

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

GASTO ENERGÉTICO EN VACA LECHERA PASTOREANDO FESTUCA

por

Yanet Belén MORALES GARCÍA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Mariana Carriquiry

Ing. Agr. PhD. Diego Mattiauda

Ing. Agr. MSc. Daniel Talmón

Ing. Agr. Hernán Bueno

Fecha: 30 de agosto de 2022

Autora:

Yanet Belén Morales García

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres por apoyarme en toda la carrera y en la vida, a mis abuelas y a toda mi familia. A Adrián, a mis amigas Camila, Valentina y Victoria y a mis compañeros de Facultad que me acompañaron en todos estos años.

También quiero agradecer a mi tutora de tesis Mariana Carriquiry por los conocimientos transmitidos y a mi cotutor de tesis Hernán Bueno, que estuvo acompañándome y colaborando conmigo durante toda la elaboración de la tesis.

A todos, muchas gracias por acompañarme.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	V
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. CONCEPTOS DE BIOENERGÉTICA.....	2
2.1.1. <u>Definición de energía</u>	2
2.1.2. <u>Partición de la energía consumida en el organismo animal</u>	2
2.1.3. <u>Requerimiento energético de vacas lecheras en pastoreo</u>	5
2.2. CONSUMO EN PASTOREO	6
2.3. GRAMÍNEAS PERENNES E INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN.....	8
2.4. HIPÓTESIS.....	11
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	12
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	12
3.3. MANEJO	13
3.4. MEDICIONES EXPERIMENTALES.....	15
3.4.1. <u>Cálculos y análisis estadístico</u>	17
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	19
4.1. RESPUESTA PRODUCTIVA.....	19
4.2. PARTICIONAMIENTO DE LA ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	21
5. <u>CONCLUSIONES</u>	25
6. <u>RESUMEN</u>	26
7. <u>SUMMARY</u>	27
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	28

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de la altura post-pastoreo sobre la proporción de estructura baja (LS), estructura media (MS) y estructura alta (HS) y características nutricionales de la pastura seleccionada.....	14
2. Producción y composición de leche, y energía retenida en leche (ERleche) de vacas Holando pastoreando <i>Festuca arundinacea</i> hasta alcanzar 9, 12 y 15 cm de altura de pastura remanente.....	21
3. Partición de energía y eficiencia energética de vacas Holando pastoreando <i>Festuca arundinacea</i> hasta alcanzar 9, 12 y 15 cm de altura de pastura remanente.....	22
 Figura No.	
1. Distribución de la energía de los alimentos en el animal.....	3
2. Factores que determinan el consumo en pastoreo.....	7
3. Croquis del experimento con distribución de los tratamientos (TL, TM y TC).....	13
4. Protocolo experimental.....	15

1. INTRODUCCIÓN

La lechería comercial en Uruguay se realiza en predios lecheros que tienen una superficie de 50 a 500 hectáreas, predominando el destino de la producción de leche a la remisión y venta directa, exportándose el 70% de la leche remitida a planta (INALE, 2014). Este fuerte componente de exportación hace que el sistema de producción de leche uruguayo deba tener la capacidad de producir a bajos costos de manera de competir internacionalmente como tomador de los precios del mercado.

En Uruguay predominan los sistemas pastoriles, ya que la producción bajo pastoreo no solo presenta beneficios económicos sino también ventajas sobre las necesidades de inversión, la calidad del producto, y el bienestar animal. Sin embargo, la inclusión del pastoreo en la dieta disminuye la eficiencia de producción de los sistemas lecheros ya que las vacas no pueden consumir altas cantidades de materia seca (MS) con relación a su potencial de producción lechera (Kolver y Muller, 1998) y aumenta los costos energéticos de mantenimiento por actividad de pastoreo y caminata (Jasinsky, 2019a) determinando que una menor proporción de la energía metabolizable (EM) consumida sea destinada a la producción de leche.

En este contexto, el manejo del pastoreo de pasturas sembradas, a través de la altura remanente post-pastoreo, puede afectar no solo el consumo de MS y energía sino también los costos destinados a la actividad de pastoreo y por lo tanto aumentar la eficiencia de los sistemas lecheros.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres alturas post-pastoreo de una pastura de festuca (*Festuca arundinacea*) durante el pastoreo de primavera sobre el gasto energético de vacas Holando paridas en otoño. Como objetivos específicos se busca cuantificar la producción total de calor y la energía retenida total (ER total), así como la eficiencia energética de vacas Holando pastoreando diferentes intensidades de defoliación de *Festuca arundinacea* en primavera.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEPTOS DE BIOENERGÉTICA

2.1.1. Definición de energía

La energía se puede definir como la capacidad para realizar trabajo. Existen diferentes formas de energía, como química, térmica, eléctrica y radiante y pueden ser convertidas unas en otras a través de los medios adecuados; un ejemplo de esto es la energía radiante proveniente del sol que es utilizada por las plantas para producir sustancias complejas, quedando almacenada en el organismo vegetal de ese modo. Luego los animales consumen esos vegetales, los componentes de los mismos se degradan o digieren el tracto gastrointestinal, liberando finalmente la energía, que a su vez es utilizada en el metabolismo animal para sus propias necesidades como son el trabajo mecánico, el transporte de sustancias, el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares, los procesos de síntesis y para suministrar calor si las condiciones ambientales donde se encuentra el animal lo requiere (McDonald et al., 2006). Los animales necesitan de los principales nutrientes orgánicos para emplearlos en la formación de los tejidos corporales, así como también para la síntesis de productos, como por ejemplo la leche; además, dichos nutrientes son necesarios como fuente de energía para los trabajos que realizan, estas funciones requieren la transferencia de energía (McDonald et al., 2006).

La energía aportada por los alimentos es prioritariamente destinada a cubrir las necesidades de mantenimiento del animal y así evitar el catabolismo de sus propios tejidos, mientras que el aporte de energía que excede las necesidades de mantenimiento es utilizada para la síntesis de tejidos y productos. El uso de la energía y su retención se diferencia entre otros factores según la edad del animal así como la principal función biológica realizada. Animales jóvenes, que se encuentran en la etapa de crecimiento retienen la energía esencialmente en la proteína nueva de sus tejidos, en cambio, los animales adultos acumulan mayor cantidad de energía en forma de grasa y finalmente las hembras lactantes transfieren la energía de los alimentos que consumen a la energía contenida en los componentes de la leche (McDonald et al., 2006).

2.1.2. Partición de la energía consumida en el organismo animal

La energía que es consumida por el animal a través de la alimentación no toda es usada para el mantenimiento y producción ya que hay parte de ésta que no se digiere o se pierde en el metabolismo (Figura 1). La energía total

consumida por el animal se denomina energía bruta (EB), se define como la cantidad de calor que se produce por la combustión total del alimento y se puede cuantificar mediante una bomba calorimétrica. De toda la energía consumida hay una parte de ésta que se pierde en las heces, es así que, del resultado de la resta de la EB y las heces se obtiene la energía digestible (ED), que corresponde a la energía que queda disponible luego de que el alimento es procesado por el tubo digestivo.

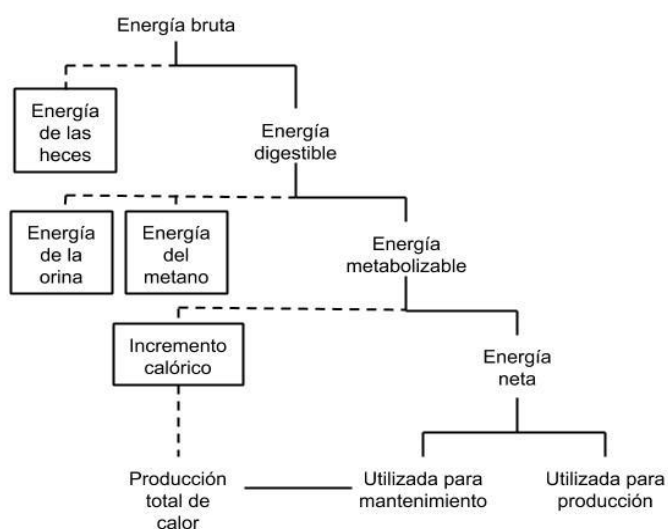


Figura 1. Distribución de la energía de los alimentos en el animal

Fuente: adaptado de McDonald et al. (2006).

A la ED también hay que descontarle una parte de la energía que se pierde en gases y orina, obteniéndose así, la energía metabolizable (EM). La EM se puede definir como la porción de energía que queda disponible para los procesos metabólicos. Las pérdidas de energía en orina dependen de la cantidad de proteína que haya en la dieta, de la relación energía/proteína y del equilibrio de aminoácidos; al aumentar el consumo de proteína o el desbalance energía:proteína o entre aminoácidos, las pérdidas en orina aumentan. Las pérdidas de energía en gases son afectadas por el nivel de fibra en la dieta ya que el gas metano se origina en la fermentación de la fibra, es decir de la fermentación de la celulosa donde se producen acético y butírico. Por otro lado, también depende de los aditivos que pueda haber en la dieta ya que estos favorecen la fermentación propiónica haciendo que disminuya la cantidad de metano.

Finalmente, a la EM se le descuenta el incremento calórico (IC) dando como resultado la energía neta (EN), definiéndose ésta como la porción de la energía consumida que es totalmente útil para el animal, la cual es utilizada en las funciones de mantenimiento o retenida en tejido o producto.

El IC mide el aumento de la producción de calor como resultado de la ingestión de alimentos, e incluye el calor producido en el metabolismo de los nutrientes, el calor de fermentación ruminal (producido por la acción microbiana), la energía utilizada en el trabajo del aparato digestivo (calor producido por la acción de las enzimas digestivas y de las acciones de masticación, rumia, digestión, etc.), calor producido por el metabolismo de los nutrientes (tanto para el mantenimiento del animal como para la síntesis de productos) y por último, el calor que participa en la excreción de desechos generados en el metabolismo. La EN será empleada por el animal para las funciones fisiológicas como las de mantenimiento (ENm), ganancia de peso (ER) o producción de leche (ENL).

La ENm comprende las funciones de metabolismo basal, la actividad voluntaria del animal y la termorregulación. Los gastos por mantenimiento se estiman como una proporción del peso metabólico que se calcula como el peso vivo (PV) del animal elevado a la 0.75 ($\text{peso metabólico} = \text{PV}^{0.75}$). No obstante, los gastos de mantenimiento varían con varios factores, como lo son la actividad metabólica del animal, la masa relativa de sus órganos y tejidos, su composición corporal que se alteran según la raza, el estado fisiológico y nivel nutrición y producción que tenga ese animal (NRC, 2001). En este sentido, Agnew y Yan (2000) mencionan que en todos los sistemas de energía utilizados actualmente, el requerimiento de energía para el mantenimiento está relacionado con el peso vivo de los animales, sin embargo, cada vez hay más pruebas que sugieren que la energía de mantenimiento depende de la composición corporal en lugar del peso vivo total.

Asimismo, Dong et al. (2015) realizaron un metanálisis de experimentos en cámara de calorimetría y mostraron que los requerimientos de EM para mantenimiento no eran constantes, sino que aumentaban con el consumo de EM y con la proporción de forraje de la dieta, aumentó proporcionalmente entre 0,065 y 0,062 MJ/kg^{0.75} por aumento de 1 unidad en el consumo de EM (MJ/kg^{0.75}), con una dieta con 463 g/kg MS de FDN en promedio.

A su vez Bruinenberg et al. (2002) señalan que el desequilibrio de la relación proteína:energía de los forrajes podría aumentar el gasto de mantenimiento debido al costo metabólico de eliminar el nitrógeno a través del ciclo de la urea.

Para el modelo NRC (2001) el requerimiento de energía neta para mantenimiento (ENm) de vacas lecheras se estima en $0.080 \text{ Mcal/kg PV}^{0.75}$. Sin embargo, para animales en pastoreo, no estabulados, este requerimiento se incrementa por actividad. El modelo NRC (2001) incrementa los requerimientos de ENm en $0.00045 \text{ Mcal/kg PV}$ por cada km caminado ya que considera que el costo extra de la actividad de las vacas en pastoreo se debe al traslado de estas entre la sala de ordeño y la pastura. El NRC (2001) indica que los costos de mantenimiento en animales en pastoreo pueden incrementarse debido a las necesidades para pastoreo que se calculan en $0.0012 \text{ Mcal/kg PV}$ cuando la pastura representa 60% de la dieta.

2.1.3. Requerimiento energético de vacas lecheras en pastoreo

Talmón et al. (2021) indican que la eficiencia de producción de los sistemas lecheros uruguayos se encuentra muy determinada por la eficiencia energética individual de cada vaca, ya que la energía es el primer nutriente limitante de la producción en los sistemas pastoriles. Es así como, el menor consumo de MS y de energía, sumado a un incremento de los costos energéticos de las vacas asociado a la actividad de pastoreo y caminata, hace que el balance energético de vacas en pastoreo sea menor en comparación al de vacas en confinamiento y, por lo tanto, disminuya la energía disponible para producción.

El costo energético de las acciones de caminar y cosechar el forraje es en última instancia, la demanda de ATP requerida para las respectivas contracciones musculares de caminar y de cosechar el forraje. Blaxter (1967) propone que los requerimientos de mantenimiento ovinos y bovinos en pastoreo aumentan de 11 a 15%, mientras que Osuji (1974) menciona que en sistemas pastoriles, el aumento de actividades musculares contribuye a un incremento en los requerimientos de mantenimiento de manera apreciable en un rango de 25 a 50%. Por otro lado, Havstad y Malechek (1982) estimaron un aumento del 30% en el gasto de energía en vaquillonas en pastoreo, mientras que Di Marco y Aello (2003) encontraron que en pasturas de buena disponibilidad, el gasto extra de energía por actividad es bajo, variando entre el 8 a 12% y puede ser fácilmente compensado por un ligero aumento en el consumo. Estos últimos autores Di Marco y Aello (2003) observaron que en pasturas de baja disponibilidad (altura o estructura), donde hay grandes limitantes para el consumo de forraje, el costo extra de mantenimiento puede ser del 25 a 30%, principalmente debido al costo de pastorear. En este caso, si los animales no pueden compensar con un mayor consumo, el gasto energético extra afectaría de forma importante la producción. Por lo tanto, prácticas de manejo que posibiliten un mejor control de la altura, disponibilidad y/o estructura de la pastura reducirían el tiempo de pastoreo y la frecuencia de bocados, y en

consecuencia disminuirían considerablemente el costo extra de mantenimiento de los animales.

Más recientemente, Kaufmann et al. (2011), Dohme-Meier et al. (2014) demostraron que la producción total de calor de vacas lecheras en pastoreo fue de un 18 a 20% mayor que en vacas que no pastoreaban y comían el mismo forraje ya cortado. Datos nacionales, indican que la producción total de calor diaria y residual (en comparación con la producción total de calor predicha de acuerdo con sus requerimientos) tendió a ser de 10 a 15% menor en vacas primíparas o multíparas alimentadas 100% DTM (dieta totalmente mezclada) ad libitum que en vacas pastoreando más suplementadas con concentrado o DTM (Jasinsky et al., 2019b), destacando que la inclusión de pastoreo redujo la eficiencia en el uso de la EM consumida, asociada a mayores costos de mantenimiento.

Resultados similares los obtuvieron en un trabajo realizado por Talmón et al. (2021), quienes compararon vacas lecheras de parición en otoño con dos estrategias de alimentación y encontraron que las vacas que tenían pastoreo directo consumieron mayor EM que las vacas donde se les suministraba forraje cosechado, pero esta energía no fue destinada a producción de leche sino que se perdió como calor, esto se podía observar en un incremento en el costo energético asociado al pastoreo.

2.2. CONSUMO EN PASTOREO

Las pasturas en los sistemas de producción de leche juegan un papel preponderante ya que se consideran como el alimento de menor costo por unidad de MS. El uso de pasturas en la dieta es central para la disminución de los costos de alimentación que representan del 50 a 70% de los costos de producción (Alqaisi et al., 2011). Es así como, la buena producción y utilización de pasturas para la producción de leche tiene un importante impacto en el resultado económico de la empresa lechera (Chilibroste y Battegazzore, 2014).

Sin embargo, este tipo de alimentos se caracteriza por altos contenidos de humedad y fibra, afectando el consumo de MS y energía (NRC, 2001). En Uruguay, los sistemas de producción lecheros tienen a las pasturas plurianuales como principal recurso forrajero y en los últimos años, se ha producido un aumento de la carga animal que tiene como objetivo, junto con el aumento de producción individual, mejorar la eficiencia de uso de los recursos alimenticios en los sistemas más productivos (Aguerre et al., 2016).

En los sistemas pastoriles el consumo de MS de forraje se puede expresar como el producto de la tasa de consumo y el tiempo que el animal se

encuentra pastoreando (Figura 2). La tasa de consumo la constituyen dos variables, que son el peso de los bocados y el número de bocados por unidad de tiempo (tasa de bocado). Stobbs (1973) menciona que es importante tener un peso de bocado alto para lograr que el animal tenga un mayor consumo de MS. A su vez, los bocados más grandes, de mayor peso, se manejan más eficientemente por kg consumido que los bocados de menor tamaño (Tharmaraj et al., 2003). El peso de bocado está afectado por la altura y la densidad de forraje que son los componentes más significativos que afectan la profundidad y el área de bocado (Hodgson 1985, Laca et al. 1992). Cangiano et al. (2002) observaron que la altura de la pastura afectaba positivamente la profundidad y el peso de bocado y Gibb et al. (1997), McGilloway et al. (1999) identificaron a la altura del forraje como el principal componente en la determinación de la ingesta de MS por bocado.

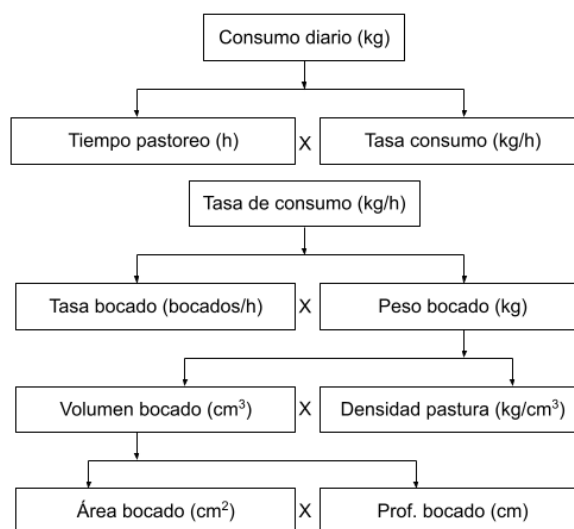


Figura 2. Factores que determinan el consumo en pastoreo

Fuente: adaptado de Allden y Whittaker (1970).

La intensidad de pastoreo es fundamental para mejorar la ingestión de forraje por parte de los animales y alcanzar mayores niveles de consumo de forraje (Hodgson, 1990). A medida que la altura de la pastura disminuye el peso de bocado y la tasa de consumo también disminuyen, aunque en menor grado esta última debido a que hay un incremento de la tasa de bocado (Galli y

Cangiano, 1998). Ante una baja altura de forraje, el animal aumenta el tiempo dedicado al pastoreo, destinando más tiempo en la búsqueda de hojas como consecuencia de la menor altura (Orr et al., 2004). No obstante, si la altura del forraje es demasiado baja, el aumento en el tiempo de pastoreo no logra compensar totalmente la caída de la tasa de consumo por lo que el consumo de MS disminuye (Chilibroste et al. 2005, 2015a). Como consecuencia, debido a la mayor defoliación hay cambios en morfología de las plantas, las hojas más seleccionadas por los animales disminuyen su cantidad y el pseudotallo, el tallo y el material inerte predominan en los horizontes más bajos de pastoreo (Benvenuti et al., 2009).

Laca et al. (1992) señalaron que la biomasa disponible es un factor importante que afecta la tasa de consumo y por consiguiente del rendimiento animal. Forbes, citado por Faber (2012) observó que al incrementarse la altura de la pastura aumentaba la masa de bocado y la tasa de consumo y Carvalho et al. (2009) mostraron una relación concluyente entre la tasa de consumo y altura de una pastura de *Cynodon sp.* y *Sorghum bicolor*, indicando que cuando la defoliación correspondió hasta un 40% de la altura de entrada al pastoreo se logró una tasa de consumo constante y mejores respuestas en la relación planta-animal.

De acuerdo con Chilibroste et al. (2010), es importante el conocimiento del comportamiento de los animales en pastoreo y su integración en el diseño de las estrategias de alimentación de vacas lecheras, para que los animales logren buenos consumos de forrajes en el menor tiempo posible y por lo tanto, con un menor gasto de energía.

2.3. GRAMÍNEAS PERENNES E INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN

La inclusión de gramíneas perennes en la rotación de los sistemas lecheros permitiría agregar longevidad y estabilidad a la base forrajera (Carámbula, 2002). Las principales gramíneas perennes utilizadas en las praderas de Uruguay pertenecen a dos especies: *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*. La *Festuca arundinacea* se ha utilizado en sistemas de pastoreo para la producción de carne y leche (Mattiauda et al., 2009). Según Faber (2012) pasturas perennes basadas en festuca alta son opciones que podrían establecerse en predios lecheros para mejorar déficits forrajeros que frecuentemente se dan en tambos principalmente en otoño en Uruguay, dependiendo de las precipitaciones y de la rotación utilizada en el predio.

El manejo del control de la intensidad de defoliación constituye un factor importante para incrementar la persistencia del forraje y su producción (Zibil et al., 2016). Gibb et al. (1997) mostraron que a intensidades de defoliación

mayores se determinó una menor tasa de consumo, en cambio en intensidades de defoliación más laxas la tasa de consumo era mayor, haciendo que los animales destinaron mayor tiempo a la rumia. En mayores intensidades de defoliación los animales son obligados a explorar nuevos horizontes de pastoreo, que tienen una relación hoja/tallo menor, haciendo que la tasa de bocado y peso de bocado disminuya (Amaral et al., 2013). Faber (2012) mostró que a menores intensidades se encuentran menos cantidad de macollos de mayor tamaño y a intensidades mayores se encuentran mayor cantidad de macollos y de menor peso. Chico (2007) menciona que menores intensidades de pastoreo marcaron una mayor estabilidad en la producción de forraje y en la producción de leche, al igual que Mattiauda et al. (2009) que observaron que a medida que bajaba la intensidad de pastoreo aumentaba la producción de leche.

Chico (2007) menciona que si la altura de la pastura se encuentra por debajo de los 6 cm el animal no puede compensar ese menor consumo ni con tiempo de pastoreo ni aumentando la tasa de bocado. Chilbroste et al. (2012) vieron que una pastura con altura remanente de 6 cm resultó en una reducción de la producción de las vacas y también tuvo un impacto sobre su estado corporal. Amaral et al. (2013) observaron que se ofrecía una alta proporción de láminas y que los animales lograban una mayor tasa de consumo en una pastura de *Lolium multiflorum* con alturas remanentes de 10 cm en comparación a otra cuya altura remanente era de 5 cm. Carballo et al. (2011) encontraron que la altura de una pastura con *Festuca arundinacea* tenía efectos sobre el comportamiento animal. Los animales presentaron una mayor proporción de tiempo de pastoreo en los tratamientos mediano (7 cm) y bajo (4 cm) que los animales en el tratamiento alto (10 cm). Los autores encontraron lo contrario para el tiempo de rumia, los valores más elevados los presentaron los animales del tratamiento alto. Como conclusión de este trabajo se desprende que el tiempo de pastoreo es un mecanismo de compensación del consumo.

Faber (2012) realizó un trabajo para describir la heterogeneidad y estructura de parches de pastoreo altos y bajos, y la selectividad de vacas lecheras bajo tres alturas de pastoreo en pasturas de festuca y trébol blanco. Los parches de pastoreo son áreas generadas que difieren en calidad y cantidad de forraje. La autora vio que incrementos en la altura remanente de pastoreo determinaron una mayor proporción de parches altos y menor proporción de parches bajos. Las vacas seleccionaron a favor de los parches altos, esto sugiere que estarían maximizando la tasa de consumo mediante la selección de aquellas estructuras con mayor altura, número y peso de macollos y mayor cantidad de láminas.

Zibil et al. (2016) obtuvieron que el control del pastoreo incrementó la producción y la eficiencia de utilización de forraje y que la aplicación de medidas de manejo controlando la disponibilidad de forraje y la altura del forraje disponible al momento de entrada y salida del pastoreo significaron una ganancia extra de MS producida. Giles et al. (2018) realizaron un trabajo sobre una pastura de segundo año de *Festuca arundinacea* y encontraron que el tratamiento de mayor altura remanente permitió ofrecer una pastura con mayor cobertura. Fast (2020) realizó un experimento sobre una pastura de festuca y menciona que los animales a una menor intensidad de pastoreo (tratamiento laxo), si bien consumieron la misma cantidad de forraje que los de mayor intensidad (tratamiento control), lo hicieron con un perfil de nutrientes diferentes, cosecharon un forraje con menor contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y con mayor contenido de MS.

Mattiauda et al., citados por Chilibraste et al. (2010) observaron que animales que pastoreaban pasturas perennes con *Festuca arundinacea* de 8 y 6 cm de altura remanente tuvieron una mayor proporción de su tiempo dedicado al pastoreo en comparación a los animales sobre una pastura con 12 cm de altura remanente. Chilibraste et al. (2010) encontraron que el tiempo de pastoreo presentó una relación cuadrática con el incremento en la altura post-pastoreo, al igual que el descanso, aunque en sentido inverso al tiempo de pastoreo. El incremento en el tiempo de pastoreo puede estar asociado a un mayor tiempo de búsqueda, vinculado a una defoliación más selectiva y por tanto a un forraje de mayor calidad (Gibb, citado por Chilibraste et al., 2010) que se asoció a valores máximos de producción de leche cuando la altura post pastoreo fue más alta. Fast (2020), trabajando con festuca, demostró que manejos más laxos lograron incrementos de 7 y 10% de leche (corregida por energía), para invierno y primavera respectivamente. Además constato que animales del tratamiento más laxo lograron el consumo de forraje en menor tiempo de pastoreo y a una mayor tasa de consumo. Esto fue logrado a través de un bocado más pesado; estos animales además dedicaron más tiempo a la rumia y a su vez, intercalaron estas actividades en más sesiones de pastoreo de menor duración individual, haciendo un mayor aprovechamiento del forraje consumido. En contraste, Gutiérrez (2011) encontró que en altas intensidades de pastoreo se muestra una mayor producción que estaría explicada por un mayor consumo de carbohidratos solubles, ya que ese tratamiento presentó una mayor presencia de festuca y los carbohidratos solubles se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales de las gramíneas (Botrel y Gomide, citados por Gutiérrez, 2011).

Definir la altura de salida de la pastura de los animales en un sistema de pastoreo con rotación es también tan importante como la altura de entrada a la pastura (Carvalho et al., 2009). Las vacas lecheras tienen la capacidad de

adaptarse a los cambios tanto en la estructura de la vegetación como a las condiciones ambientales (Chilibroste et al., 2010). A través de los resultados de los distintos trabajos se observa que cuando la intensidad de pastoreo es menor los animales probablemente compensan esa menor intensidad de pastoreo maximizando la tasa de consumo, mediante la selección de estructuras de la pastura que tengan una mayor altura, un mayor número y peso de macollos y un mayor largo de las láminas, esto determinando una mayor producción de leche.

2.4. HIPÓTESIS

La hipótesis de este trabajo es de que una mayor intensidad de defoliación de una pastura de *Festuca arundinacea* incrementará los costos de mantenimiento y disminuirá la producción de leche de vacas Holando.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”), ubicada en ruta 3, km 363, en el departamento de Paysandú, Uruguay, durante los meses de octubre a diciembre del año 2017.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 36 vacas de raza Holando, de primera y segunda lactancia, con fecha de parto en otoño 2017, de 224 ± 7 días en leche al inicio del experimento. Para el análisis estadístico se utilizaron efectivamente 24 vacas, luego de descartar animales debido a los valores de algunas variables y datos faltantes ($n = 24$). El experimento se instaló sobre una pastura de 2.4 hectáreas a base de *Festuca arundinacea* cultivar INIA Aurora de segundo año de implantación con un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con 4 repeticiones definidas según topografía y uniformidad del suelo y tres tratamientos de intensidad de pastoreo definidos según la altura remanente post-pastoreo 9, 12, y 15 cm para los tratamientos control (TC), medio (TM) y laxo (TL), respectivamente (Figura 3). En cada tratamiento y bloque se asignaron 3 vacas bloqueadas según número de lactancia, PV, condición corporal (CC) y producción de leche anterior. La unidad experimental estuvo constituida por cada una de las 36 vacas Holando.

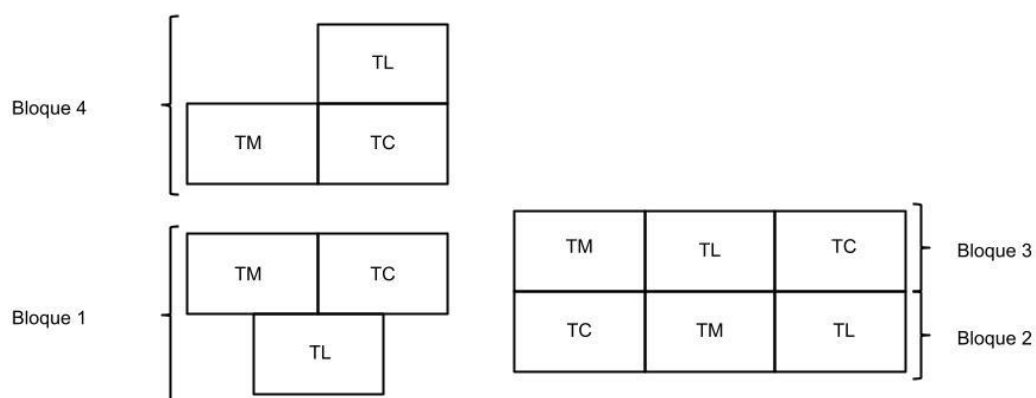


Figura 3. Croquis del experimento con distribución de los tratamientos (TL, TM y TC)

3.3. MANEJO

Las vacas recibieron una dieta basada exclusivamente de pastura accediendo a la misma 16 horas diarias aproximadamente (8:00 a 14:00 h y 17:00 a 03:00 h). El criterio utilizado para el ingreso de los animales a las parcelas fue cuando la pastura alcanzara una altura de 18-20 cm o el estado de 3 hojas (Fulkerson y Donaghy, 2001). Durante el período en donde se le dio descanso a las parcelas, las vacas pastorearon junto al rodeo general de la estación experimental una pastura de festuca, con una carga de 1,5 animales/ha.

Favaro y de Mattos (2019) desarrollaron su tesis de grado en el mismo experimento del presente trabajo, estos autores realizaron un seguimiento de la altura de la pastura. Durante todos los días, previo al ingreso de los animales a la pastura estos autores midieron la altura de la lámina con una regla graduada, siendo el criterio utilizado el de toque la hoja más alta, sin perturbar la pastura y recorrieron la parcela en zig-zag (realizando 35 registros por parcela) y así pudieron determinar a través de un promedio de las 4 parcelas, el momento en que se alcanzó la altura remanente objetivo de cada tratamiento. Se necesitaron 7 días de pastoreo en el tratamiento TC y 6 en el tratamiento TM y TL para lograr la altura deseada del césped posterior al pastoreo (Menegazzi et al., 2021).

La disponibilidad, altura y composición química de los tratamientos fue evaluada por Menegazzi et al. (2021) y se presenta en el Cuadro 1. Evaluaron el efecto de tres intensidades de defoliación: 15 cm (TL), 12 cm (TM) y 9 cm (TC) en una pastura a base de *Festuca arundinacea*. Caracterizó la estructura de la pastura antes del pastoreo mediante la toma de puntos de muestreo que luego clasificó según altura (HS mayor de 30 cm, MS entre 15 y 30 cm, LS menos de 15 cm). La proporción de LS fue similar entre tratamientos, mientras que MS fue menor en el TL y HS fue mayor en TL.

La dieta seleccionada por las vacas tuvo 5.9% más de digestibilidad en TL que en TM y 7.5% más en TL que en TC. La pastura del TL contenía 0.7% más de proteína cruda que TM y 1.4% más que TC. Para el caso de FDN la pastura del TL contenía 2.3% y 2% más que TM y TC respectivamente. La FDA tendió a ser mayor en TC que en los demás tratamientos.

Cuadro 1. Efecto de la altura post-pastoreo sobre la proporción de estructura baja (LS), estructura media (MS) y estructura alta (HS) y características nutricionales de la pastura seleccionada

		Altura remanente (cm)				P-valor
		9	12	15	SEM	
Proporción de estructura						
	LS	0,08	0,08	0,05	0,05	
	MS	0,64 ^a	0,66 ^a	0,28 ^b	0,05	
	HS	0,28 ^b	0,26 ^b	0,67 ^a	0,05	
Características nutricionales						
	Digestibilidad (%)	62,1 ^b	63,7 ^b	69,6 ^a	1,3	<0,001
	Proteína cruda (% MS)	11,3 ^b	12,0 ^b	12,7 ^a	0,3	<0,001
	Fibra detergente neutro* (%)	56,1 ^b	55,8 ^b	58,1 ^a	0,5	<0,001
MO)						
	Fibra detergente ácida* (%)	31,7	30,7	30,7	0,3	0,066
MO)						

^{ab} Las medias dentro de una fila con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

* Fibra detergente neutro y ácida corregida por cenizas.

Fuente: elaborado en base a Menegazzi et al. (2021).

Las vacas fueron ordeñadas dos veces por día, a las 4:00 y a las 16:00 h, caminando 1.14 km aproximadamente desde la pastura a la sala de ordeño.

3.4. MEDICIONES EXPERIMENTALES

El protocolo experimental se presenta en la Figura 4.

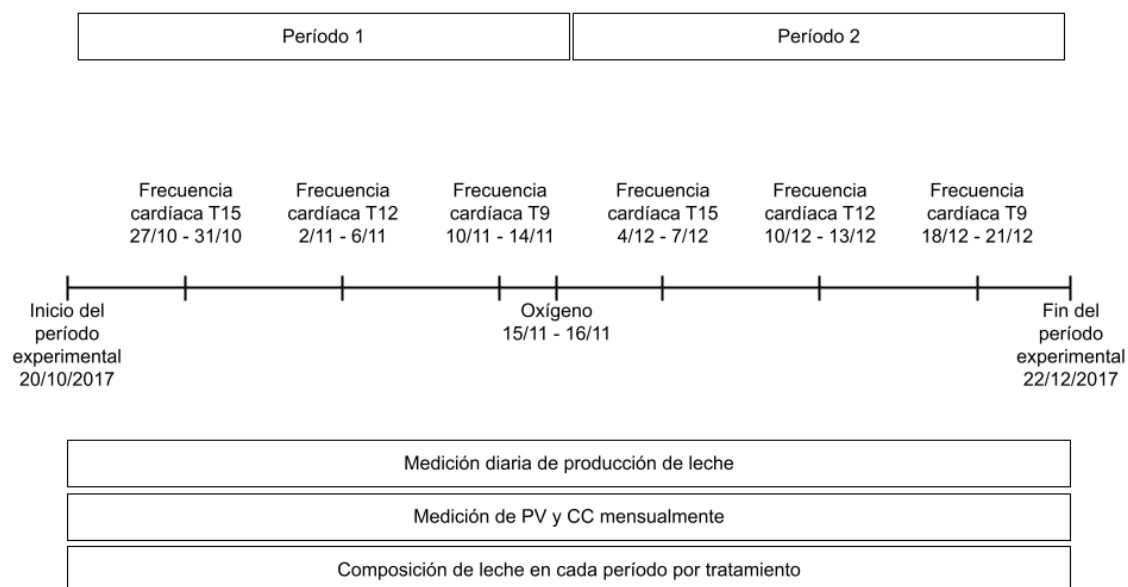


Figura 4. Protocolo experimental

La producción de leche individual se determinó dos veces al día a las 4:00 y 15:00 hs. Al tercer día de ocupación de los tratamientos se recolectaron muestras de leche individuales en cada uno de los ordeñes, para determinar la concentración de grasa, proteína y lactosa en la leche mediante espectrofotometría de infrarrojo medio. Se registró el PV y CC mensualmente; la CC de las vacas a través de una medición subjetiva visual de la cantidad de grasa subcutánea que posee el animal con una escala de 1 a 5 puntos, donde 1 es una vaca flaca y 5 es una vaca gorda (Edmonson et al., 1989).

Se midió la producción total de calor utilizando la técnica de frecuencia cardíaca (FC) – pulso de O_2 (O_2P ; Brosh et al., 1998), que fue validada para estimar la producción de calor en diferentes especies de rumiantes, distintas dietas y condiciones ambientales (Brosh, 2007) y que fue utilizado en las condiciones de Uruguay para medir la producción total de calor en vacas lecheras en pastoreo (Jasinsky et al., 2019b). Este método se basa en la estimación indirecta de la producción total de calor a través de la medición del consumo de oxígeno (VO_2) asumiendo 20.47 kJ/l O_2 consumidos (Nicol y Young, 1990).

En dos períodos (el período 1 desde el 27 de octubre al 14 de noviembre, y el período 2 del 4 de diciembre al 21 de diciembre), se midió la FC en forma continua durante 4 días consecutivos utilizando un pulsímetro Polar (Polar Electro Oy), con un transmisor de frecuencia cardíaca y modelo de reloj RCX3, registrador de datos programado para intervalos de 5 segundos. Estos dispositivos fueron colocados en unos cinturones elásticos diseñados para este motivo, ubicados en el tórax detrás de las patas delanteras de los animales y se utilizó gel conductor para asegurar la conductividad. La frecuencia cardíaca se midió durante los últimos 4 días de ocupación de la parcela.

Entre el primer y segundo período (días 16 y 17 de noviembre), se determinó el O₂P, cantidad de O₂ consumida por latido, midiendo el VO₂ y la FC en forma simultánea por un intervalo de 10 a 15 min. El VO₂ se midió en un sistema respiratorio de circuito abierto utilizando una máscara facial (Fedak et al., 1981). Durante la medición de VO₂ la vaca se encuentra de pie inmovilizada, en condiciones de manejo sin estrés, en un tubo para ganado con una máscara cónica de neopreno que le cubre la boca y la nariz, para asegurar que todo el aire que exhala es aspirado desde su cara a través de la máscara y que ingresa al posteriormente a través de un filtro de aire y un medidor de flujo másico. Los cambios en la concentración de O₂ con relación a la concentración ambiental se midieron con un analizador de O₂ paramagnético modelo Servopro 1440 (Servomex), mientras sistema, pasando que la temperatura y la humedad relativa del aire que era expirado se midieron con HygroClip S sensores electrónicos (Rotronic). Los datos obtenidos se registraron y guardaron en intervalos de 5 segundos en una computadora por un DataTaker DT 50 (DataTaker) que registra datos de forma simultánea en la computadora. El VO₂ se estimó como la diferencia entre la concentración de O₂ del aire exhalado y la concentración de O₂ atmosférico teórica (20.95%), fue corregido a las condiciones estándar de temperatura, humedad y presión. La precisión de este sistema se corroboró gravimétricamente mediante la inyección de nitrógeno (recuperación de N₂) en la máscara, como mencionan Mclean y Tobin (1990). La recuperación de N₂ fue de 98% (98% - 99%) en promedio para los 2 días de medición.

El O₂P se estimó como la relación entre el VO₂ y la FC y la producción total de calor a lo largo del día se cuantificó a partir de los datos individuales de FC (latidos/min), multiplicado por el O₂P (ml O₂/kg PV^{0.75}/latido) y por la constante de 20.47 kJ/l de O₂ consumido (Nicol y Young, 1990) de acuerdo con las siguientes formulas:

$$\text{O}_2\text{P (ml O}_2\text{/latido/kg PV}^{0.75}\text{)} = \text{VO}_2 \text{ (mL)} / \text{FC (latidos/min)}/\text{PV}^{0.75}$$

Producción total de calor ($\text{kJ/PV}^{0.75}/\text{d}$) = FC (latidos/min) x O_2P (ml de $\text{O}_2/\text{kg PV}^{0.75}/\text{latido}$) x 20.47 (kJ/ml de O_2) x 60 min/h x 24 h/d

3.4.1. Cálculos y análisis estadístico

La ER total fue estimada mediante las ecuaciones del modelo del NRC para ganado lechero (NRC, 2001), utilizando los datos individuales de las vacas. La ER en leche se calculó en base a los datos de producción y composición de leche considerando los siguientes valores de combustión: 38.87 MJ/kg para grasa, 23.89 MJ/kg para proteína cruda y 16.53 MJ/kg para lactosa, que corresponden al calor de combustión de la grasa, proteína y lactosa, conforme a la siguiente ecuación:

ER leche (MJ/d) = 38.87 x kg de grasa/d + 23.89 x kg de proteína cruda/d + 16.53 x kg de lactosa/d;

La ER en tejido se estimó a partir de los cambios de PV y CC utilizando la regresión lineal de los registros de PV y CC durante el experimento. La ER total se calculó como la suma de la ER leche + ER tejido. Finalmente, ya que como se mencionó anteriormente, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, se estimó el consumo de EM como ER total + producción total de calor. Además, se calculó la eficiencia energética como el cociente ER total /consumo EM.

La producción de calor residual (PCR) se estimó mediante la diferencia entre la producción total de calor medida y la producción de calor predicha. La producción de calor predicha se calculó a partir del PV y de la ER total, utilizando los coeficientes de 335 $\text{kJ/kg PV}^{0.75}/\text{d}$ para los requerimientos de mantenimiento, con unas eficiencias de utilización de la EM de 0.62 para mantenimiento y 0.64 para lactancia (NRC, 2001).

Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (University Edition). Los datos de los 2 períodos de medición se analizaron todos juntos, no diferenciando período 1 y 2, ya que se testeó la interacción entre tratamiento y período y no fue significativa. Las variables se estudiaron con un modelo mixto utilizando medidas repetidas mediante el procedimiento MIXED. El modelo incluyó el tratamiento (TC, TM y TL) como efecto fijo y período de medición y bloque como efectos aleatorios. El modelo fue;

$$Y_{ij} = \mu + t_i + Y_j + B_k + \varepsilon_{ijklh}$$

μ : media general

t_i : efecto del tratamiento i (i = 1,2,3)

Y_j : efecto del período j ($j= 1,2$)
 B_k : efecto del bloque ($k=1,2,3,4$)
 ε_{ijkl} : error

Se especificó la estructura de covarianza simétrica compuesta y se utilizó el procedimiento de Kenward-Roger para ajustar el denominador de grados de libertad. Se realizaron análisis univariados en todas las variables para verificar la normalidad de los residuos e identificar datos atípicos. Se consideró que las medias eran diferentes cuando $P \leq 0,05$ y se identificaron tendencias cuando $0,05 < P < 0,10$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESPUESTA PRODUCTIVA

Por tanto, la ER-tejido se estimó igual a 0 considerando que no existió ni deposición ni movilización de tejido, considerándose solamente la ER-leche para la estimación de la ER-total. Durante la lactancia temprana, la vaca lechera moviliza tejidos corporales para sostener los requerimientos de nutrientes y energía para la producción de leche mientras que las reservas corporales, movilizadas en la lactancia temprana, deben reponerse durante la lactancia media y tardía para poder afrontar la siguiente lactancia (NRC, 2001). Las vacas utilizadas en este trabajo estaban en lactancia media-tardía, con 228 y 268 ± 7 días en leche para el período 1 y 2 respectivamente, por lo que era esperable que la movilización de reservas corporales hubiese terminado cuando se realizó el experimento, explicando que la ER-tejido fuese igual a 0, ya que en la medida que las vacas recuperan el consumo de MS, y se alejan de la alta demanda del pico de producción de leche, el balance de energía se hace cada vez menos negativo, estabilizando o recuperando las reservas corporales.

El PV y la CC de las vacas no variaron a lo largo del período experimental ya que las regresiones de estas variables para cada animal a lo largo del período evaluado no fueron significativas ($P > 0.05$). Las vacas de este trabajo se encontraban en un momento de la lactancia en el cual la relación entre la capacidad de consumo y los requerimientos de lactación aumentaba, por lo tanto hubiera sido esperado ver que los animales estuvieran en balance energético positivo (depositando tejido), probablemente no lo hicieron debido al echo de que estuvieran alimentadas solamente a pasto. Por lo que para la energía retenida total sólo se consideró energía retenida en leche.

La producción de leche (kg) fue afectada por el manejo del pastoreo, obteniéndose la producción máxima en el TL sin diferencias en las producciones entre el TC y TM (Cuadro 2). No se encontraron diferencias en la composición de la leche en términos de porcentaje de grasa y proteína entre los distintos tratamientos, sin embargo, el porcentaje de lactosa tendió a ser mayor en las vacas del TL, sin diferenciarse entre este tratamiento y el TM, y entre TC y TM. Las diferencias en producción y contenido de sólidos de la leche, determinaron que la producción de grasa y proteína fuese máxima en TL y mínima en TC mientras que TM presentó resultados intermedios, y que la producción de lactosa fuese mayor para TL que para TM y TC que no se diferenciaron entre sí. Es así que, en el presente trabajo la leche corregida por energía se incrementó 32 y 28% comparando el TL con el TC y TM respectivamente. De manera similar, aunque con menor impacto, Fast (2020) reportó para vacas Holando paridas en otoño con suplementación, que manejos

más laxos del pastoreo lograron incrementos de 7 y 10% de leche corregida por energía para invierno y primavera cuando las vacas tenían $129 \pm 10,2$ y 195 ± 9 días de lactancia, respectivamente. Probablemente, el uso del suplemento, las diferencias en la etapa de lactancia y en las condiciones ambientales expliquen parte de las diferencias entre el presente trabajo y este último experimento.

La mayor producción de leche encontrada en el TL podría estar siendo explicada por un mayor consumo de materia orgánica (MO) así como por una mayor digestibilidad del forraje (Gibb et al. 1997, Menegazzi et al. 2021). Gibb et al. (1997) observaron que si bien a intensidades de defoliación más laxas el consumo de MO es mayor, llega un punto en que los animales tienen que destinar más tiempo a rumiar que a pastorear, disminuyendo el consumo de pastura. De manera similar Fast (2020) explica la mayor producción de leche observada en intensidades de defoliación más laxas debido a la mayor digestibilidad de la pastura consumida. Esta mayor digestibilidad podría estar explicada por el perfil de nutrientes de la dieta seleccionada, que tuvo 5.9% y 7.5% más de digestibilidad, 7% y 1.4% más de PC y 2.3% y 2% de FDN en TL que en TM y TC, respectivamente, mientras que la FDA (%) tendió a ser mayor en TC que en los demás tratamientos (Menegazzi et al., 2021).

Por otra parte, la mayor producción de leche encontrada en menores intensidades de defoliación podría estar siendo causada por una mayor tasa consumo (Amaral et al. 2013, Menegazzi et al. 2021), variable explicada por un mayor número y peso de bocados en el TL (Hodgson 1985, Laca et al. 1992) o también mediante la selección de estructuras de la pastura que tengan una mayor altura, un mayor número y peso de macollos, así como un mayor largo de las láminas (Faber, 2012). En acuerdo con los resultados previos, Rook et al., citados por Chico (2007) trabajando con vacas lecheras encontraron que en intensidades de defoliación mayores las vacas reducen su producción de leche, ya que incrementan el tiempo de pastoreo, rumia y tasa de bocado. Por otra parte, Chico (2007) encontró también una mayor producción de leche en el tratamiento con mayor altura de salida post-pastoreo, pero no se correspondió con la tendencia encontrada para probabilidad de pastoreo y pudo inferir que existió algún efecto en la carga y la oferta de forraje, que provocó a mayor área disponible por animal, haciendo que las vacas desarrollaran estrategias para llegar a producir más leche con menor probabilidad de pastoreo.

Cuadro 2. Producción y composición de leche, y energía retenida en leche (ER-leche) de vacas Holando pastoreando *Festuca arundinacea* hasta alcanzar 9, 12 y 15 cm de altura de pastura remanente

	Altura remanente (cm)			EEM	P-valor
	9	12	15		
Producción diaria (kg/d)					
Leche	11,2 ^b	13,5 ^b	16,2 ^a	2,4	0,003
Grasa	0,47 ^c	0,58 ^b	0,73 ^a	0,05	<0,001
Proteína	0,39 ^c	0,47 ^b	0,54 ^a	0,07	<0,001
Lactosa	0,49 ^b	0,59 ^b	0,74 ^a	0,13	0,002
Composición de la leche (%)					
Grasa	4,05	4,46	4,60	0,38	0,137
Proteína	3,73	3,61	3,34	0,29	0,495
Lactosa	4,28 ^c	4,32 ^{bc}	4,54 ^{ab}	0,25	0,084
ER-leche (Mcal/día)*	8,23 ^c	10,28 ^b	12,59 ^a	1,41	<0,001

* Según NRC (2001).

^{ab} Las medias dentro de una fila con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

4.2. PARTICIÓN DE LA ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ni el consumo de EM ni la producción total de calor difirieron entre los tratamientos (Cuadro 3). Sin embargo, de acuerdo con las diferencias en producción y composición de leche, la ER-leche (y ER-total) fue mayor en TL que en TM y TC, y en TM que en TC.

Cuadro 3. Partición de energía y eficiencia energética de vacas Holando pastoreando *Festuca arundinacea* hasta alcanzar 9, 12 y 15 cm de altura de pastura remanente

	Altura remanente			P-valor	
	9	12	15	EEM	
Frecuencia cardíaca (latidos/min)	75,4	74,7	75,5	3,1	0,981
O ₂ P (mL O ₂ /PV ^{0,75} /latido)	0,465	0,475	0,446	0,025	0,725
Partición de energía (kJ/PV ^{0,75} por día)					
Consumo EM	1315	1359	1411	109	0,779
ER-leche*	282 ^c	353 ^b	434 ^a	48	<0,001
Producción total de calor	1034	1005	980	92	0,915
Producción de calor predicha	699 ^c	739 ^b	784 ^a	27	<0,001
Producción residual de calor	331	266	192	91	0,552
Eficiencia energética					
ER-leche/consumo EM	0,216 ^b	0,283 ^{ab}	0,322 ^a	0,132	0,014

ER-leche = Energía retenida en leche; O₂P = Pulso de O₂.

Consumo EM = ER Total + producción total de calor.

* Según NRC (2001).

Producción total de calor estimado por la técnica FC-O₂P (Brosh et al., 1998).

Producción residual de calor = producción total de calor - producción de calor predicha (NRC, 2001)

^{ab} Las medias dentro de una fila con diferentes superíndices son diferentes (P < 0.05).

La producción total de calor promedió 1006 kJ/PV^{0,75} por día, dicho valor fue menor a los reportados para vacas lecheras en pastoreo en estudios previos donde usaron la técnica de O₂P en Uruguay en lactancia media (Aharoni et al. 2006, Talmón et al. 2020) y en lactancia temprana (Davyt et al. 2017, Jasinsky et al. 2018), mientras que esta producción de calor fue mayor a los valores reportados por Jasinsky et al. (2019b) para vacas lecheras primíparas en lactancia temprana con pastoreo, Aharoni et al. (2009) para vacas de carne y Talmón et al. (2021) para vacas lecheras.

La producción total de calor es dependiente de la frecuencia cardíaca y del O₂P (Brosh et al., 1998) que no difirieron entre las distintas intensidades de defoliación (Cuadro 3). El presente trabajo presentó un valor de O₂P promedio de 0.462 mL O₂/kg PV^{0,75}/latido que fue mayor a lo obtenido por Jasinsky et al. (2018), Jasinsky (2019a), trabajando con vacas Holando multíparas y Jasinsky et al. (2019b) trabajando con vacas primíparas, y similar a los valores de Davyt et al. (2017) también trabajando con vacas Holando multíparas y Aharoni et al. (2005) que evaluaron vacas Holando de alta producción durante lactancia temprana bajo condiciones de confinamiento. Mientras que el valor obtenido fue

menor a los encontrados por Talmón et al. (2020). A su vez, la frecuencia cardíaca promedio fue de 75 latidos/min que estuvo en el entorno de los valores reportados por Talmón et al. (2020, 2021) y menor a los encontrados por Aharoni et al. (2005), Aharoni et al. (2006), Davyt et al. (2017), Jasinsky et al. (2018), Jasinsky (2019a), Jasinsky et al. (2019b), esta diferencia entre las frecuencias de estas investigaciones y la del presente trabajo podría estar explicada debido a que las vacas de estos trabajos se encontraban en una etapa de lactancia menor (lactancia temprana) en comparación a los animales del presente trabajo y como menciona Brosh (2007) la frecuencia cardíaca y el gasto energético pueden verse afectados por factores crónicos intrínsecos de los niveles de producción y reproducción que afectan directamente el gasto energético de los animales y pueden afectar su consumo total de EM.

La demanda metabólica está determinada por la producción de leche asociada a la etapa de lactancia y categoría en vacas lecheras (si son primíparas o multíparas), así como por la raza bovina (Brosh, 2007), dicha demanda metabólica está determinando las diferencias en la producción total de calor entre los distintos trabajos. En su mayoría son trabajos que estudian vacas en menores etapas de lactancia que las del presente trabajo, multíparas y también incluyen en la alimentación una parte de suplementación, al igual que el uso de diferentes genotipos animales que podrían estar generando diferencias en la variable mencionada anteriormente.

La producción total de calor es la suma de la producción de calor para producción de leche y tejidos corporales (PCp), más la producción de calor para el mantenimiento (PCm, Miron et al., 2008). En el presente trabajo sería esperable que la PCp acompañara las diferencias entre tratamientos en ER-total y por lo tanto, fuese mayor en TL que en TM y TC y en TM que TC. Esto determinaría la PCm se incrementaría al disminuir la altura del remanente ($TL < TM < TC$) ya que la producción total de calor no difirió entre tratamientos. En el presente trabajo, esta mayor PCm no se reflejó en diferencias en producción de calor residual, estimada mediante la diferencia entre la producción total de calor y predicha a partir de la ER-total y los coeficientes de mantenimiento, km y kl (NRC, 2001, Cuadro 3), probablemente asociado a la alta variación que mostró esta variable ya que numéricamente sigue la tendencia esperada, debido a un número bajo de observaciones ($n = 24$) o debido a la alta variación entre las mediciones.

Este mayor costo de mantenimiento de las vacas del TC podría estar asociado a una mayor tasa de bocado ya que la tasa de consumo fue mayor en TL que en TC, sin diferencias entre TC y TM y entre TM y TL y el tiempo de pastoreo según Menegazzi et al. (2021) no fue diferente entre los tratamientos. En mayores intensidades de defoliación el peso del bocado sería menor por lo

que los animales podrían estar incrementando la tasa de bocado para lograr compensar el consumo, y como mencionan Di Marco y Aello (2003), la actividad energéticamente más costosa es el pastoreo a alta tasa de bocado. Por otro lado podría estar asociado a la rumia, el consumo de un alimento menos digestible implicaría un incremento de los costos digestivos y asociados a la actividad de rumia, así como también a incrementos en el metabolismo basal por el costo energético del transporte del alimento en el tracto gastrointestinal. Otro factor que podría estar afectando a los costos de mantenimiento podría ser el desplazamiento o la caminata que realizan los animales para la búsqueda del alimento.

Asociado a la menor PCm, la eficiencia en el uso de la energía consumida, que fue estimada como $ER\text{-}leche / consumo\ EM$ fue mayor en las vacas TL que en las TC, sin diferencias entre TC y TM, y entre TM y TL, indicando las vacas pastoreando a una menor intensidad de defoliación estarían particionando una mayor porción de la EM a leche. El valor de eficiencia en el presente trabajo fue en promedio de los tratamientos de 0,259, siendo menor a los valores reportados por Talmón et al. (2020) para vacas Holando de 192 días de lactancia. Talmón et al. (2021) también encontraron un valor mayor (0,327) para vacas Holando con 183 días de lactancia promedio. Las diferencias con Talmón et al. (2020), Talmón et al. (2021), podrían explicarse por la etapa de lactancia más temprana que las vacas del presente trabajo y a un mayor consumo de EM por unidad de peso metabólico, lo que se asocia a una menor producción total de calor que resulta en una mayor partición de energía consumida para producción.

5. CONCLUSIONES

Las distintas alturas post-pastoreo de festuca no afectaron el consumo de EM ni la producción de calor total. Sin embargo, manejos más laxos de intensidad de defoliación permitieron obtener mayor producción de leche, energía retenida en leche y mayor eficiencia energética expresada como ER-leche/consumo EM, se podría inferir que estaría siendo explicada por menores costos de mantenimiento asociados a las características de lo consumido (Menegazzi et al., 2021) y a la actividad del animal.

6. RESUMEN

La lechería en Uruguay se realiza en un 60% del área lechera sobre pasturas mejoradas, es por esto que la utilización de las pasturas tiene un importante impacto en los costos de la producción lechera. Es por ello, que distribuir la energía consumida de la forma más adecuada en el animal incide en la eficiencia del sistema y por consiguiente en el costo-beneficio que se le genera al productor. Es importante conocer los requerimientos de energía que tiene el animal, ya que de toda la energía que consume no aprovecha la totalidad. Asimismo, puesto que este sistema de producción se realiza sobre pasturas sembradas, diferenciar alturas de pastoreo, permitiría evaluar si el gasto energético de las vacas lecheras puede ser disminuido para aumentar la eficiencia del sistema. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres instancias de defoliación (15, 12 y 9 cm) en una pastura de festuca (*Festuca arundinacea*), y su impacto en el gasto energético de vacas de la raza Holando durante la estación de primavera. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar donde los animales (n=36) fueron bloqueados según número de lactancia, PV, CC y producción de leche anterior, y se le aplicó al azar uno de los tres tratamientos: (TC) altura remanente pos-pastoreo de 9 cm, (TM) 12 cm y (TL) 15 cm. En términos general el peso vivo y la condición corporal no variaron en el período, determinando que la energía retenida en tejido fuera cero. Las vacas del TL fueron las que produjeron más leche ($P = 0.003$) y con una composición de la leche en términos de kg/d con mayores contenidos de grasa ($P < 0.001$), proteína ($P < 0.001$) y lactosa ($P = 0.002$). El porcentaje de grasa no difirió entre tratamientos ($P = 0.137$), al igual que el porcentaje de proteína ($P = 0.495$), mientras que el porcentaje de lactosa tendió a ser mayor hacia el TL, no habiendo diferencias entre éste y TM, y entre TC y TM ($P = 0.084$). La energía retenida en leche difirió entre los tratamientos, fue mayor en las vacas del TL ($P < 0.001$). La producción de calor residual no difirió entre tratamientos ($P = 0.552$). La eficiencia energética fue mayor ($P = 0.014$) en TL que en TC. No se encontraron diferencias entre las intensidades de defoliación evaluadas en cuanto a consumo de energía metabolizable ($P = 0.779$), producción total de calor ($P = 0.915$) y frecuencia cardíaca ($P = 0.981$). En conclusión, se encontraron diferencias significativas en la producción de leche, sólidos y energía retenida en leche de las vacas. Sin embargo, la producción total de calor no difirió entre los tratamientos.

Palabras clave: Vacas lecheras; Sistema de pastoreo; Gasto energético.

7. SUMMARY

Dairy farming in Uruguay is carried out in 60% of the dairy area on improved pastures, which is why the use of pastures has an important impact on the costs of dairy production. That is why distributing the energy consumed in the most appropriate way in the animal affects the efficiency of the system and therefore the cost-benefit generated for the producer. It is important to know the energy requirements of the animal, since it does not take advantage of all the energy it consumes. Likewise, since this production system is carried out on sown pastures, differentiating grazing heights would allow evaluating whether the energy expenditure of dairy cows can be decreased to increase the efficiency of the system. In this context, the objective of the present study was to evaluate the effect of three instances of defoliation (15, 12 and 9 cm) in a fescue (*Festuca arundinacea*) pasture, and its impact on the energy expenditure of Holando breed cows during the spring season. A randomized complete block design was drawn where the animals (n=36) were blocked according to lactation number, LW, BC and previous milk production, and one of the three treatments was randomly applied: (TC) remaining height post-grazing of 9 cm, (TM) 12 cm and (TL) 15 cm. In general terms, live weight and body condition did not vary in the period, determining that the energy retained in the tissue was zero. The TL cows were the ones that produced more milk ($P = 0.003$) and with a milk composition in terms of kg/d with higher contents of fat ($P < 0.001$), protein ($P < 0.001$) and lactose ($P = 0.002$). The percentage of fat did not differ between treatments ($P = 0.137$), as well as the percentage of protein ($P = 0.495$), while the percentage of lactose tended to be higher towards the TL, with no differences between it and TM, and between TC and TM ($P = 0.084$). The energy retained in milk differed between treatments, it was higher in TL cows ($P < 0.001$). Residual heat production did not differ between treatments ($P = 0.552$). Energy efficiency was higher ($P = 0.014$) in TL than in TC. No differences were found between the evaluated defoliation intensities in terms of metabolizable energy intake ($P = 0.779$), total heat production ($P = 0.915$), and heart rate ($P = 0.981$). In conclusion, significant differences were found in the production of milk, solids and energy retained in the milk of the cows. However, the total heat production did not differ between the treatments.

Key words: Dairy cattle; Grazing system; Energy expenditure.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agnew, R. E.; Yan, T. 2000. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science*. 66(3):197 - 215.
2. Aguerre, M.; Cajarville, C.; La Manna, A.; Cavestany, D.; Mendoza, A.; Mattiauda, D.; Carriquiry, M.; Repetto, J. L.; Meikle, A.; Chilibraste, P. 2016. Estrategias de alimentación de vacas lecheras en pastoreo: ¿qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay? Montevideo, ANII/UdelaR/CONAPROLE/INIA/CRI/INALE. 55 p.
3. Aharoni, Y.; Brosh, A.; Harari, Y. 2005. Night feeding for high-yielding dairy cows in hot weather: effects on intake, milk yield and energy expenditure. *Livestock Production Science*. 92(3):207 - 219.
4. _____; _____; Kafchuk, E. 2006. The efficiency of utilization of metabolizable energy for milk production: a comparison of Holstein with F1 Montbeliarde x Holstein cows. *Animal Science*. 82(1):101 - 109.
5. _____; Henkin, Z.; Ezra, A.; Dolev, A.; Shabtay, A.; Orlov, A.; Yehuda, Y.; Brosh, A. 2009. Grazing behavior and energy costs of activity: a comparison between two types of cattle. *Journal of Animal Science*. 87(8):2719 - 2731.
6. Alden, W. G.; Whittaker, I. A. M. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21(5):755 - 766.
7. Alqaisi, O.; Ndambi, O. A.; Hemme, T. 2011. Global view on feed cost and feed efficiency on dairy farms. *All About Feed Magazine*. 2(4):12 - 14.
8. Amaral, M. F.; Mezzalana, J. C.; Bremm, C.; Da Trindade, J. K.; Gibb, M. J.; Suñe, R. W. M.; Carvalho, P. C. 2013. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass and Forage Science*. 68(2):271 - 277.

9. Benvenuti, M. A.; Gordon, I. J.; Poppi, D. P.; Crowther, R.; Spinks, W.; Moreno, F. C. 2009. The horizontal barrier effect of stems on the foraging behaviour of cattle grazing five tropical grasses. *Livestock Production Science*. 126(1-3):229 - 238.
10. Blaxter, K. L. 1967. Techniques in energy metabolism studies and their limitations. *Proceedings of the Nutrition Society*. 26(1):86 - 96.
11. Brosh, A.; Aharoni, Y.; Degen, A.; Wright, D.; Young, B. A. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal of Animal Science*. 76(10):2671 - 2677.
12. _____.; Henkin, Z.; Ungar, E. D.; Gutman, M.; Dolev, A.; Aharoni, Y. 2003. Grazing behavior and energy expenditure of cows during three seasons of the year; measurements by GPS and heart rate techniques. *In: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (6th, 2003, Yucatán, México)*. Proceedings. Mérida, Yucatán, México, University of Yucatán. pp. 385-389.
13. _____.; _____.; _____.; Dolev, A.; Orlov, A.; Yehuda, Y.; Aharoni, Y. 2006. Energy cost of cows' grazing activity; the use of heart rate GPS methods for direct field estimation. *Journal of Animal of Science*. 84(7):1951 - 1967.
14. _____. 2007. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants; a review. *Journal of Animal Science*. 85(5):1213 - 1227.
15. Bruinenberg, M. H.; Van Der Honing, Y.; Agnew, R. E.; Yan, T.; Van Vuuren, A. M.; Valk, H. 2002. Energy metabolism of dairy cows fed on grass. *Livestock Production Science*. 75(2):117 - 128.
16. Cangiano, C.; Galli, J.; Pece, M.; Dichio, L.; Rozsypalek, S. 2002. Effect of liveweight and pasture height on cattle bite dimensions during progressive defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 53(5):541 - 549.
17. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para la producción de forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
18. Carballo, C.; Claramunt, M.; Motta, G.; Faber, A.; Soca, P.; Chilibroste P.; Genro, C.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. 2011. Behavior, intake and

milk production of Holstein cows grazing perennial pasture under different intensities. (en línea). *In*: International Rangeland Congress (9th., 2011, Rosario, Argentina). Diverse rangelands for a sustainable society: proceedings. Rosario, INTA/Asociación Argentina para el Manejo de Pastizales Naturales. p. 441. Consultado 8 abr. 2019. Disponible en <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/907413/1/441.pdf>

19. Carvalho, P. C. F.; Mezzalira, J. C.; Fonseca, L.; Wesp, C. L.; Trindade J. K.; Neves, F. P.; Pinto, C. E.; Amaral, M. F.; Bremm, C. 2009. Do bocado ao sitio de pastejo: Manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o proceso de pastejo. *In*: Simpósio (7^o), Congresso de Forragicultura e Pastagens (3^o., 2009, Lavras, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. pp. 116-137.
20. Chico, M. C. 2007. Estrategias de pastoreo y producción de leche de vacas Holando sometidas a cambios en la oferta de forraje en primavera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
21. Chilibroste, P.; Gibb, M. J.; Tamminga, S. 2005. Pasture Characteristics and animal performance. *In*: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Wallingford, CABI International. pp. 681-706.
22. _____.; Soca, P.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía. EEMAC. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 14(3):101 - 106. Consultado 1 may. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.pPTC/directorio/article/view/520/430>
23. _____.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Soca, P.; Meikle, A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*. 173(3-4):201 - 209.
24. _____.; Battegazzore, G. 2014. Proyecto producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.

25. _____. Gibb, M. J.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2015a. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55(3):328 - 338.
26. _____. 2015b. Los sistemas lecheros en escenarios de precios volátiles. (en línea). In: Foro de Producción Lechera (2º., 2015, Montevideo). Sistemas sostenibles en distintos escenarios. Montevideo, CONAPROLE. s.p. Consultado 5 dic. 2018. Disponible en <http://www.eleche.com.uy/principal/materiales-tecnicos-foprole-2015?es>
27. Corbett, J. L.; Farrell, D. J.; Leng, R. A.; McClymont, G. L.; Young, B. A. 1971. Determination of the energy expenditure of penned and grazing sheep from estimates of carbon dioxide entry rate. *British Journal of Nutrition*. 26(2):277 - 291.
28. Davyt, D.; Talmón, D.; Villanueva, A. 2017. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el gasto energético en vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
29. Di Marco, O. N.; Aello, M. S. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. (en línea). Balcarce, Unidad Integrada INTA. Balcarce/Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 6 p. Consultado dic. 2018. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/01-costo_energetico_de_actividad_en_pastoreo_efecto.pdf
30. Dohme-Meier, F.; Kaufmann, L. D.; Görs, S.; Junghans, P.; Metges, C. C.; Van Dorland, H. A.; Bruckmaier, R. M.; Münzer, A. 2014. Comparison of energy expenditure, eating pattern and physical activity of grazing and zero-grazing dairy cows at different time points during lactation. *Livestock Production Science*. 162(4):86 - 96.
31. Dong, L. F.; Yan, T.; Ferris, C. P.; McDowell, D. A. 2015. Comparison of maintenance energy requirement and energetic efficiency between lactating Holstein-Friesian and other groups of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 98(2):1136 - 1144.

32. Edmonson, A. J.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72(1):68 - 78.
33. Faber, A. 2012. Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
34. Fast, O. 2020. Pastoreo intenso o laxo: efecto sobre el consumo de forraje, la producción y composición de la leche. In: Jornada Anual de Lechería (21^a, 2020, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 5-8.
35. Favaro, R.; de Mattos, J. 2019. Efecto de tres intensidades de defoliación estacionales en una pradera a base de *Festuca arundinacea*, sobre la distribución horizontal de la pastura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 66 p.
36. Fedak, M. A.; Rome, L.; Sheeherman, H. J. 1981. One-step N₂- dilution technique for calibrating open-circuit VO₂ measuring systems. *Journal Applied Physiology*. 51:772 - 776.
37. Fulkerson, W. J.; 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. *Animal Production Science*. 41(2):261 - 275.
38. Galli, J. R.; Cangiano, C. A. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 18(3-4):247 - 261.
39. García, S.; Fariña, S. 2010. ¿Hasta dónde intensificar en sistemas “extensivos” de producción de leche? Parte 1. Manejo de pasturas y suplementación. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (15^o), Jornadas Uruguayas de Buiatría (38^{as}, 2010, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 52-56.
40. Gibb, M. J.; Huckle, C. A.; Nuthall, R.; Rook, A. J. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating

Holstein Friesian cows. Grass and Forage Science. 52(3):309 - 321.

41. Giles, P. Y.; Menegazzi, G.; Oborsky, M.; Genro, C.; Soca, P.; Mattiauda, D. A.; Chilibraste, P.; Lattanzi, F. 2018. Descripción del efecto de diferentes intensidades de defoliación sobre una pastura de festuca en la biomasa aérea, cobertura vegetal verde y proporción de festuca. In: Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal (5º., 2018, Tacuarembó, Uruguay). Resúmenes. s.n.t. p. 68.
42. Gutiérrez, F. 2011. Efecto de la condición de la pastura sobre el patrón de ingestión, fermentación ruminal y producción de leche de vacas Holando pastoreando una pradera en base a festuca (*Festuca arundinacea* cv. quantum) de tercer año. Tesis Magister en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Animales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 113 p.
43. Havstad, K. M.; Malechek, J. C. 1982. Energy expenditure by heifers grazing crested wheatgrass of diminishing availability. Journal of Range Management. 35(4):447 - 450.
44. Hodgson, J. 1985. The significance of sward characteristics in the management of temperate sown pastures. In: International Grassland Congress (15th., Nishi Nasuno, Japan). Proceedings. Nishi Nasuno, Japan, The Science Council of Japan. pp. 63-66.
45. _____. 1990. Grazing management: science into practice. London, Longman. 203 p.
46. INALE (Instituto Nacional de la Leche, UY). 2014. Encuesta lechera. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado nov. 2021. Disponible en <https://www.inale.org/estadisticas/encuesta-2014-produccion-de-leche/>
47. Jasinsky, A.; Ceriani, M.; Talmón, D.; Villanueva, A.; Davyt, D.; Mattiauda, D. A.; Carriquiry, M. 2018. Producción total de calor de vacas Holando multíparas con o sin pastoreo en lactancia temprana. In: Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal (5º., 2018, Tacuarembó, Uruguay). Resúmenes. s.n.t. p. 140.

48. _____. 2019a. Gasto energético de vacas Holando con y sin la inclusión de pastura en la dieta. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 88 p.
49. _____.; Mattiauda, D. A.; Ceriani, M.; Casal, A.; Carriquiry, M. 2019b. Heat production and body composition of primiparous Holstein cows with or without grazing pastures in early lactation. *Livestock Production Science*. 225(7):1 - 7.
50. Kaufmann, L. D.; Münger, A.; Rérat, M.; Junghans, P.; Görs, S.; Metges, C. C.; Dohme-Meier, F. 2011. Energy expenditure of grazing cows and cows fed grass indoors as determined by the ¹³C bicarbonate dilution technique using an automatic blood sampling system. *Journal of Dairy Science*. 94(4):1989 - 2000.
51. 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.
52. Laca, E.; Ungar, E.; Seligman, N.; Demment, M. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47(1):91 - 102.
53. McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D.; Morgan, C. A. 2006. *Nutrición animal*. 6ª. ed. Zaragoza, Acribia. 587 p.
54. McGilloway, D. A.; Cushnahan, A.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; Kilpatrick, D. J. 1999. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*. 54(2):116 - 126.
55. McLean, J. A.; Tobin, G. 1990. *Animal and Human Calorimetry*. Cambridge, UK, Cambridge University. 356 p.
56. Mattiauda, D.; Chilbroste, P.; Bentancur, O.; Soca P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37^{as}., 2009, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 96-103.

57. Menegazzi, G.; Giles, P. Y.; Oborsky, M.; Fast, O.; Mattiauda, D. A.; Moraes, T. C.; Chilbroste, P. 2021. Effect of Post-grazing Sward Height on Ingestive Behavior, Dry Matter Intake, and Milk Production of Holstein Dairy Cows. *Frontiers in Animal Science*. 2:s.p.
58. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. (en línea). Montevideo. 214 p. Consultado 5 dic. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf>
59. Miron, J.; Adin, G.; Solomon, R.; Nikbachat, M.; Zenou, A.; Shamay, A.; Brosh, A.; Mabjeesh, S. Y. 2008. Heat production and retained energy in lactating cows held under hot summer conditions with evaporative cooling and fed two rations differing in roughage content and in vitro digestibility. *Animal*. 2(6):843 - 848.
60. Motazedian, I.; Sharrow, S. H. 1990. Defoliation frequency and intensity effects on pasture forage quality. (en línea). *Journal of Range Management*. 43(3):198 - 201. Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://journals.uair.arizona.edu/index.pPTC/jrm/article/viewFile/12861/12138#page=16>
61. Nicol, A. M.; Young, B. A. 1990. Short-term thermal and metabolic responses of sheep to ruminal cooling: effects of level of cooling and physiological state. *Canadian Journal of Animal Science*. 70(3):833 - 843.
62. NRC (National Research Council, US). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. pp. 13-27.
63. Orr, R. J.; Rutter, S. M.; Yarrow, N. H.; Champion, R. A.; Rook, A. J. 2004. Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. *Applied Animal Behaviour Science*. 87(3):205 - 222.
64. Oborsky, M.; Menegazzi, G.; Giles, P. Y.; Pascal, S.; Mattiauda, D. A.; Soca, P.; Genro, C.; Lattanzi, F.; Chilbroste, P. 2018. ¿Es posible

mejorar la producción de leche de vacas Holando en primavera con cambios en la intensidad de pastoreo? In: Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal (5º., 2018, Tacuarembó, Uruguay). Resúmenes. s.n.t. p. 62.

65. Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *Journal of Range Management*. 27(6):437 - 443.
66. Soca, P.; Faber, A.; Do Carmo, M.; Chilbroste, P. 2009. Productividad en pasturas perennes para producción de leche sometidas a cambios en intensidad de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 29(1):401 - 610.
67. Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the voluntary intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria ancepts* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24(6):821 - 829.
68. Talmón, D.; García-Roche, M.; Mendoza, A.; Mattiauda, D. A.; Carriquiry, M. 2020. Energy partitioning and energy efficiency of two Holstein genotypes under a mixed pasture-based system during mid and late lactation. *Livestock Science*. 239:s.p.
69. _____.; _____.; _____.; Carriquiry, M. 2021. Eficiencia energética de dos genotipos Holando en pastoreo. *Revista INIA*. no. 65:9 - 13.
70. Tharmaraj, J.; Wales, W. J.; Chapman, D. F.; Egan, A. R. 2003. Defoliation pattern, foraging behaviour and diet selection by lactating dairy cows in response to sward height and herbage allowance of a ryegrass-dominated pasture. *Grass and Forage Science*. 58(3):225 - 238.
71. Young, B. A.; Webster, M. E. D. 1963. A technique for the estimation of energy expenditure in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14(6):867 - 873.
72. _____.; Corbett, J. L. 1972. Maintenance energy requirement of grazing sheep in relation to herbage availability: I. Calorimetric estimates. *Australian Journal of Agricultural Research*. 23(1):57 - 76.

73. Zibil, S.; Zanoniani, R.; Bentancur, O.; Ernst, O.; Chilibraste, P. 2016. Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. (en línea). Agrosur. 44(2):45 - 53. Consultado abr. 2019. Disponible en <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v44n2/art06.pdf>