluso en períodos de alto crecimiento de pastura. Generando sustitución en la dieta, y como consecuencia se observan grandes desperdicios de pastura y silaje durante ciertos períodos.

La eficiencia de pastoreo instantánea de la alfalfa en Argentina es baja, por lo general se encuentra por debajo de los 650 g/kg de MS (Danelón et al., 2002) lo cual está asociado con cargas bajas (1,2 VM/ha) y a bajas producciones de leche por hectárea (promedio 6086 kg/ha/año, Chomicz y Gambuzzi, 2007). Sin embargo, aumentar la presión de pastoreo no mejoraría sustancialmente la eficiencia de cosecha en estos sistemas debido a las pérdidas generadas por el pisoteo y el bosteo. Por otra parte, se retrasaría el rebrote de la pastura a causa del mayor daño provocado en las coronas (Ferrero, 2010).

El incremento de la carga animal aumenta el porcentaje de utilización del forraje en forma instantánea, esto trae como consecuencia menor altura de remanente y cambios en la tasa de crecimiento con consecuencias en la producción estacional y/o total de forraje (Bryan et al. 2000, Cullen et al. 2006). Por lo tanto el aumento en la utilización no

necesariamente mejora la producción de pastura a largo plazo, sino que por el contrario determina que ésta sea menor (Virkajärvi et al., 2002). Además Danelón et al. (2002), Chilibroste et al. (2005b), Chilibroste et al. (2012) concuerdan que el consumo de forraje y la producción de leche por vaca se resienten cuando la utilización instantánea de forraje supera el 50%. Sin embargo, es ampliamente aceptado que, cuando la eficiencia de pastoreo es baja, aumentar la carga aumenta la eficiencia del pastoreo, así como la productividad y la rentabilidad por hectárea (Stockdale y King 1980, Fales et al. 1995).

En concordancia con lo anterior Baudracco et al. (2011) encontraron que la eficiencia de pastoreo incrementó a medida que aumentó la carga, mejorando la eficiencia 143 g/kg de MS cuando se pasó de carga baja a carga alta.

Datos estimados para diversos predios del Uruguay durante un período de 5 años indican que la producción promedio anual de pastura se sitúa en 11,6 t MS/ha (CONAPROLE, 2017). Sin embargo, a nivel de predio comercial existe una baja cosecha de forraje en sistemas de baja productividad (2434 kg MS/ha) a causa de la baja utilización, mientras que sistemas de alta productividad se logran mayores cosechas (4006 kg MS/ha) por lo tanto incremento la eficiencia de cosecha global del forraje (Chilibroste y Battagazzore, 2014a). En esta misma línea estimaciones indirectas realizadas en sistemas lecheros, indican que en el área de vaca masa de los sistemas con mejores indicadores técnicos, la producción de forraje cosechado por los animales no superó los 3000-3200 kg MS (Chilibroste et al., 2003). El incremento en la carga determina mejoras en la eficiencia de cosecha y en la productividad del sistema (Baudracco et al., 2010). Baudracco et al. (2011) reportan que existe un incremento de 2400 kg MS/ha/año ($P < 0.05$) cuando se pasa de 1,6 VM/ha a 2,6 VM/ha.

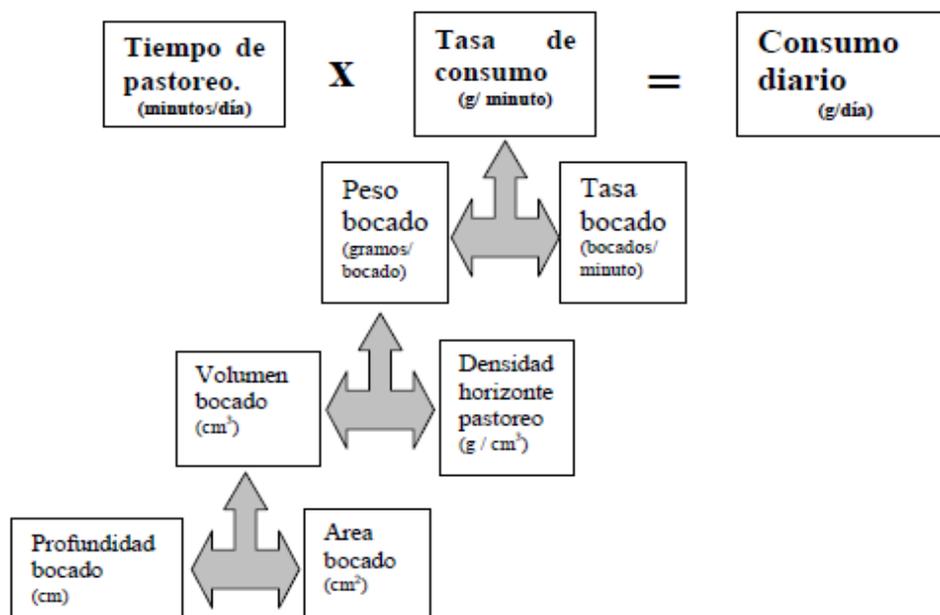
2.5. CONSUMO

El bajo consumo de MS ha sido identificado como la principal limitante en la producción de leche de vacas de alta producción en sistemas pastoriles (Leaver 1985, McGilloway y Mayne 1996, Kolver y Muller 1998) siendo el consumo el factor más importante que determina la performance animal.

El consumo es la integración multifactorial de eventos físicos, metabólicos y sociales (Forbes, 2007). Estos mecanismos regulan el consumo voluntario a corto (comidas en el día), mediano (comidas entre días) y largo plazo (meses, Mertens, 1996).

En condiciones de pastoreo el comportamiento ingestivo es determinante para evaluar el desempeño de los animales. El consumo diario en pastoreo (figura No. 1) puede ser expresado como el producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de consumo a su vez puede ser descompuesta como el producto entre tasa de bocados (bocados/minuto) y peso de cada bocado individual (g, Chilibroste, 1998).

Figura No. 1. Consumo bajo pastoreo



Fuente: Chilibroste (1998).

Una serie de trabajos de investigación realizados por Arias et al., Ungar et al., Penning et al., Dougherty et al., Laca et al., Flores et al., citados por Chilibroste (1998) han identificado al peso de bocado como el componente determinante de la tasa de consumo instantánea en animales en pastoreo. Este se compone del volumen de forraje cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen cosechado en un bocado individual va a ser resultado de la profundidad de pastoreo (plano vertical) y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua (Chilibroste, 1998).

Dentro de las variables de la pastura que más se han asociado al consumo de MS, la altura aparece como uno de los factores de mayor relevancia (Allden y Whittaker 1970, Forbes 1998).

Según Laca et al. (1992) existe una relación curvilínea entre la altura de la pastura y el peso del bocado, con incrementos decrecientes en peso de bocado a medida que aumenta la altura de la pastura. Esta relación que es funcionalmente estable está fuertemente influenciada en los valores absolutos por la densidad de la pastura (Mayne et al., 2000). Pasturas más densas permiten altas tasas de consumo como consecuencia de mayores pesos de bocado (Fisher et al. 1996, Wales et al. 1998, Barret et al. 2001).

Cuando no hay vías para aumentar la tasa de consumo instantánea, tanto por el peso de bocado y/o la tasa de bocado, el animal compensa mediante un aumento del

tiempo de pastoreo, y así mantiene el nivel de consumo diario. El estado interno del animal, cantidad y calidad del forraje disponible, disponibilidad de productos finales de la digestión y el fotoperíodo, han sido postulados como los principales factores que afectan el tiempo total y largo de las sesiones de pastoreo (Chilibroste, 1999).

2.6. HIPÓTESIS

- Es posible manejar sistemas pastoriles de alta carga animal sin repercusiones en la producción primaria.
- Mayores niveles de carga expresan mayores rendimientos de leche por unidad de superficie y mayores cosechas de forraje directa y total.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1. Localización y período experimental

El trabajo fue realizado en el Centro Regional Sur (CRS) Camino Folle Km 35.500, Facultad de Agronomía, Progreso, departamento de Canelones. El experimento se realizó en dos períodos con una duración de 4 meses cada uno. El primero comprendido en la primavera 2017 (agosto, setiembre, octubre y noviembre) y el segundo en otoño 2018 (marzo, abril, mayo y junio).

3.1.2. Condiciones edáficas

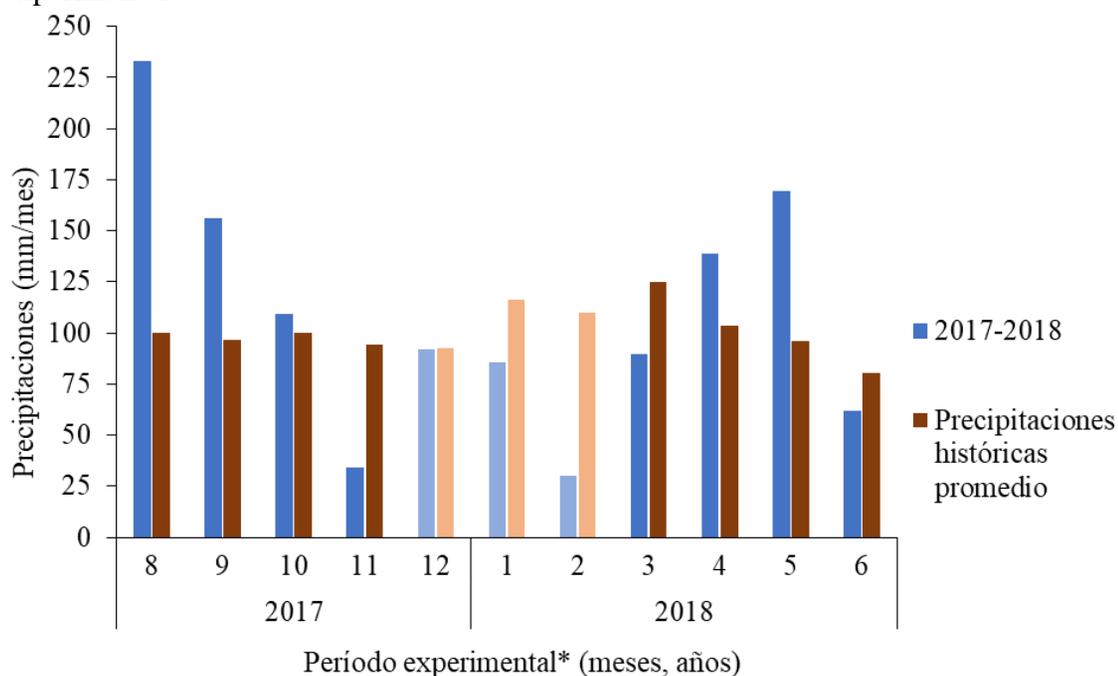
Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamirano et al., 1976) escala 1:1.000.000, el área experimental se encuentra ubicada sobre la Unidad Tala-Rodríguez. Los suelos dominantes son Brunosoles Eutricos Típicos/Lúvicos de textura limo y limo-arcillosa y Vertisoles Rupticos Lúvicos (Típicos) de textura limo-arcillosa. La secuencia de horizontes más frecuentes es A-B-C.

3.1.3. Condiciones climáticas

El Uruguay está situado entre los 30 y 35 grados de latitud Sur, en una zona subtropical templada.

Los valores medios de precipitación acumulada anual sobre el país se sitúan entre 1200 y 1600 milímetros (mm) y la temperatura media anual sobre Uruguay es de unos 17,7 °C, variando desde unos 19,8 °C en la zona Noroeste (Bella Unión), hasta unos 16,6 °C en la costa Sur del país (Castaño et al., 2011).

Figura No. 2. Precipitación mensual acumulada (mm/mes) durante todo el período experimental



3.1.4. Diseño experimental

3.1.4.1. Tratamientos y criterios de pastoreo

Para las determinaciones se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar. Se trabajó con dos tratamientos (con dos repeticiones), en cada uno de ellos se utilizaron 24 vacas en ordeño, agrupadas en dos niveles de carga 1.5 VO/ha o 2 VO/ha PP que pastorearon en 16 y 12 ha respectivamente.

El criterio de ingreso al pastoreo fue para las pasturas mezcla de *dactylis* con trébol blanco y los verdeos de avena y raigrás, que las plantas tengan 3 hojas y para el caso de la alfalfa que las plantas tengan 12 nudos en otoño y 9 nudos en primavera.

3.1.5. Pasturas

El uso del suelo representaba una rotación de tres años de pasturas perennes (*Dactylis glomerata*, cv. oberón 8 kg/ha mezcla con *Trifolium repens*, cv. zapicán 2 kg/ha; *Medicago sativa*, cv. chana 15 kg/ha mezcla con *Bromus catharticus*, cv. inia leona 10 kg/ha) y un año de verdeos (*Avena byzantina*, cv. LE1095a 100 kg/ha mezcla con *Lolium multiflorum* cv. camaro y cv. winter star 15 kg/ha).

3.1.6. Animales

Se utilizaron 96 vacas lecheras distribuidas en lotes de 24 vacas por tratamiento agrupados por: peso vivo, condición corporal (CC), número de lactancia y producción. Los cuatro grupos de animales tuvieron la misma proporción de vaquillonas.

El rodeo estaba compuesto en su mayoría por animales cruce de raza Holando neozelandés y Holando cruce con Jersey.

Cuadro No. 1. Peso vivo y condición corporal durante período experimental

	Peso vivo (kg)	Condición corporal (kg)
Primavera 2017	483 (70,9)	2,87 (0,37)
Otoño 2018	464 (83,3)	3,08 (0,49)

Los datos entre paréntesis representan el desvío estándar.

3.1.6.1. Manejo

El ordeño se llevó a cabo dos veces al día, a las 5 AM y 15 PM. El sistema de pastoreo fue rotativo con franjas para cada turno. Dadas las dificultades operativas, a diferencia de utilizar la opción de restringir el tiempo de acceso a las pasturas por medios turnos de pastoreo, se accedió con 1, 2 y 0 turnos.

Las vacas pastorearon entre las 7:00h y 14:00h (turno AM) y entre las 17:00h y 03:00h (turno PM) teniendo el pastoreo directo como única fuente de alimentación y teniendo siempre acceso al agua en cada parcela. La asignación de pastura se determinó semanalmente en base a la tasa de crecimiento semanal de la plataforma, buscando cosechar directamente por las vacas ese valor. Cuando el crecimiento excede la capacidad de las vacas los excedentes eran cosechados mecánicamente, y contrariamente cuando los requerimientos exceden lo aportado por el sistema se suplementan. Además se utilizó como referencia un stock forrajero objetivo de 1800 kg MS/ha superficie efectiva de pastoreo (SEP).

En sala se suplemento con una ración proteica (Prolacta 18) para vacas lecheras con 18% de proteína cruda y en la playa de alimentación se suplemento con cascarilla de soja y silo de sorgo.

El acceso o tiempo de pastoreo podía variar de acuerdo a la oferta de forraje u otros factores como condiciones climáticas que comprometan la pastura o la accesibilidad a la misma por lo que el acceso al pastoreo podría ser: doble turno, un turno o encierro total. Con un turno los animales están restringidos a un solo pastoreo y la suplementación es realizada para cubrir el déficit de dicha restricción. Durante la suplementación los animales también accedían a agua y sombra. Cuando las condiciones no permitían acceder a la pastura los requerimientos deben ser cubiertos exclusivamente por la suplementación. En dichos períodos los animales eran alimentados con silo de sorgo y/o maíz más un concentrado energético/proteico en sala. En el doble turno de pastoreo no existen restricciones en el acceso al forraje y la suplementación es un complemento de la pastura.

La formulación y evaluación de la dieta para todos los casos se realizó con la planilla electrónica “NRC 2001”. El diseño de la dieta tenía como principal objetivo cubrir los requerimientos con la pastura para que las vacas expresen el mejor potencial posible, para luego en caso de una situación de déficit recurrir a la suplementación.

3.2. DETERMINACIONES

3.2.1. Disponibilidad de forraje

La metodología usada se basó en el método de doble muestreo para evaluación de pastizales desarrollado por Haydock y Shaw (1975), utilizando la asociación de observaciones visuales con datos obtenidos a campo para determinar estimadores de regresión.

Para aplicar esta metodología previamente al inicio del muestreo se recorrió el área completa a estudiar, definiendo las zonas con volúmenes máximos, mínimos e intermedios de masa de forraje, para las cuales se identificaron en el terreno tres escalas, 1 (bajo), 2 (medio) y 3 (alto) para clasificar las zonas. Para realizar el muestreo se utilizaron rectángulos con dimensiones de 30cm x 51cm y tijeras de esquila para cortar las muestras a ras del suelo. Se efectuaron 3 cortes por cada valor de la escala, con un total de 9 cortes para cada recurso. El material cortado fue recogido en bolsas de nylon y llevado al laboratorio donde se determinaron los pesos frescos de las muestras cortadas, luego se tomó una submuestra de peso conocido y fue secada en estufa a 60°C por 48 horas hasta peso constante para después obtener el contenido de MS del total de la muestra.

Con los registros de las 9 muestras obtenidas y en relación a la escala se generó una regresión lineal $y=ax+b$, con la cual por medio del ajuste de una ecuación de regresión lineal entre el valor de la escala visual y el peso de cada muestra en kg MS/ha, se puede calcular los disponibles con alta correlación.

Posteriormente la transecta se realiza con los datos de la calibración realizada asignando valores de frecuencia para todos los potreros. Esta consiste en caminar los potreros en diagonal siempre en la misma dirección y cada 15 pasos asignar al punto en

el que se cayó un valor de la escala realizada para cada recurso. También se pueden asignar valores intermedios como por ejemplo 0; 0,5; 1; 1,5; 1,75; 2,25; etc. y externo (suelo descubierto, deyecciones y especies no deseadas). Durante la transecta también se realiza el conteo de hojas o nudos.

El valor en kg de MS disponible surge del valor de la ecuación calibrada que contempla las diferentes escalas con valores de biomasa. De la diferencia entre los valores de disponibilidad entre fechas se estima la tasa de crecimiento diaria al dividirlo entre los días de la semana.

3.2.2. Asignación de forraje (kg MS/VO/día)

En el presente trabajo la asignación diaria de forraje fue definida en base a la tasa de crecimiento del sistema, la cual se obtiene semanalmente de la recorrida de todas las transectas de los potreros que constituían la plataforma de pastoreo de cada tratamiento.

3.2.3. Determinaciones en los animales

3.2.3.1. Peso vivo y condición corporal

Las determinaciones de peso y condición corporal se realizaron una vez por mes, en la mañana después del ordeño. Para estimar la condición corporal se utilizó la escala visual de 5 puntos (Elanco Animal Health) y para el PV una balanza Terco modelo TK3505C.

3.2.3.2. Producción de leche

La producción de leche se midió cada 15 días en el ordeño de la madrugada y el de la tarde para todos los animales de manera individual para cada tratamiento.

3.2.3.3. Composición de la leche

Quincenalmente se tomaron muestras de leche de todos los animales en el ordeño de la madrugada, mientras que en el de la tarde se tomaban las muestras que quedaron pendientes por diversas razones y las mismas eran enviadas al laboratorio para realizarles el análisis de proteína, grasa y células somáticas.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información se procesó mediante el paquete estadístico INFOSTAT, las variables medidas se las analizó por medio del análisis de varianza y las medias diferenciadas por test de Tukey.

3.3.1. Modelo estadístico de pasturas

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : variable de interés

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto relativo de la carga $i=1, 2$

β_j : efecto del j -ésimo bloque $j=1, 2, 3, 4$ (recurso forrajero)

ε_{ij} : error experimental

3.3.2. Modelo estadístico de animales

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : variable de interés

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto relativo de la carga $i=1, 2$

β_j : efecto del j -ésimo bloque $j=1, 2$ (grupo de animales)

ε_{ij} : error experimental

3.4. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H_0 : $T_1=T_2=T_3=T_4=0$

H_a : existe algún tratamiento distinto de 0.

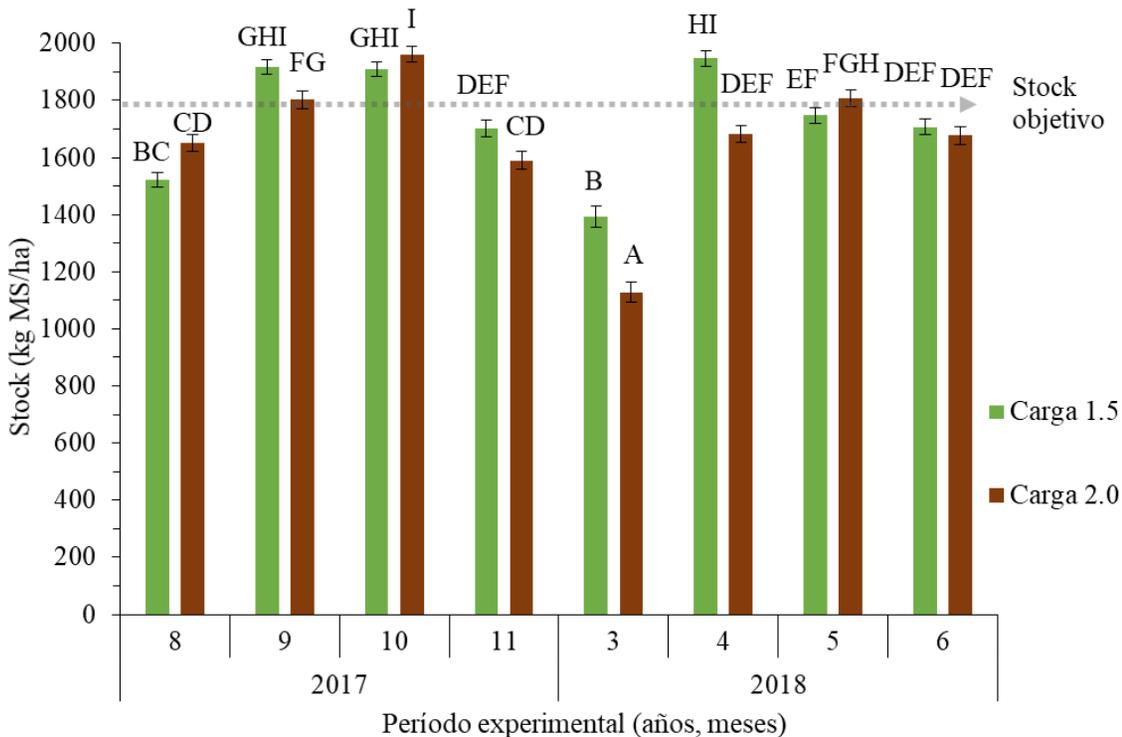
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PASTURA

4.1.1. Stock forrajero (kg MS/ha SEP) y número de hojas de entrada

El stock de forraje (kg MS/ ha SEP) graficado en la figura No. 3 representa el disponible promedio mensual de la SEP para cada tratamiento. Como herramienta para manejo se estableció un valor arbitrario de 1800 kg MS/ha SEP, que no se cumplió en mucho de los meses. En base a ese objetivo se puede visualizar situaciones en las que el stock se encuentra por debajo o por encima, lo que permite establecer el mismo como un valor de referencia “acelerando o desacelerando” la velocidad rotación de pastoreo (tamaño de franja) o cerrando área para reservas en caso de pérdida de calidad de material. En esta misma línea Holmes y Roche (2007) recomiendan que durante los período de exceso de pasto se debe acelerar la velocidad de rotación y cerrar área para hacer reservas. Durante la primavera el stock se situó por encima de 1800 kg MS/ha SEP y por lo tanto se cerró un 20% y 14% del área total para la carga 1,5 y 2,0 VO/ha PP respectivamente.

Figura No. 3. Stock forrajero promedio mensual (kg MS/ha SEP) por tratamiento para el período experimental

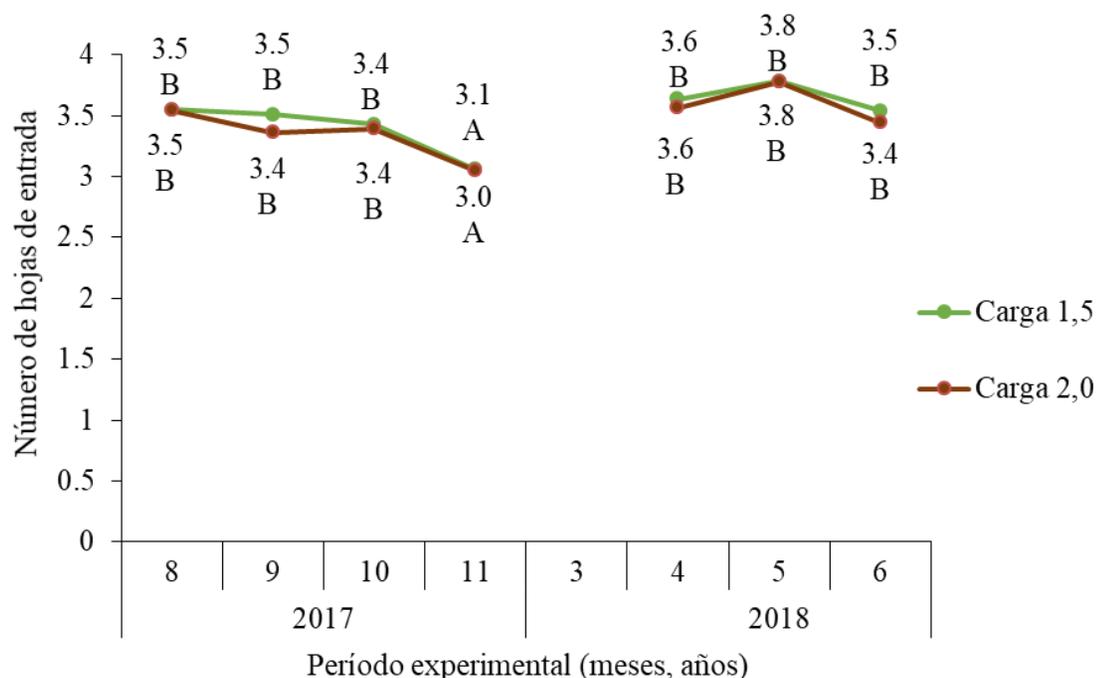


Significancia ($p < 0,05$). Las barras de error explican el error experimental.

No existieron diferencias significativas entre tratamientos para la mayoría de los meses lo que fue producto del manejo de pastoreo, en donde se utilizó un criterio de entrada (3 hojas) y salida (remanente ≥ 4 cm). La excepción se dio para los meses de marzo y abril 2018, en donde el tratamiento 1,5 VO/ha PP presentó mayor stock que el tratamiento 2,0 VO/ha PP ($p < 0,0001$). Esta diferencia fue producto del efecto residual proveniente del manejo estival en donde las 96 vacas del experimento pastorearon juntas sin discriminar tratamientos, generando mayor perjuicio en el stock de los potreros del tratamiento 2,0 VO/ha PP, este efecto residual se mantuvo hasta abril. Además durante el mes de marzo se dio el valor más bajo para ambos tratamientos, siendo el único mes en que el stock se encuentra por debajo de los 1400 kg MS/ha SEP, reflejo del déficit hídrico arrastrado desde el verano y durante marzo (ver figura No. 2). En base a esto (dado que no existían las condiciones establecidas para asegurar un manejo óptimo para la pastura) se decidió no pastorear, con la finalidad de aumentar el stock hacia fines de marzo, visualizando la recuperación del stock forrajero en el mes de abril.

Tal como revelan datos a nivel comercial el hecho de respetar la fisiología como criterio de entrada, constató un aumento de la producción de forraje del 30% durante el período otoño-invernal (Zanoniani et al., 2004). Si bien el parámetro principal que decide la rotación de pastoreo es la tasa de crecimiento, el estado fisiológico (número de hojas) al igual que el stock se usa para re-ajustar la rotación de pastoreo (velocidad), en caso de ser necesario.

Figura No. 4. Evolución del número de hojas de entrada a pastoreo en gramíneas por tratamiento para el período experimental

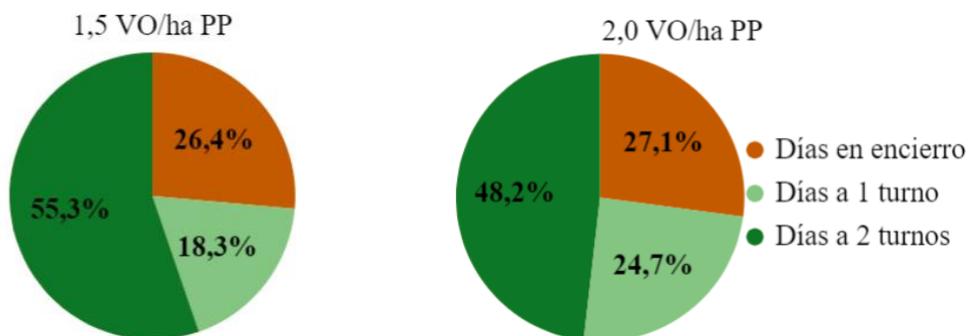


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Incluye datos de potreros con: avena, avena con raigrás y pradera de dactylis con trébol blanco de 1er., 2do. y 3er. año. Sin registros de datos para marzo 2018.

En referencia al estado fisiológico de ingreso al pastoreo no existió un efecto significativo de la carga ($p < 0,1267$) ni de la interacción carga por mes ($p < 0,8944$) sobre el número de hojas de entrada. Durante todo el período experimental el número de hojas de entrada a pastoreo se mantuvo entre 3 y 3,8 hojas (ver figura No. 4). Este aspecto es consistente con lo reportado por Parsons et al. (1988), Fulkerson y Donaghy (2001) en el cual afirman se maximiza la acumulación y utilización de forraje. Este criterio de entrada se complementa con lo reportado por Voisin (1959), Parsons y Chapman (2000) los cuales sostienen que la tercera hoja representa el 60% de la biomasa total. El número de hojas de entrada resulta un indicador clave para regular el pastoreo desde el punto de vista fisiológico y es fundamental buscar el equilibrio. Según Turner et al. (2006) defoliar gramíneas repetidamente en torno a 2 hojas significó menos producción de MS que las plantas defoliadas en las etapas de 3 y 4 hojas, las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. Por otro lado defoliar por encima de las 3 hojas, puede reducir la calidad de la pastura a consumir, ya que a partir de este valor aumenta la tasa de senescencia de las hojas viejas (Chapman et al., 2012).

4.1.2. Tiempo de pastoreo

Figura No. 5. Porcentaje de los días en pastoreo y encierro por tratamiento para el período experimental (244 días)

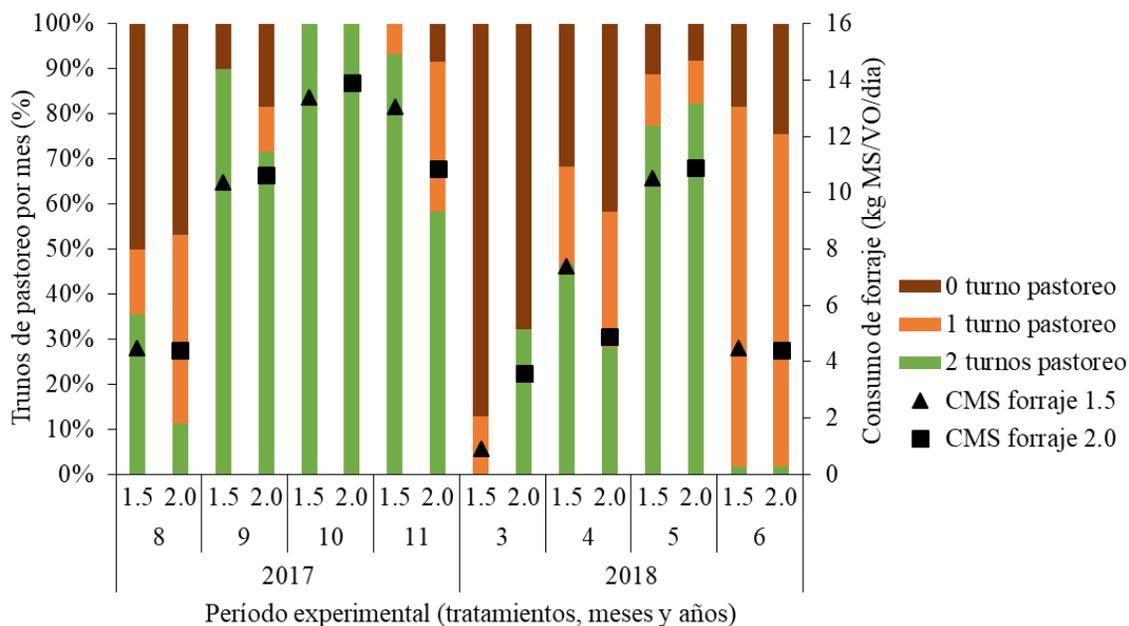


Durante el período experimental las vacas estuvieron en pastoreo el 73,6% y 72,9% de los días para la carga 1,5 VO/ha PP y 2,0 VO/ha PP respectivamente. Sin embargo la carga 1,5 VO/ha PP tuvo un 7,1% más de días a 2 turnos de pastoreo. Por otro lado la carga 2,0 VO/ha PP tuvo un 6,4% más de días a 1 turno de pastoreo que la carga 1,5 VO/ha PP, respecto a esto es importante resaltar que cuando se realiza solamente 1 turno de pastoreo la alimentación se complementa en el encierro.

Con esta información resulta fundamental contar con infraestructura que permita encierros y aseguren el mantenimiento del confort y bienestar animal, conjuntamente con

condiciones dignas para el personal, ya que aproximadamente 1 de cada 4 días las vacas permanecieron en encierro.

Figura No. 6. Proporción de pastoreos por mes y la relación con el CMS de pasturas



Los meses donde el tiempo de pastoreo es mayor, coinciden con el mayor consumo de forraje, producto de que el tiempo de pastoreo es un componente que determina el consumo diario (Chilibroste, 1998).

Para los meses setiembre, octubre y noviembre donde los animales de ambos tratamientos acceden el 94% del tiempo a pastoreo, concuerda con el máximo consumo de pasto del período experimental. Esto presenta un especial énfasis ya que son los meses donde se produce el 50% del pasto del año (Fariña y Tuñón, 2016), y como consecuencia de ello es coherente que aumente la frecuencia de pastoreo (Zanoniani y Zibil, s.f.). Sin embargo existieron excepciones, como por ejemplo primavera temprana (agosto 2017) donde se registraron eventos que establecieron dificultades de acceso al pastoreo por causa de lluvias intensas (ver figura No. 2). Otro caso fue la decisión de cerrar área en octubre 2017 con el agravante que hubo déficit hídrico en este mes, afectando en mayor medida a la carga 2,0 VO/ha PP. Esto repercutió sobre las oportunidades de pastoreo, debiendo pasar mayormente a 1 turno e incrementando la necesidad de encierros con el fin de mantener el stock de forraje objetivo.

Cuando se hace referencia al “otoño como cuello de botella” marzo presenta un momento crítico ya que ocurre el mayor porcentaje del tiempo bajo encierro (0 turno de pastoreo), y el tiempo de pastoreo no superó el 40%. Si se hiciera una analogía a un sistema comercial, la alta proporción de turnos a encierro podría estar explicada por lo reportado

por Ernst y Zibil (s.f.) quienes sostienen que esta es una época de transición en las pasturas en donde se da una fuerte reducción de la SEP. Además está el agravante de las condiciones meteorológicas registradas en el período marzo 2018 que coincide con el stock más bajo reportado en el período experimental. Lo mencionado anteriormente significa un aumento en la carga efectiva (VO/ha SEP) por lo tanto sería de esperar que a cargas más altas se resienta más las oportunidades de pastoreo y sea necesario suplementar en condiciones de encierro, lo que se refleja en el presente experimento en donde ambas cargas tienen una drástica reducción en las oportunidades de pastoreo y un aumento considerable del encierro. Esto es concordante con Macdonald (1999) quien considera que para mantener altas cargas durante el año es necesario la incorporación de suplemento durante épocas de déficit.

De abril a junio de 2018 luego de la época de transición de pasturas y de un déficit hídrico acentuado se restableció el stock de forraje debido a que las praderas y verdes invernales implantados se incorporaron a la SEP. Esto permitió que el pastoreo esté por encima del 50%, durante este período, sin embargo mayormente se pastoreo a 1 turno y por lo tanto el consumo de MS de forraje individual disminuye durante la estación.

Por lo tanto, independientemente de la mejoría respecto a marzo 2018, se sigue observando la limitante que presenta el otoño en cuanto a oportunidades de pastoreo respecto a la primavera.

4.1.3. Asignación de forraje

Cuadro No. 2. Asignación de forraje (kg MS/VO/día) promedio para ambos tratamientos en los períodos experimentales

	1,5 VO/haPP	2,0 VO/haPP
Primavera 2017 (kg MS/VO/día)	21,26 C	18,5 B
Otoño 2018 (kg MS/VO/día)	13,81 A	14,62 A
Promedio total (kg MS/VO/día)	17,53 A	16,56 A

Significancia ($p < 0,05$). Leer letras de significancia de promedio total independiente de los de estación (primavera 2017 y otoño 2018).

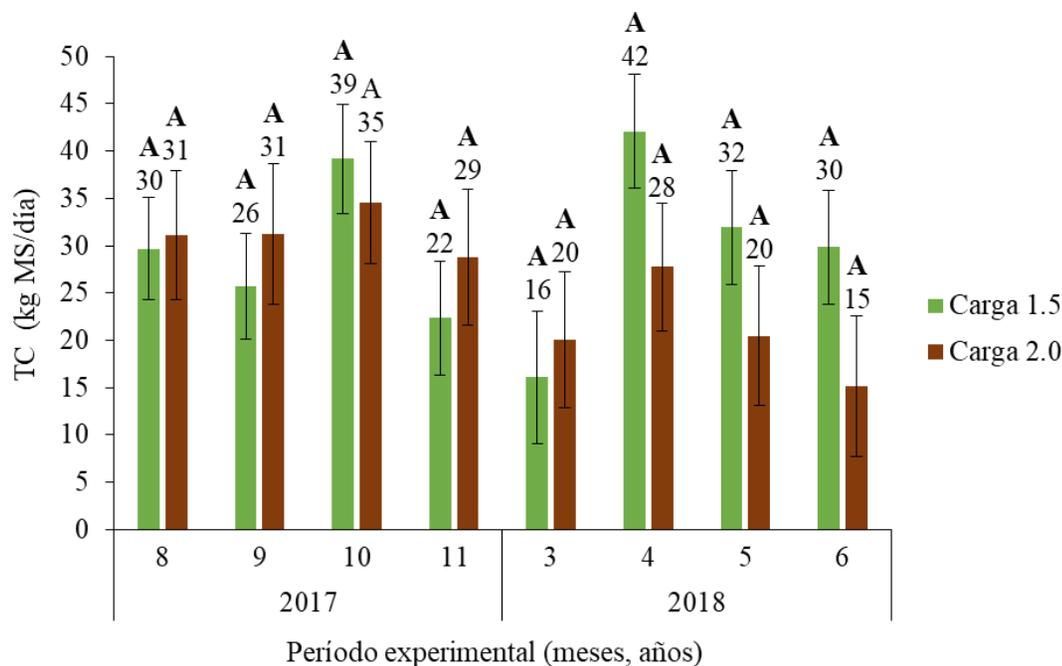
Los datos de promedio total para el período experimental (cuadro No. 2), muestran que no hubo un efecto significativo de la carga sobre la asignación de forraje ($p < 0,1226$), sin embargo al desglosar los datos por estación primavera 2017 y otoño 2018 y por carga se constata un efecto de la interacción carga por estación ($p < 0,0029$). Se observan diferencias significativas para la primavera 2017 en donde el tratamiento de

menor carga presenta mayor asignación, esto está en concordancia con Baudracco et al. (2011) quienes reportan una reducción de la asignación de forraje con el aumento de la carga de 1,6 vacas/ha a 2,1 vacas/ha, registrando valores de asignación de 16,9 kg MS/vaca/día y 13,5 kg MS/vaca/día respectivamente. Sin embargo, en el otoño cuando las cargas efectivas aumentan (Chilibroste et al., 2003) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos para la asignación de forraje. En esta misma línea Baudracco et al. (2011) reportaron que para cargas más altas de 2,1 vacas/ha y 2,6 vacas/ha no existieron diferencias significativas en asignación de forraje. En el presente experimento esto pudo estar dado por la baja del stock forrajero para ambas cargas durante esta estación a pesar de existir crecimiento, reflejándose sobre todo en el mes de marzo. Por lo tanto durante esta estación el pasto fue limitante, factor que se refleja en la asignación. Como consecuencia se busca desacelerar la rotación de pastoreo y así recomponer el stock.

Al comparar el otoño con la primavera se observa que esta última presenta mayores asignaciones de forraje para ambas cargas, lo que se sustenta en el efecto estación ($p < 0,0001$). Esta diferencia puede estar dada según Chilibroste et al. (2003) a un desbalance en la rotación agrícola forrajera que provoca una disminución en la SEP y por lo tanto un aumento de la carga efectiva, generando una disminución en la asignación de forraje. Esta problemática se acentúa si se compromete la persistencia de las pasturas perennes, producto del incremento en la frecuencia de pastoreo, principalmente en épocas donde las tasas de crecimiento son lentas, por ejemplo el otoño (Formoso 2009, Zanoniani 2010). Es en estos momentos donde cobra real importancia el control del manejo de pastoreo para no comprometer la producción ni la persistencia. Este aumento de la carga efectiva también se ve reflejado en el presente experimento, en el cual la carga 1,5 VO/ha PP aumentó a 2,4 VO/ha PP y la carga 2,0 paso a 3,4 VO/ha PP durante el otoño. Este aumento se debió a lo ya mencionado anteriormente respecto a la disminución de la SEP, que durante esta estación suele ser una limitante. Respecto a la primavera se observan aumentos de las cargas efectivas de 1,8 y de 2,8 VO/ha PP para las cargas 1,5 y 2,0 VO/ha PP respectivamente, no siendo un problema per se, ya que el área sembrada es menor que en otoño y los requerimientos de las vacas son menores, ya que se encuentra en el segundo tercio de lactancia.

4.1.4. Producción de forraje y eficiencia de cosecha

Figura No. 7. Promedio mensual de la tasa de crecimiento diaria (kg MS/ha/día) para cada tratamiento a lo largo del período experimental



Significancia ($p < 0,05$). Las barras de error explican el error experimental.

La figura No. 7 muestra que para la variable TC no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los meses ($p < 0,4931$). El control en el manejo del pastoreo comentado en 5.1.1 acompañado de criterios que optimicen la persistencia y productividad en pastura explican dichos resultado. En esta línea Valentine et al. (2009), Baudracco et al. (2011) tampoco encontraron diferencias significativas en la TC al aumentar la carga, utilizando para todas las cargas el mismo criterio de entrada y salida de la pastura.

Cuadro No. 3. Producción y eficiencia de cosecha del forraje (kg MS/ha PP) para el período experimental

	1,5 VO/ha PP	2,0 VO/ha PP
Cosecha directa (kg MS/ha PP)	2950 (40) A	3880 (60) B
Cosecha mecánica (kg MS/ha PP)	3658 (50)	2224 (34)
Producción total (kg MS/ha PP)	7330 A	6478 A
Eficiencia de cosecha (%)	90%	94%

Datos promedio para los 244 días del período experimental. Leer letras de significancia ($p < 0.05$) en forma horizontal. Datos entre paréntesis muestran la eficiencia de cosecha directa y mecánica.

La producción total de forraje no fue diferente para los distintos niveles de carga dentro de los 244 días del período experimental (cuadro No. 3). Los registros estuvieron por encima de los 5727 kg MS/ha reportados por García, Carámbula, citados por Leborgne (2014) para los mismos meses de este experimento.

Los datos de eficiencia de cosecha instantánea son similares entre tratamientos producto del manejo, siendo de 46% y 48% para 1,5 VO/ha PP y 2,0 VO/ha PP respectivamente. Por otro lado, en lo que refiere a la eficiencia de cosecha directa a lo largo de los 244 días del experimento, la carga 2,0 VO/ha PP fue significativamente superior a la de 1,5 VO/ha PP en un 20%. Así mismo Baudracco et al. (2011) reportaron un incremento de 10% cuando se pasa de 1,6 VM/ha (600 g/kg) a 2,1 VM/ha (660 g/kg). Este aumento de la eficiencia de la cosecha directa de pastura también fue reportado por Macdonald et al. (2001) pasando de 63% para 2,1 vacas/ha a 81% para 4,3 vacas/ha. Por lo tanto el incremento en la carga determina mejoras en la eficiencia de cosecha y como consecuencia aumenta la producción de leche por hectárea (Baudracco et al., 2010).

Durante el período de 244 días (desarrollo del trabajo experimental), la cosecha directa de los sistemas 1,5 y 2,0 VO/ha PP puede considerarse alta para ambas cargas en comparación a datos reportados por Chilibroste y Battezzore (2014a) para predios comerciales de Uruguay de 4006 y 2434 kg MS/ha/año para sistemas de alta productividad y de baja productividad respectivamente. Considerando que la carga establecida a nivel del presente trabajo de investigación busca dar respuesta a niveles de carga del doble a la carga promedio del Uruguay (MGAP. DIEA 2017, Chilibroste y Battezzore 2019), estos datos reflejan que aún queda mucho potencial de crecimiento en los predios comerciales en lo que refiere a la cosecha directa para los sistemas del Uruguay.

En cuanto a la cosecha mecánica, esta fue significativamente mayor para la carga 1,5 VO/ha PP, esto se debe a que esta carga tiene menor capacidad de pastoreo por un factor numérico de menos “bocas pastando”, como consecuencia es necesaria la cosecha mecánica para captar la mayor cantidad de pasto producido.

Es destacable que la eficiencia de cosecha acumulada del forraje fue de 90% y 94% para la carga 1,5 VO/ha PP y 2,0 VO/ha PP respectivamente y esta se debe en gran medida a la cosecha mecánica. Este nivel relativamente alto de forraje de cosecha propia es importante porque explica el bajo costo de producción de los sistemas pastoriles (Dillon et al., 2005).

4.2. CONSUMO

4.2.1. Consumo de suplementos por hectárea para todo el período experimental

Cuadro No. 4. Consumo (kg MS/ha PP/244 días) de reservas, concentrados y cascarilla de soja por hectárea por tratamientos para el período experimental

Consumo	1,5 VO/ha PP	2,0 VO/ha PP
Reservas (kg MS/ha PP/244días)	1014 A	1854 B
Cocentrados (kg MS/ha PP/244días)	2120 A	2816 B
Casc. de soja (kg MS/ha PP/244días)	283 A	422 B

Leer letras de significancia ($p < 0.05$) en forma horizontal.

El proceso de intensificación en la lechería en la última década según demostró Chilibroste (2015) se ha dado por un aumento del nivel de suplementos por hectárea. Los datos de la presente investigación no son la excepción ya que se denota un incremento en el nivel de reservas y concentrados por unidad de superficie siendo significativamente mayor los niveles para mantener un sistema de 2.0 VO/ha PP (cuadro No. 4).

Al pasar de 1,5 a 2,0 VO/ha PP, el consumo de reservas y concentrado por hectárea aumentó un 83% y 33% respectivamente. Datos reportados por Chilibroste y Batteggazzore (2019), mostraron un incremento del 85% para las reservas y del 88% para los concentrados cuando se pasó de una carga de 0,99 VO/ha PP a 1,53 VO/ha PP. Por otro lado, datos reportados anteriormente por Chilibroste (2015) indican que con el aumento de la carga 0,78 VM/ha VM a 1,34 VM/ha VM, las reservas incrementaron un 44% y los concentrados un 53%. Datos similares fueron presentados por Baudracco et al. (2011) cuando se pasó de una carga de 1,6 a 2,1 vacas/ha, con un incremento del 38% para reservas y de un 31% en concentrados. En ambos casos se reportaron aumentos del consumo de suplementos con el aumento de la carga, lo mismo sucedió en el presente experimento con la salvedad de que el aumento del consumo de reservas fue bastante mayor a los registrados en dichos experimentos, esto se explica principalmente por el mes de noviembre en donde el consumo de reservas para la carga 2,0 VO/ha PP fue considerablemente superior al de 1,5 VO/ha PP (ver figura No. 7), en este mes se dieron condiciones climáticas que mermaron el consumo de pasto. El aumento del consumo de reservas implica un incremento de los costos de alimentación, producto de que las reservas conllevan un costo de confección, almacenamiento, suministro y a su vez existen pérdidas por desperdicio sabiendo que los sistemas lecheros uruguayos tienen déficits en la infraestructura para suministro de alimentos (Chilibroste y Batteggazzore, 2014a).

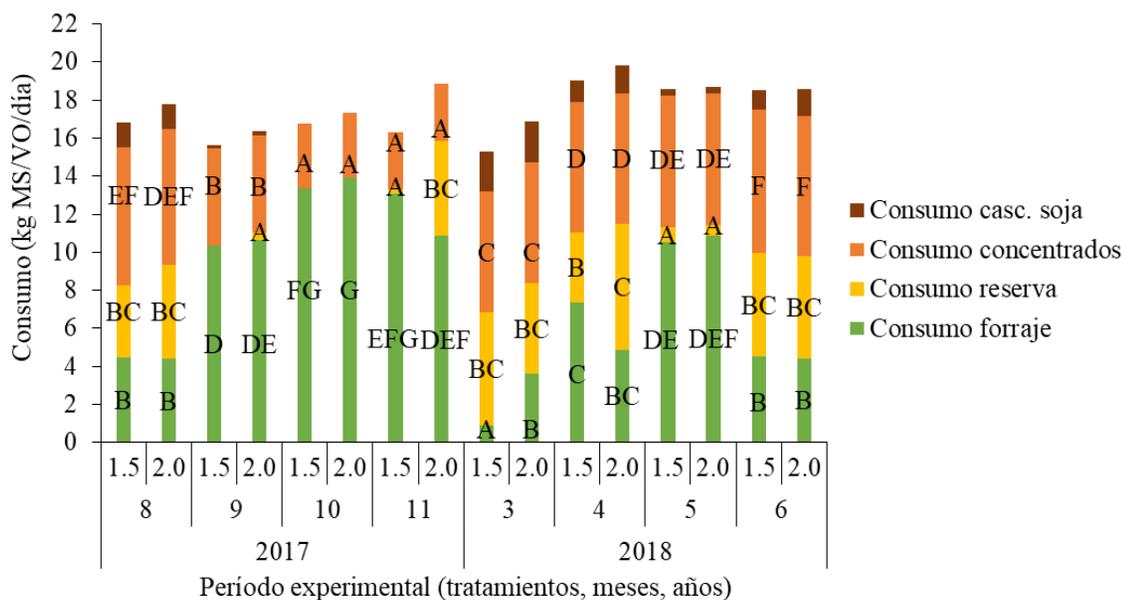
El tratamiento 1,5 VO/ha PP solamente utilizó el 48% de las reservas y el tratamiento 2,0 VO/ha PP aprovechó el 55% de las reservas ofrecidas, al desglosar las reservas, se observa (ver anexo No. 1) que el ensilaje presenta mayor utilización que el

fardo y el silopack, para ambas cargas. Estas condiciones no son ajenas a los sistemas lecheros de Uruguay, ya que según datos recabados por Chilibroste y Battagazzore (2014a) la mayoría de los tambos analizados dan las reservas en comederos de campo, siendo la infraestructura un talón de Aquiles de los sistemas lecheros, especialmente las necesarias para situaciones de exceso hídrico o manejo de estrés calórico. Por tal motivo, de querer transitar un camino de intensificación son aspectos que debe destacarse no solo desde el punto de vista de bienestar animal sino que también humano desde la perspectiva de generar condiciones de trabajo confortables.

La cascarilla de soja fue una variable de respuesta utilizada para sustituir la fibra cuando había escenarios de doble encierro los cuales fueron mayores en otoño. Con el aumento de la carga, se incrementó el consumo de cascarilla en un 49%.

4.2.2. Composición del consumo (kg MS VO/día) individual

Figura No. 8. Composición del consumo (kg MS/VO/día) promedio por animal por día para cada mes del período experimental



Significancia ($p < 0,05$). Leer letras de significancia dentro de cada mes. El consumo de pastura fue estimado a través de la planilla electrónica "NRC 2001".

La pastura representa el forraje obtenido por cosecha directa, las reservas incluyen fardo, silopack y ensilaje, mientras que los concentrados incluyen los energéticos y proteicos, como también la cascarilla de soja.

Al promediar el consumo total de MS por vaca para todo el período experimental se constató que el consumo de la carga 2,0 VO/ha PP fue significativamente ($p < 0,0001$) superior a la carga 1,5 VO/ha PP, siendo los valores de 18,03 y 17,12 kg MS/VO/día

respectivamente, esto fue producto del mayor consumo de reservas para la carga 2,0 VO/ha PP debido al mayor tiempo de encierro (ver apartado 4.1.2).

No existió efecto significativo ($p < 0,7474$) de la carga sobre el consumo individual de pasturas, dato que concuerda con lo presentado por Baudracco et al. (2011) para dos cargas (1,6 y 2,1 vacas/ha en lactancia media) similares a las del presente experimento (1,5 y 2,0 VO/ha PP). Sin embargo en dicho trabajo a niveles de cargas mayores (2.6 vacas/ha) existió un efecto en el descenso del consumo individual. En esta misma línea Macdonald et al. (2001) también reportaron una disminución del consumo individual de forraje con el aumento de la carga 2,2 a 4,3 vacas/ha pero en ganado sin suplementar.

Independientemente de la carga en el actual experimento hubo efecto de la estación ($p < 0,0001$), el cual se vio reflejado en un mayor consumo de pastura por VO para primavera en comparación al otoño (ver anexo No. 2), esto fue producto principalmente de la reducción de las SEP para este período y en casos puntuales como marzo 2018 para el otoño y agosto 2017 para la primavera, el consumo individual de pastura también estuvo afectado por condiciones climáticas, en el primer caso producto del déficit hídrico y en el segundo el exceso de lluvias que redujo el tiempo de pastoreo.

En este trabajo el consumo individual de reservas fue un 38% superior para la carga 2,0 VO/ha PP respecto a la carga 1,5 VO/ha PP, sin embargo, Baudracco et al. (2011) no encontraron diferencias significativas entre 2,1 y 2,2 kg MS/vaca/día de reservas para cargas de 1,6 vacas/ha y 2,1 vacas/ha respectivamente.

El consumo de reservas individual acompañan en sentido opuesto al CMS de pasto (figura No. 8), por lo que cuando el pasto es abundante, las reservas disminuyen en la dieta. Esto sucedió en los meses de septiembre, octubre, noviembre 2017 (solo para la carga 1,5 VO/ha PP) y mayo 2018 donde el consumo de reservas siempre estuvo por debajo de 1 kg MS/VO/día. En el mes de noviembre el consumo de reservas individual para la carga 2,0 VO/ha PP es significativamente superior a la carga 1,5 VO/ha PP en 4,8 kg MS de diferencia, esto puede deberse al déficit hídrico (llovió 1/3 de lo que llueve históricamente en el mes de noviembre) durante este mes y a la decisión tomada en octubre de cerrar potreros para hacer reservas forrajeras de la plataforma de pastoreo, estas dos decisiones afectaron en mayor medida a la carga 2,0 VO/ha PP, en la que hubo menos turnos de pastoreo y en la que se suplementa con mayor cantidad de reserva, aumentando el consumo total de alimentos para dicha carga.

Los kilogramos de concentrado por animal no varían entre tratamientos, pero participan en menor porcentaje durante los meses de octubre y noviembre con el mismo criterio de las reservas con la intención de maximizar el consumo de pasto por los animales de manera directa. Según Miettinen (1995) durante el primer tercio de lactancia se da un período de balance energético negativo (BEN) en el animal, debido a una reducción en el consumo de materia seca y una alta demanda energética para la producción de leche. En

el presente experimento el primer tercio de lactancia se sitúa durante los meses de otoño 2018 (la fecha media de partos fue 25 de marzo del 2018) y agosto 2017 (la fecha media de parto para el año 2017 fue el 23 de abril) donde existió un aumento de la oferta y por ende el consumo de concentrados con el fin de saciar la demanda energética. En este sentido Baudracco et al. (2011) reportan que cuando se suplementa con concentrados de alta calidad en lactancia temprana tardía los efectos negativos de las cargas altas desaparecen y ya no hay diferencias en la producción de leche por vaca, por lo tanto si se consideran las cargas de ambos tratamientos como altas, la suplementación con concentrados disminuye el BEN, favoreciendo la producción y la condición corporal durante este período (ver figuras No. 9 y No. 12).

Cuando se toma el conjunto de los meses de otoño, la oferta de suplementos (reserva y concentrado) aumenta respecto a la primavera, coincidiendo con lo reportado por Chilibroste et al. (2012), quienes indican la relevancia del uso estratégico de la suplementación de las vacas lecheras en estos momentos de desajuste entre la oferta y la demanda con reservas y concentrados.

4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS

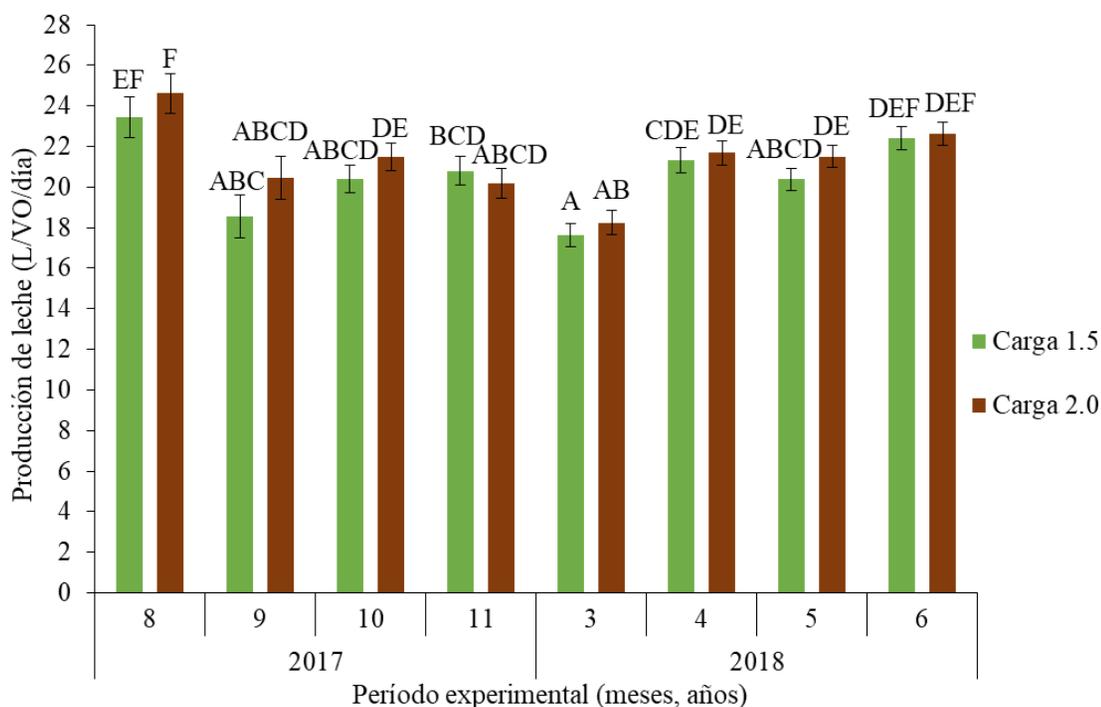
4.3.1. Producción individual de leche

La carga tuvo un efecto significativo ($p < 0,0132$) sobre la producción individual, en el que el grupo de vacas de 2,0 VO/ha PP fue mayor al de la carga 1,5 VO/ha PP (21,35 L/VO/día vs. 20,62 L/VO/día). Estos datos van en contraposición con lo reportado por Fales et al. (1995) quienes no encontraron efecto significativo de la carga. En otro orden Baudracco et al. (2011) encontraron que para cargas de 1,6 vaca/ha (23,4 kg/vaca) y 2,1 vaca/ha (21,7 kg/vaca), existe una disminución de la producción individual a medida que aumenta la carga. Por otro lado McMeekan y Walshe (1963) reportó que no existe una disminución de la producción individual al aumentar la carga hasta cierto punto (2,2 vacas Jersey/hectárea).

En el presente experimento con el aumento de la carga no sólo no disminuyó la producción individual sino que aumentó. Esto puede estar explicado por el mayor consumo individual (ver apartado 4.2.2.) de MS para la carga 2,0 VO/ha PP, lo cual se sostiene en lo reportado por Leaver (1985), McGiloway y Mayne (1996), Kolver y Muller (1998) quienes identificaron el consumo de MS como la principal limitante de la producción de leche de vacas de alta producción en sistemas pastoriles. Además la carga 1,5 tuvo más días a 2 turnos de pastoreo y menos días a 1 turno, lo que pudo implicar un mayor costo energético a causa del pastoreo en relación a la carga 2,0, reflejándose en la menor producción individual. Respecto a esto último la bibliografía encontrada fue ambigua, por un lado Di Marco y Aello (2003) sostienen que el efecto del costo energético por un aumento de la actividad de pastoreo es leve y fácilmente corregible con suplementación, por lo que no se traduce en menor producción individual. Por otro lado Taverna et al. (1997) encontraron que triplicar la distancia recorrida durante 60 días,

redujo la producción individual de leche. Este aspecto sumado a las condiciones de infraestructura pudo seguramente haber afectado la performance de los animales que accedieron mayor tiempo al pastoreo.

Figura No. 9. Producción de leche individual promedio por mes y por tratamiento

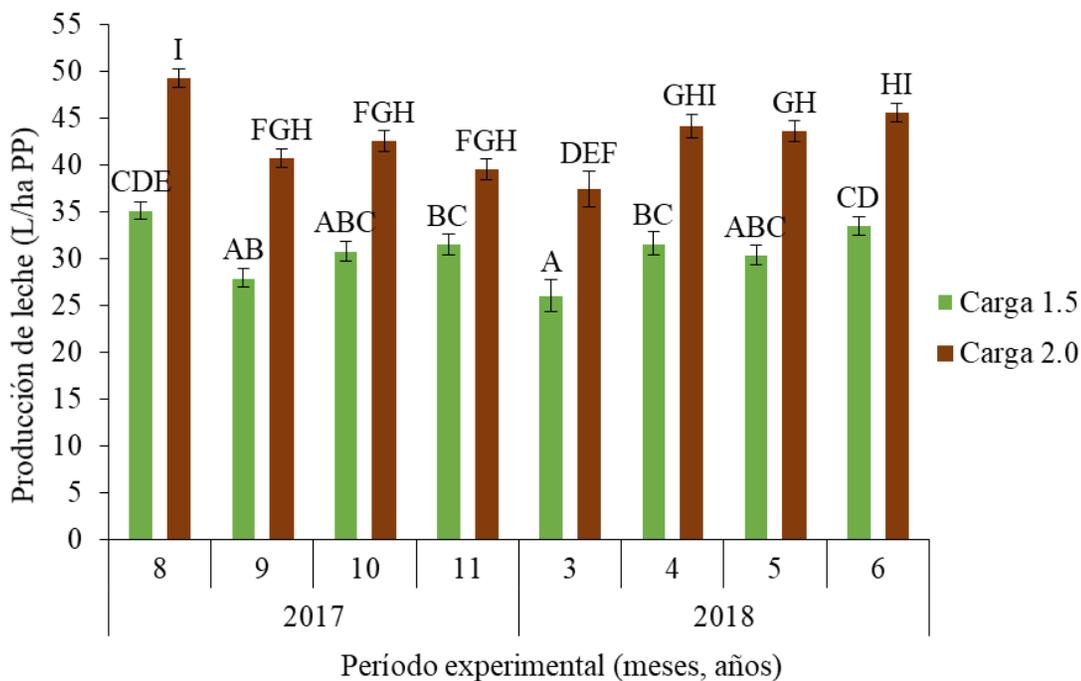


Significancia ($p < 0,05$). Barras de error explican error experimental.

Existe un efecto de los meses ($p < 0,0001$) sobre la producción individual de leche a lo largo del experimento y no hay efecto significativo ($p < 0,2919$) en la interacción carga - mes. En la figura No. 9 se aprecia que la producción de leche por animal para ambos tratamientos tuvo su pico de producción durante los meses de agosto 2017 y junio 2018, lo que puede estar asociado con el pico natural en producción de leche en vacas de parición de otoño, dato que concuerda con lo reportado por Chilibroste et al. (2011) para pariciones de febrero-marzo y marzo-abril, en los cuales se registra el primer pico de producción a los 2 meses pos parto.

4.3.2. Producción de leche por hectárea

Figura No. 10. Producción de leche mensual por hectárea por tratamiento



Significancia ($p < 0,05$). Barras de error explican error experimental.

Cuando la producción se expresa en unidad de superficie existió un efecto significativo de la carga ($p < 0,0001$), de los meses ($p < 0,0001$) y de la interacción ($p < 0,0272$) entre ambos sobre la producción de leche por hectárea.

Al observar la figura No. 10 la producción por hectárea del tratamiento 2,0 VO/ha PP es significativamente mayor en comparación con el tratamiento 1,5 VO/ha PP. Lo expuesto va en línea con Fales et al. (1995), MaDonald et al. (2008), Valentine et al. (2009) quienes reportaron un aumento de la producción por hectárea a medida que aumenta la carga. En el actual trabajo el aumento de la producción por hectárea se da por el aumento de la carga sin que se vea afectada la producción individual de leche mensual. Según lo reportado por Chilibroste (2015) el proceso de intensificación en Uruguay aún puede estar combinando más carga de los sistemas con incrementos en la producción por animal.

Cuadro No. 5. Producción de leche por hectárea para el período experimental

Tratamiento	Producción (L/ha)
1,5 VO/ha PP	7535
2,0 VO/ha PP	10453

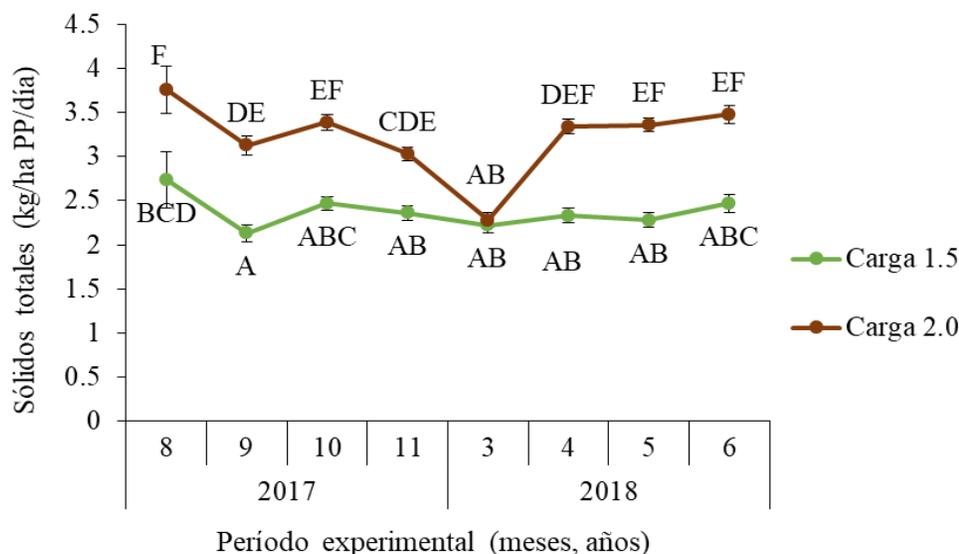
Partiendo de que los datos del cuadro No. 5 son para 244 días, podría decirse que la producción por hectárea de este experimento está en concordancia con la información reportada por Baudracco et al. (2011) para sistemas con carga 1,6 vaca/ha y 2,1 vaca/ha, las cuales fueron de 11366 kg/ha/año y 13807 kg/ha/año respectivamente. Datos similares reportaron Chataway et al. (2010) para una carga de 1,9 vacas/ha, que produjeron 12030 l/ha/año. Para cargas más elevadas de 2,2 y 4,3 vacas/ha Macdonald et al. (2008) reportaron producciones por hectárea de 11071 kg/ha/año y 14828 kg/ha/año, evidenciándose claramente el incremento de la producción por hectárea, aun con cargas más elevadas.

Datos a nivel nacional reportan productividades promedio de 5285 l/ha PP para una carga de 1,14 VO/ha y un período de 244 días (Chilibroste y Battezzore, 2019). Valor que se encuentra por debajo de los datos de producción del presente trabajo en un 43% para la carga 1,5 VO/ha PP y en un 98% para la carga 2 VO/ha PP.

4.3.3. Composición de la leche

4.3.3.1. Producción de sólidos totales por hectárea

Figura No. 11. Sólidos totales promedio por hectárea por día por tratamiento



Significancia ($p < 0,05$). Barras de error explican error experimental.

Al igual que para la producción individual existió un efecto de la carga ($p < 0,0001$) y de los meses ($p < 0,0001$) sobre la producción de sólidos por hectárea. Los valores del tratamiento 2,0 VO/ha PP fueron significativamente mayores a los del tratamiento 1,5 VO/ha PP para todos los meses excepto marzo. Durante este mes resulta llamativa la caída en la cantidad de sólidos producidos para la carga 2,0 VO/ha PP (figura No. 11). El promedio de sólidos totales para los 244 días fue significativamente mayor para la carga 2,0 VO/ha PP (786 kg/ha PP) en comparación con la carga 1,5 VO/ha PP (578 kg/ha PP). Este aumento va en la misma línea con los datos de Baudracco et al. (2011) quienes también reportaron en el período de un año un aumento, siendo para la carga 1,6 vaca/ha y 2,1 vaca/ha de 843 y 1036 kg de sólidos/ha/año respectivamente. De proyectar los datos del presente trabajo en una escala anual, representan valores similares a los reportados por Baudracco et al. (2011) y cumplen el objetivo planteado en el “Proyecto 10-MIL” del INIA (Fariña, 2018) de producir 1000 kg de sólidos por ha VM por año en un sistema con diferentes biotipos que combinan estrategias de alimentación diferentes.

4.3.3.2. Producción individual de grasa

La carga no tuvo efecto significativo ($p < 0,9737$), ni tampoco la interacción carga por mes ($p < 0,2943$) sobre los kg de grasa producidos por vaca, siendo el promedio de ambas cargas 0,87 kg/VO/día. El único efecto existente es el del mes ($p < 0,0001$) según el anexo No. 3. Así mismo Baudracco et al. (2011) reportaron que no existieron diferencias en producción individual de grasa para dos cargas de 1,6 vacas/ha y 2,1 vacas/ha. Chataway et al. (2010) reportaron una producción de grasa similar a la del presente experimento de 0,85 kg grasa/vaca/día para una carga de 1,9 vacas/ha. Por otro lado Macdonald et al. (2008) encontraron diferencias significativas en la producción de grasa de 0,80 a 0,68 kg grasa/vaca/día al aumentar de 2,2 a 4,3 vaca/ha.

4.3.3.3. Producción individual de proteína

La producción individual de proteína no se vio afectada por la carga ($p < 0,1607$), a diferencia de lo reportado por Baudracco et al. (2011) donde sí encontraron una menor producción individual al aumentar la carga de 1,6 vaca/ha a 2,1 vaca/ha.

El promedio de proteína para ambas cargas durante el período experimental estuvo en torno a 0,73 kg proteína/vaca/día, valor superior al reportado por Chataway et al. (2010) de 0,65 kg proteína/vaca/año para una carga de 1,9 vacas/ha. En otro experimento se encontró que al pasar de 2,2 a 4,3 vacas/ha sí hubieron diferencias significativas, con una caída de la producción de proteína de 0,60 a 0,52 kg proteína/vaca/día (Macdonald et al., 2008).

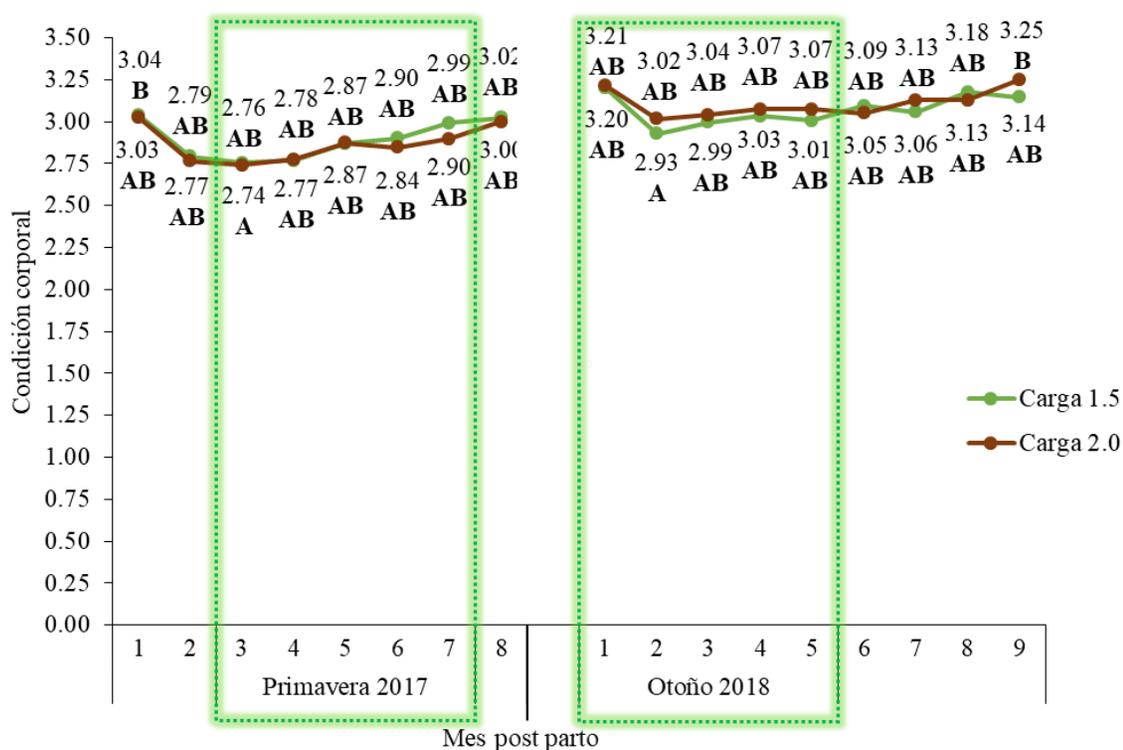
Cuando el análisis de producción se realiza entre meses (ver anexo No. 4) se observa que no hubo efecto de la interacción carga por mes ($p < 0,2193$) pero si existen diferencias significativas, producto del efecto mes ($p < 0,0001$).

A diferencia de los datos reportados por Macdonald et al. (2008), en el presente experimento el hecho de que no existan diferencias significativas en la producción individual de grasa y proteína, es considerado un efecto positivo, ya que los sólidos grasa y proteína no solo aumentaron por hectárea sino que se mantuvo la producción individual al incrementar la carga.

Tanto para la grasa como la proteína la ausencia de diferencias entre tratamientos se explica porque la composición individual de la dieta es muy similar para ambas cargas.

4.4. EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

Figura No. 12. Condición corporal por mes post parto por tratamiento



Significancia ($p < 0,05$). La fecha promedio de parto para el 2017 fue el 23/04/2017, mientras que para el 2018 fue el 25/03/2018. Los recuadros verdes punteados muestran el período experimental para primavera 2017 y otoño 2018.

En la figura No. 12 se ve que no hay efecto de la carga sobre la CC para la primavera 2017 ($p < 0,5283$) y tampoco para el otoño 2018 ($p < 0,2001$).

La condición corporal se mantuvo sin grandes cambios a lo largo de la lactancia variando en 0,25 alrededor de 3, asimismo Baudracco et al. (2011) también reportaron una variación de 0,25 en la CC a lo largo de la lactancia para 3 tratamientos de cargas distintas.

Cuando las vacas tienen una CC extrema, ya sea alta o baja (<3,00 o >4,00) al momento del parto, están en riesgo de sufrir desórdenes metabólicos y enfermedades infecciosas, ya que presentan partos distócicos y posteriormente bajas tasas de concepción (Ferguson y Otto, 1989).

En esta línea Gallardo, Corbellini, Monfore, citados por Helguero et al. (2006) afirman que la condición corporal óptima al momento del parto es de 3,5 y durante los 2 meses post parto no debe ser inferior a 2,5. Por otro lado González y Goicochea, citados por Helguero et al. (2006) reportan que al finalizar la primera etapa de la lactancia (2 meses post parto), la condición corporal no debe ser menor de 3 o 2,5 de la escala. Estos datos concuerdan con lo presentado en este trabajo por lo que la CC no estaría afectando la performance productiva.

4.5. PESO PROMEDIO POR HECTÁREA

Cuadro No. 6. Carga animal en peso vivo por hectárea

Carga	PV/ha PP (kg)
1.5	716.99 A
2.0	959.58 B

Significancia ($p < 0,05$).

Hay un efecto de la carga sobre el peso por hectárea ($p < 0,0001$), de acuerdo al cuadro No. 6 el peso promedio durante todo el período experimental fue significativamente superior para la carga 2 VO/ha PP.

5. CONCLUSIONES

La producción de forraje por hectárea PP, fue alta si se compara con datos reportados a nivel nacional para ambos tratamientos (1,5 VO/ha PP y 2,0 VO/ha PP) y no se encontraron diferencias entre sí. La cosecha directa de pasturas por hectárea fue significativamente superior para el tratamiento con mayor carga (2,0 VO/ha PP), además la eficiencia de cosecha fue alta y similar para ambas cargas producto de la cosecha mecánica.

Por otro lado el aumento de la carga significa un incremento significativo en el uso de suplementos por hectárea, concluyendo que si bien la carga 2,0 VO/ha PP cosecha más pasto directamente, el aumento de la carga implica un mayor uso de suplementos, lo que acarrea un efecto en los costos de alimentación por hectárea.

En cuanto a la producción de leche y sólidos por hectárea se concluye que la carga de 2,0 VO/ha PP produce más que la carga 1,5 para todo el período experimental. Este aumento en la producción por hectárea está explicado por la carga pero también por un incremento de la producción individual, este último a su vez está explicado por el incremento en el consumo de materia seca (reservas) por vaca con el aumento de la carga.

Ambos sistemas presentan pro y contras, por lo que la elección de uno sobre el otro dependerá de los objetivos de cada productor y la coyuntura socio-económica.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro Regional Sur, ubicado en el departamento de Canelones, Uruguay. El período experimental tuvo una duración de 244 días, abarcando datos obtenidos en dos períodos comprendidos entre el 01 de agosto de 2017 al 31 de noviembre de 2017 y desde el 01 de marzo de 2018 al 30 de junio de 2018. Se trabajó con dos niveles de carga 1,5 y 2,0 VO/ha PP, en cada uno de ellos se distribuyeron 24 vacas al azar (según fecha parto, producción número de lactancias, PV y CC), que pastorearon en 16 y 12 ha respectivamente. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de la carga animal sobre las variables físicas en sistemas pastoriles de alta carga para las estaciones de otoño y primavera. La producción de forraje no presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo las producciones de 7330 y 6478 kg MS/ha PP para las cargas 1,5 y 2,0 VO/ha PP respectivamente para el período de 244 días. En lo que respecta a la eficiencia de cosecha directa acumulada, la carga 2,0 VO/ha PP fue un 20% superior a la carga 1,5 VO/ha PP. Sin embargo, al pasar de 1,5 a 2,0 VO/ha PP, el consumo de reservas y concentrado por hectárea aumentó un 83% y 33% respectivamente. La producción de leche por hectárea para el período de 244 días fue de 10453 L/ha para la carga 2,0 VO/ha PP, siendo significativamente superior a los 7535 L/ha de la carga 1,5 VO/ha PP. Al igual que para la producción de leche por hectárea existió un efecto de la carga ($p < 0,0001$) sobre la producción de sólidos por hectárea. Los valores del tratamiento 2,0 VO/ha PP (786 kg/ha PP) fueron significativamente mayores a los del tratamiento 1,5 VO/ha PP (578 kg/ha PP). En resumen los sistemas de alta carga presentan mayor producción de leche por hectárea, acompañado de una mayor complejidad del sistema y un incremento en el uso de los suplementos.

Palabras clave: Carga; Pastoreo; Producción de leche; Producción de pasturas.

7. SUMMARY

The present work was executed in the South Regional Center, located in the department of Canelones, Uruguay. The experimental period lasted 244 days, covering data obtained in two periods from August 1^{st.}, 2017 to November 31^{st.}, 2017 and from March 1^{st.}, 2018 to June 30^{th.}, 2018. Two stocking rates (SR) were used, 1,5 and 2,0 cows/ha PP, in each one of them 24 cows were randomly distributed (according to calving date, production number of lactations, live weight and body condition score), which grazed in 16 and 12 ha respectively. The goal of the experiment was to evaluate the effect of the animal stocking rate on the physical variables in high stocking rate grazing systems for the autumn and spring seasons. The forage production did not present significant differences between treatments, being the productions of 7330 and 6478 kg DM/ha PP for 1,5 and 2,0 cows/ha PP respectively for the period of 244 days. The direct harvest efficiency for 2,0 cows/ha PP SR was 20% higher than the 1,5 cows/ha PP SR. However, when going from 1,5 to 2,0 cows/ha PP, the consumption of reserves and concentrate per hectare increased by 83% and 33% respectively. The milk production per hectare for the period of 244 days was 10453 L/ha for the 2,0 cows/ha PP SR, being significantly higher than the 7535 L/ha for the 1,5 cows/ha PP SR. Like the production of milk per hectare, there was an effect of the SR ($p < 0.0001$) on the production of solids per hectare. The values of the 2,0 cows/ha PP treatment (786 kg/ha PP) were significantly higher than those of the 1,5 cows/ha PP treatment (578 kg/ha PP). In summary, high SR systems present higher milk production per hectare, accompanied by a greater complexity of the system and an increase in the use of supplements.

Keywords: Stocking rate; Grazing; Milk production; Pasture production.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allden, W. G.; Whittaker, I. A. McD. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: interrelationship of factors influencing herbage intake availability. *Australian Journal of Agricultural Science*. 21:755-766.
2. Altamirano, A.; da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, Uruguay, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. Astigarraga, L. 2004. Intensificación en la lechería, la alternativa rentable: desafíos técnicos de la intensificación. In: Astigarraga, L.; Caravia, D.; Fossatti, M.; Nicoli, J.; Pisciotano, R.; Ripoll, G.; Simson, A. eds. *Intensificación en lechería: la alternativa rentable*. Montevideo, INIA. pp. 25-37 (FPTA no. 101).
4. Barker, D. J.; Chu, A. C. P.; Korte, C. J. 1985. Some effects of spring defoliation and drought on perennial ryegrass swards. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 46:57-63.
5. Barret, P. D.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; Christie, H. 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science*. 56(4):362-373.
6. Basigalup, D. H.; Ustarroz, E. 2007. Grazing alfalfa systems in the Argentinean Pampas. In: *California Alfalfa and Forage Symposium (37th, 2007, Monterey, CA)*. Proceedings. Monterey, California, University of California. pp. 53-62.
7. Baudracco, J.; López-Villalobos, N.; Holmes, C. W.; Macdonald, K. A. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. (en línea). *New Zealand Journal Agricultural Research*. 53(2):109-133. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
8. _____.; _____.; Romero, L. A.; Scandolo, D.; Maciel, M.; Comeron, E. A.; Holmes, C. W.; Barry, T. N. 2011. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 168:131-143.
9. Bell, C. C.; Ritchie, I. M. 1989. The effect of frequency and height of defoliation on the production and persistence of 'Grasslands Matua' prairie grass. *Grass and Forage Science*. 44(2):245-248.

10. Bryan, W. B.; Prigge, E. C.; Lasat, M.; Pasha, T.; Flaherty, D. J.; Lozier, J. 2000. Productivity of Kentucky Bluegrass Pasture Grazed at Three Heights and Two Intensities. *Agronomy Journal*. 92:30-35.
11. Cajarville, C.; Mendoza, A.; Santana, A.; Repetto, J. L. 2012. En tiempos de intensificación productiva...¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*. 48 (supl. 1):35-39.
12. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para la producción de forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
13. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R.; Bidegain, M. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193).
14. Chapman, D. F.; Kenny, S. N.; Beca, D.; Johnson, I. R. 2008. Pasture and forage crops systems for non-irrigated dairy farms in southern Australia. 1. Physical production and economic performance. *Agricultural Systems*. 97:108-125.
15. _____.; Tharmaraj, J.; Agnusdei, M.; Hill, J. 2012. Regrowth dynamics y grazing decision rules: Further analysis for dairy production systems based on perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*) pastures. *Grass and Forage Science*. 67(1):77-95.
16. Chataway, R. G.; Walker, R. G.; Callow, M. N. 2010. Development of profitable milk production systems for northern Australia: a field assessment of the productivity of five potential farming systems using farmlets. *Animal Production Science*. 50:246-264.
17. 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^{as.}, 1998, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-18.
18. _____. 1999. Grazing Time: the missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches. PhD. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Agricultural University. 190 p.
19. _____.; Ibarra, D.; Zibil, S.; Laborde, D. 2003. Informe final 2002. Montevideo, CONAPROLE. 28 p.

20. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O. 2005a. ¿Genera el ayuno, señales que modifiquen el comportamiento ingestivo y la performance productiva en vacunos? *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (33^{as.}, 2005, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp.111-120.*
21. _____.; Gibb, M. J.; Tamminga, S. 2005b. Pasture characteristics and animal performance. *In: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Wallingford, Oxon, CABI. pp. 681-706.*
22. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Robinson, P. H. 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture. 47:1075-1084.*
23. _____.; Artagaveytia, J.; Guidice, G. 2010. Rol del riego en sistemas pastoriles de producción de leche: ruta de intensificación o estabilizador del sistema. *In: Seminario Internacional de Riego en Cultivos y Pasturas (1^{o.}, 2010, Paysandú). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 155-164.*
24. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (39^{as.}, 2011, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-17.*
25. _____.; _____.; _____. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. *Cangüé. no. 32:1-7.*
26. _____.; Battezzore, G. 2014a. Proyecto de producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
27. _____. 2014b. Redes para la innovación: postulación RTS_1_2014_1. (en línea). Montevideo, Uruguay, ANII. 107 p. Consultado 25 may. 2020. Disponible en <http://www.spluy.com/documentos/proyectos/redes.pdf>
28. _____. 2015. Carga o productividad individual? Pasto o concentrado?: mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. *In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (43^{as.}, 2015, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 158-162.*
29. _____.; Battezzore, G. 2019. Proyecto de producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.

30. Chomicz, J.; Gambuzzi, E. L. 2007. Recientes cambios y posibles rumbos tecnológicos del tambo argentino. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(1):322-323.
31. CONAPROLE (Cooperativa Nacional de Productores de Leche, UY). 2017. El pasto en el tambo: la rotación forrajera. *El Pasto en el Tambo*. no. 12. 22 p.
32. Cullen, B. R.; Chapman, D. F.; Quigley, P. E. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*. 61(4):405-412.
33. Custodio, D.; Ortega, G.; López, Y.; Nuñez, T.; Mello, R.; Chilibroste, P. 2018. Effect of stocking rate on feeding strategies and individual milk production of autumn calving grazing dairy cows. *In: American Dairy Science Association Annual Meeting (2018, Knoxville, Tennessee). Abstracts*. Champaign, Illinois, American Dairy Science Association. p. 291.
34. Danelón, J. L.; Locatelli, M. L.; Gallardo, M.; Guaita, S. 2002. Herbage intake and ruminal digestion of alfalfa: a comparison between strip and zero grazed dairy cows. *Livestock Production Science*. 74(1):79-91.
35. Davidson, J. L.; Milthorpe, F. L. 1966. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Annals of Botany*. 30(118):185-198.
36. Davies, A. 1965. Carbohydrate levels and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*. 65:213-221.
37. Dillon, P.; Roche, J. R.; Shalloo, L.; Horan, B. 2005. Optimizing financial return from grazing in temperate pastures: *In: International Grassland Congress (20th, 2005, Cork, Ireland). Proceedings*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. pp. 131-147.
38. Di Marco, O. N.; Aello, M. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. *Balcarce. INTA*. 6 p.
39. Dini, Y.; Gere, J.; Briano, C.; Manetti, M.; Juliarena, P.; Picasso, V.; Gratton, R.; Astigarraga, L. 2012. Methane emission and milk production of dairy cows grazing pastures rich in legumes or rich in grasses in Uruguay. (en línea). *Animals (Basel)*. 2:288-300. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <https://www.mdpi.com/2076-2615/2/2/288>
40. Ernst, O.; Zibil, S. s.f. Uso del suelo en los sistemas de producción lechera de la cuenca Sur. *In: Ibarra, D. ed. Identificación de fugas de eficiencia y*

validación de estrategias de manejo en los sistemas de producción de leche de bajo costo. Montevideo, INIA. pp. 45-59 (FPTA no. 155).

41. _____. 2004. Uso de suelo en los tambos relevados. In: Ibarra, D. ed. Proyecto interacción alimentación producción: informe final 2003. Montevideo, FA. EEMAC/CONAPROLE. pp. 19-25.
42. Fales, S. L.; Muller, L. D.; Ford, S. A.; O'Sullivan, M.; Hoover, R. J.; Holden, L. A.; Lanyon, L. E.; Buckmaster, D. R. 1995. Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed pasture system. *Journal of Production Agriculture*. 8(23-24):88-96.
43. Fariña, S. R.; Tuñón, G. 2016. Tiempo de aprovechar el pasto. Colonia, INIA. 6 p.
44. _____. 2018. PROYECTO 10-MIL Módulos de intensificación lechera. (en línea). *Revista INIA*. no. 53:22-26. Consultado 26 jun. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista-INIA-53-Junio-2018.pdf>
45. _____.; Chilibroste, P. 2019. Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: the case of farm systems in Uruguay. In: Martin, G.; Nicholson, C. F.; Rodriguez, D.; Stephens, E.; Tittonell, P. eds. *Agricultural Systems*. Amsterdam, Elsevier. pp. 1-9.
46. Ferguson, J. D.; Otto, K. A. 1989. Managing body condition in dairy cows. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers (1989, Ithaca, NY). *Proceedings*. Ithaca, NY, Cornell University. pp. 75-87.
47. Ferrero, A. 2010. El pastoreo y su impacto en la receptividad de los sistemas lecheros. *Producir XXI*. 18(220):55-60.
48. Fisher, G. E.; Dowdeswell, A. M.; Perrot, G. 1996. The effects of sward characteristics and supplement type on the herbage intake and milk production of summer-calving cows. *Grass and Forage Science*. 51(2):121-130.
49. Forbes, J. M. 2007. Integrative theories of food intake control. In: Forbes, J. M. ed. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, CABI. pp. 188-203.
50. Forbes, T. D. A. 1998. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal of Animal Science*. 66:2369-2379.

51. Formoso, F. 2008. Principales variables a considerar para aumentar la eficiencia de la producción y utilización de forraje, especialmente durante otoño e invierno. In: Jornada de Producción Animal (2008, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-20 (Actividades de Difusión no. 532).
52. _____. 2009. Aspectos a considerar para mejorar la producción y utilización de forraje durante otoño e invierno. *Revista INIA*. no. 17:41-47.
53. Fulkerson, W. J.; Slack, K.; Lowe, K. F. 1994. Variation in the response of *Lolium* genotypes to defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 45:1309-1317.
54. _____. ; _____. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. 50(1):16-20.
55. _____.; Trevaskis, L. M. 1997. Limitations to milk production from pasture. In: Corbett, J. L.; Choct, M.; Nolan, J. V.; Rowe, J. B. eds. *Recent advances in animal nutrition in Australia '97*. Armidale, UNE. pp. 159-165.
56. _____.; Donaghy, D. J. 2001. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41:261-275.
57. Ganzábal, A.; Ruggia, A.; De Miquelerena, J. 2003. Producción de corderos en sistemas intensivos. In: Jornada de Producción Ovina Intensiva (2003, La Estanzuela, Colonia). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-7 (Actividades de Difusión no. 342).
58. García, S.; Fariña, S. 2010. ¿Hasta dónde intensificar en sistemas “extensivos” de producción de leche? Parte 1 y 2: Manejo de pasturas y suplementación. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (38^{as.}, 2010, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 52-59.
59. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15(76):663-670.
60. Helguero, P. S.; García, A.; Triay, M. A. 2006. Etapa de transición y la condición corporal después del parto. (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria*. 7(10):1-7. Consultado 28 may. 2020. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617167015.pdf>

61. Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34(1):11-18.
62. _____.; White, J. 2000. *New Zealand pasture and crop science*. Oxford, UK, Oxford University. 336 p.
63. Holmes, C. W.; Roche, J. R. 2007. Pastures and supplements in dairy production systems. *In*: Rattray, P. V.; Brookes, I. M.; Nicol, A. M. eds. *Pastures and Supplements for Grazing Animals*. Hamilton, New Zealand, New Zealand Society of Animal Production. pp. 221-242 (Occasional Publication no. 14).
64. Hume, D. E. 1991. Effect of cutting on production and tillering in prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) compared to two ryegrass (*Lolium*) species. 1. Vegetative plants. *Annals of Botany*. 67:533-541.
65. Kellaway, R.; Porta, S. 1993. *Feeding concentrates: supplements for dairy cows*. Melbourne, Victoria, Agmedia. 176 p.
66. King, J. R.; Scott, J. M.; Boschma, S. P. 1997. Forage persistence under extremes of cold and drought. (en línea). *In*: International Grassland Congress (18th., 1997, Winnipeg, Manitoba). Proceedings. Winnipeg, Manitoba, s.e. pp. 403-410. Consultado 3 mar. 2020. Disponible en <https://www.internationalgrasslands.org/publications>
67. King, K. R.; Stockdale, C. R. 1980. The effects of stocking rate and nitrogen-fertilizer on the productivity of irrigated perennial pasture grazed by dairy-cows. 2. Animal production. *Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 20:537-542.
68. Kolver, E. S.; Muller, L. D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81(5):1403-1411.
69. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Seligman, N.; Demment, M. W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47(1):91-102.
70. Lazzarini, B.; Baudracco, J.; Lvino, D.; Demarchi, E.; Jauregui, J. 2015. Evolución de la suplementación, el consumo de pastura y la producción de Leche en sistemas lecheros de Argentina. *Revista FAVE Ciencias Agrarias*. 13:73-78.
71. Leaver, J. D. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *Journal of Dairy Research*. 52:313-344.

72. Leborgne, R. 2014. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros: producción de pasturas. 2^a. ed. corr. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 54 p.
73. Lee, J. M.; Donaghy, D. J.; Roche, J. R. 2008. Effect of defoliation severity on regrowth and nutritive value of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) dominant swards. *Agronomy Journal*. 100(2):308-314.
74. Ludi, E.; Mancuso, W. A. 2011. Forrajes conservados a partir de excedentes primaverales de pasturas y verdeos. (en línea). *Todo Agro*. no. 335. 3 p. Consultado 3 mar. 2020. Disponible en <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=18037>
75. McCall, D. G.; Clark, D. A. 1999. Optimized Dairy Grazing Systems in the Northeast United States and New Zealand. II. System Analysis. *Journal of Dairy Science*. 82(8):1795-1807.
76. Macdonald, K. A. 1999. Determining how to make inputs increase your economic farm surplus. *In: Ruakura Dairy Farmer's Conference (51th., 1999, Hamilton)*. Proceedings. Hamilton, NZ, Dairy Research Corporation. pp. 78-87.
77. _____.; Penno, J. W.; Nicolas, P. K.; Life, J. A.; Coulter, M.; Lancaster, J. A. 2001. Farm systems-impact of stocking rate on dairy farm efficiency. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 63: 223-227.
78. _____.; _____.; Lancaster, J. A. S.; Roche, J. R. 2008. Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*. 91(5):2151-2163.
79. McGilloway, D. A.; Mayne, C. S. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. *In: Garnsworthy, P. C.; Wiseman, J.; Haresign, W. eds. Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham, Nottingham University. pp. 135-169.
80. McMeekan, C. P.; Walshe, M. J. 1963. Inter-relationships of grazing methods and stocking rate in efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *Journal of Agricultural Science*. 61:47-166.
81. Malcolm, L. R.; Sinnett, A. 2007. Future Productivity and Growth in Dairy Farm Businesses in New Zealand: the Status Quo is not an option. *Australian Agribusiness Perspectives*. 73:10-23.

82. Mayne, C. S.; Wright, I. A.; Fisher, G. E. J. 2000. Grassland management under grazing and animal response. *In*: Hopkins, A. ed. Grass: its production and utilization. Oxford, UK, British Grassland Society. pp. 247-291.
83. Mertens, D. R. 1996. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. *Annales de Zootechnie*. 45 (supl. 1):153-164.
84. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Anuario estadístico agropecuario 2013. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2013/DIEA_Anuario_2013.pdf
85. _____. _____. 2017. Estadísticas del sector lácteo 2017. (en línea). Montevideo. 39 p. (Serie Trabajos Especiales no. 354). Consultado 30 may. 2019. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/informe_final.pdf
86. _____. _____. 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. (en línea). Montevideo. 210 p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf
87. _____. _____. 2019. Anuario estadístico agropecuario 2019. (en línea). Montevideo. 255 p. Consultado 25 may. 2020. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>
88. Miettinen, P. V. A. 1995. Prevention of bovine ketosis with glucogenic substance and its effect on fertility in finnish dairy cows. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*. 108:14-19.
89. Mitchell, K. J. 1953. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium spp.*). I. Pattern of vegetative development. *Physiologia Plantarum*. 6:21-46.
90. Nie, Z. N.; Ward, G. N.; Michael, A. T. 2001. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil in South-western Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research*. 52:37-43.
91. Ortega, G.; Nuñez, T.; Custodio, D.; Mello, R.; López, Y.; Chilibroste, P. 2018. Effect of stocking rate on pasture production and utilization on a grazing dairy system during winter and spring. *In*: American Dairy Science

Association Annual Meeting (2018, Knoxville, Tennessee). Abstracts. Champaign, Illinois, American Dairy Science Association. p. 257.

92. Parsons, A. J.; Johnson I. R.; Harvey A. 1988. Use of a model to optimize the interaction between the frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*. 43(1):49-59.
93. _____.; Chapman, D. F. 2000. The principles of pasture growth and utilization. *In*: Hopkins, A. ed. *Grass: its production and utilization*. Oxford, Blackwell Science. pp. 31-89.
94. _____.; Edwards, G. R.; Newton, P. C. D.; Chapman, D. F.; Caradus, J. R.; Rasmussen, S.; Rowarth, J. S. 2011. Past lessons and future prospects: plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures. *Grass Forage Science*. 66(2):153-172.
95. Peyraud, J. L.; Delaby, L. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation interaction with grazing management and grass quality. *In*: Garnsworthy, P. C.; Wiseman, J. eds. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham, UK, Nottingham University. pp. 203-220.
96. Ramsbottom, G.; Horan, B.; Berry, D. P.; Roche, J. R. 2015. Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 98(5):3526-3540. Consultado 8 mar. 2020. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25747836/>
97. Richards J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *In*: *International Grassland Congress (17th, 1993, Palmerston North)*. Proceedings, Wellington, New Zealand, SIR. pp. 85-94.
98. Silbermann, A.; Mendoza, A.; Chilibroste, P. 2005. Capacidad de carga en establecimientos lecheros durante el período otoño invernal. *Cangüé*. no. 27:38-42.
99. Stockdale, C. R.; King, K. R. 1980. The effects of stocking rate and nitrogen fertilizer on the productivity of irrigated perennial pasture grazed by dairy cows. 1. Pasture production, utilization and composition. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 20:529-536.
100. _____. 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in Northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40:913-921.

101. Taverna, M. A.; Nari, J.; Charlón, V.; Quaino, O. 1997. Efecto de distintas distancias de desplazamientos diarios de vacas lecheras sobre la producción y la sanidad de ubre y patas. (en línea). INTA. Rafaela. Publicación Miscelánea. no. 89. s.p. Consultado 3 jun. 2020. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/productores97_98/prod_p67.htm
102. Troughton, A. 1957. The Underground Organs of Herbage Grasses. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux. 163 p. (Bulletin no. 44).
103. Turner, L. R.; Donaghy, D. J.; Lane, P. A.; Rawnsley, R. P. 2006. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. Grass and Forage Science. 61(2):164-174.
104. Valentine, S.; Lewis, P.; Cowan, R. T.; DeFaveri, J. 2009. The effects of high stocking rates on milk production from dryland and irrigated Mediterranean pastures. Animal Production Science. 49:100-111.
105. Van Loo, E. N. 1992. Tillering, leaf expansion and growth of plants of two cultivars of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potentials. Annals of Botany. 70:511-518.
106. Virkajärvi, P.; Sairanen, A.; Nousiainen, J. I.; Khalili, H. 2002. Effect of herbage allowance on pasture utilization, regrowth and milk yield of dairy cows in early, mid and late season. Animal Feed Science and Technology. 97:23-40.
107. Voisin, A. 1959. Grassland Productivity. London, UK, Crosby-Lockwood. 353 p.
108. Wales, W. J.; Doyle, P. T.; Dellow, D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances in summer and autumn. Australian Journal of Experimental Agriculture. 38:451-460.
109. _____; Marett, L. C.; Greenwood, J. S.; Wright, M. M.; Thornhill, J. B.; Jacobs, J. L.; Ho, C. K. M.; Auld, M. J. 2013. Use of partial mixed rations in pasture-based dairying in temperate regions of Australia. Animal Production Science. 53:1167-1178.

110. Wilson, D. B.; Robson, M. J. 1970. Regrowth of S24 ryegrass and its relation to yield measurement of grazed swards. *Journal of the British Grassland Society*. 25:220-227.
111. Zanoniani, R.; Zibil, S. s.f. Efecto del control de la intensidad de defoliación sobre producción de forraje en sistemas comerciales In: Ibarra, D. ed. Identificación de pérdidas de eficiencia y validación de estrategias de manejo en los sistemas de producción de leche de bajo costo. Montevideo, INIA. pp. 2-18 (FPTA no. 155).
112. _____.; _____.; Ernst, O.; Chilibroste, P. 2004. Manejo del pastoreo y producción de forraje: resultados del monitoreo realizado durante el año 2003. In: Ibarra, D. ed. Proyecto interacción alimentación reproducción: informe final 2003. Montevideo, FA. EEMAC/CONAPROLE. pp. 25-33.
113. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(3):26-30.
114. Zibil, S.; Zanoniani, R.; Bentancur, O.; Ernst, O; Chilibroste, P. 2016. Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*. 44:45-53.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Oferta y consumo de reservas para todos los tratamientos para el período experimental

		Tratamientos	
		1,5 VO/ha PP	2,0 VO/ha PP
Oferta (kg MS/ha PP)	Ensilaje	1288	1728
	Fardo y silo pack	827	1606
Consumo (kg MS/ha PP)	Ensilaje	758	1103
	Fardo y silo pack	256	722
Utilización total (%)		48%	55%

Anexo No. 2. Cuadro de consumo individual (kg MS/día) de forraje y reserva por carga y estación

		Tratamientos	
		1,5 VO/haPP	2,0 VO/haPP
Consumo de forraje individual (kg MS/día)	Primavera 2017	10,30 B	9,94 B
	Otoño 2018	5,82 A	5,96 A
Consumo de reserva individual (kg MS/día)	Primavera 2017	1,03 A	2,59 B
	Otoño 2018	3,96 C	4,31 C

Significancia ($p < 0,05$).

Anexo No. 3. Producción de grasa individual (kg/día) promedio mensual por tratamiento

Año	2017				2018			
	8	9	10	11	3	4	5	6
Carga 1.5 (kg/día)	0.99 b	0.77 ab	0.94 b	0.84 b	0.84 b	0.82 b	0.85 b	0.87 b
Carga 2.0 (kg/día)	0.99 b	0.88 b	0.98 b	0.84 b	0.56 a	0.87 b	0.91 b	0.92 b

Significancia ($p < 0,05$).

Anexo No. 4. Producción de proteína individual (kg/día) promedio mensual por tratamiento

Año	2017				2018			
	8	9	10	11	3	4	5	6
Carga 1.5 (kg/día)	0.84 de	0.64 ab	0.70 bc	0.72 bcd	0.65 ab	0.74 bcd	0.67 b	0.78 bcde
Carga 2.0 (kg/día)	0.88 e	0.70 bc	0.74 bcd	0.71 bcd	0.54 a	0.77 bcde	0.75 bcde	0.81 cde

Significancia ($p < 0,05$).

Anexo No. 5. Análisis de varianza de producción de leche individual

Titular	Variable	N	R ²	R ² Aj.	CV
Si	Litros	1311	0.21	0.2	23.31

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef.
Modelo	8289.92	16	518.12	21.24	<0.0001	
Carga	150.30	1	150.30	6.16	0.0132	
Mes	2879.90	7	411.41	16.87	<0.0001	
DPP	756.90	1	756.90	31.04	<0.0001	-0.03
Carga*mes	207.18	7	29.60	1.21	0.2919	
Error	31558.64	1294	24.39			
Total	39848.56	1310				

Anexo No. 6. Análisis de varianza de producción de leche por hectárea de plataforma de pastoreo

Titular	Variable	N	R ²	R ² Aj.	CV
Si	Litros/ha	1311	0.41	0.41	23.97

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef.
Modelo	71256.53	16	4453.53	56.94	<0.0001	
Carga	39971.83	1	39971.83	511.04	<0.0001	
Mes	8811.42	7	1258.77	16.09	<0.0001	
DPP	2052.26	1	2052.26	26.24	<0.0001	-0.04
Carga*mes	1239.35	7	177.05	2.26	0.0272	
Error	101212.84	1294	78.22			
Total	172469.37	1310				

Anexo No. 7. Análisis de varianza de la producción de grasa

Titular	Variable	N	R ²	R ² Aj.	CV
Si	grasa kg	1151	0.12	0.11	30.31

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef.
Modelo	11.57	16	0.72	9.95	<0.0001	
Carga	-7.9E-05	1	-7.9E-05	-1.1E-03	0.9737	
Mes	4.27	7	0.61	8.39	<0.0001	
DPP	1.40	1	1.40	19.32	<0.0001	-1.2E-03
Carga*mes	0.62	7	0.09	1.21	0.2943	
Error	82.43	1134	0.07			
Total	94.00	1150				

Anexo No. 8. Análisis de varianza de la producción de proteína

Titular	Variable	N	R ²	R ² Aj.	CV
Si	prot kg	1151	0.23	0.22	20.67

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef.
Modelo	8.04	16	0.50	21.23	<0.0001	
Carga	0.05	1	0.05	1.97	0.1607	
Mes	4.18	7	0.60	25.22	<0.0001	
DPP	0.40	1	0.40	17.06	<0.0001	-6.5E-04
Carga*mes	0.23	7	0.03	1.36	0.2193	
Error	26.85	1134	0.02			
Total	34.89	1150				