



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# **INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN: PRODUCCIÓN, COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO DE VACAS LECHERAS**

Oliver FAST HINZ

Maestría en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

Diciembre 2020

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. (Dra.) Ana Inés Trujillo, Ing. Agr. (Dra.) Virginia Beretta y Ing. Agr. (PhD.) Santiago Fariña, el 17 de diciembre de 2020. Autor: Ing. Agr. Oliver Fast. Director: Ing. Agr. (Dr.) Diego A. Mattiauda, Co-director: Ing. Agr. (PhD.) Pablo Chilibroste.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo es mérito de todo un equipo de docentes, estudiantes y mi familia. Esta tesis es solo una muestra de todo el trabajo y esfuerzo que ha tenido lugar durante este tiempo, y que es mérito de cada una de las personas nombradas a continuación.

A mi tutor Diego Mattiauda, por su guía, dedicación y confianza que me ha dado a lo largo del desarrollo de este trabajo. Junto a Pablo Chilibroste, me han permitido ser parte del equipo, y de manera muy generosa y paciente me han permitido aprender de sus conocimientos y amplia experiencia.

A todo el equipo de lechería EEMAC. En especial a mis colegas Matías Oborsky y Gabriel Menegazzi, quiénes ayudaron y aportaron a este trabajo en todos los sentidos.

A todos los estudiantes de Facultad de Agronomía y del Instituto Tecnológico Superior de Paysandú que participaron en el proyecto con compromiso y dedicación: Mateo Gómez, Daniel Castroman, Juan Pablo Olano, Federico Pazos, Guillermo Gomez, Tatiana Echeverriaga, Melany Stefan, Ruben Duarte y Sofía Firpo.

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) por la beca otorgada a la realización de esta Maestría.

A mi esposa Belén Regueira, quién es mi compañera de vida y mi apoyo en todo momento. Eres mi mayor tesoro aquí en la tierra.

Finalmente doy gracias a Dios por permitirme vivir esta experiencia, haber conocido cada uno de las personas y por ser el que le da sentido a todo.

## TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. <b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	1
1.1. <b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO</b> .....	3
1.1.1. <b><u>Hipótesis</u></b> .....	3
1.1.2. <b><u>Objetivo general</u></b> .....	4
1.1.3. <b><u>Objetivos específicos</u></b> .....	4
1.2. <b>ESTRUCTURA DE LA TESIS</b> .....	4
2. <b><u>SHORT TERM RESPONSE IN MILK PRODUCTION, INTAKE AND INGESTIVE BEHAVIOUR OF DAIRY COWS TO POST GRAZING SWARD HEIGHT DURING WINTER</u></b> .....	6
2.1. <b>RESUMEN</b> .....	7
2.2. <b>ABSTRACT</b> .....	8
2.3. <b>INTRODUCTION</b> .....	9
2.4. <b>MATERIALS AND METHODS</b> .....	10
2.4.1. <b><u>Experimental design and treatments</u></b> .....	10
2.4.2. <b><u>Pasture</u></b> .....	11
2.4.3. <b><u>Milk yield and composition</u></b> .....	11
2.4.4. <b><u>Forage DMI and composition</u></b> .....	12
2.4.5. <b><u>Ingestive behaviour</u></b> .....	12
2.4.6 <b><u>Calculations and statistical analysis</u></b> .....	13
2.5. <b>RESULTS</b> .....	14
2.5.1. <b><u>Grazing management and pasture characteristics</u></b> .....	15
2.5.2. <b><u>Milk yield and composition</u></b> .....	15
2.5.3. <b><u>Herbage intake and composition</u></b> .....	18
2.5.4. <b><u>Ingestive behaviour</u></b> .....	18

2.6. DISCUSSION.....	20
2.6.1. <u>Pasture pre and post-grazing condition</u> .....	20
2.6.2. <u>Milk yield</u> .....	22
2.6.3. <u>Herbage DMI and harvested forage quality</u> .....	23
2.6.4. <u>Ingestive behaviour</u> .....	24
2.7. CONCLUSION.....	27
2.8. ACKNOWLEDGEMENTS .....	27
2.9. DECLARATION OF INTEREST .....	27
2.10. ETHICS STATEMENT .....	27
2.11. REFERENCES.....	28
<b>3. <u>IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL COMPORTAMIENTO DE VACAS LECHERAS EN PRIMAVERA</u></b> .....	<b>34</b>
3.1. RESUMEN .....	35
3.2. SUMMARY .....	36
3.3. INTRODUCCIÓN.....	37
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.4.1. <u>Diseño experimental y tratamientos</u> .....	38
3.4.2. <u>Pastura</u> .....	38
3.4.3. <u>Animales y manejo</u> .....	39
3.4.4. <u>Producción y composición de leche</u> .....	39
3.4.5. <u>Composición del forraje cosechado</u> .....	39
3.4.6. <u>Comportamiento ingestivo</u> .....	40
3.4.7. <u>Cálculos y análisis estadístico</u> .....	40
3.5. RESULTADOS.....	41
3.5.1. <u>Características de la pastura</u> .....	41
3.5.2. <u>Producción y composición de leche</u> .....	42
3.5.3. <u>Composición del forraje cosechado</u> .....	43
3.5.4. <u>Comportamiento ingestivo</u> .....	43
3.6. DISCUSIÓN.....	47
3.7. CONCLUSIONES .....	51

3.8. AGRADECIMIENTOS .....	52
3.9. BIBLIOGRAFÍA .....	52
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u> .....	57
4.1. <u>Comentarios finales</u> .....	60
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	61

## RESUMEN

Se estudió el efecto de la intensidad de defoliación (ID) de una pastura perenne sobre la producción, el consumo y el comportamiento ingestivo de vacas lecheras. El objetivo fue explorar mayores alturas a las recomendadas a nivel nacional y ver su efecto sobre las variables antes mencionadas. Durante invierno (INV) y primavera (PRI), se compararon dos ID: tratamiento control (TC; 6 y 9 cm; para INV y PRI respectivamente) y tratamiento laxo (TL; 12 y 15 cm; para INV y PRI respectivamente). El criterio de comienzo del pastoreo fue cuando la festuca alcanzaba el estado fisiológico de tres hojas. Veinticuatro vacas multíparas Holstein paridas en otoño, con  $3,2 \pm 0,82$  lactancias,  $580 \pm 41,3$  kg de PV y  $2,5 \pm 0,16$  unidades de CC al parto se bloquearon por el número de lactancias, PV, fecha de parto y CC. Las vacas se ordeñaron dos veces al día, a las 5:00 y a las 16:00. Durante INV los animales recibieron 7,3 kg de suplementación con un turno de acceso a la pastura (7:30-16:00), mientras que en PRI no se suplementaron y accedieron en dos turnos a la pastura (8:00-14:00; 17:30-04:00). Se manejó con un pastoreo rotativo, donde cada pastoreo duró en promedio 7,5 y 5 días, para TC y TL; respectivamente. Los animales de TC produjeron menos leche corregida por energía que los de TL, tanto en INV (25,6 vs. 27,6 kg/d; respectivamente) como en PRI (15,3 vs. 16,9 kg/d; respectivamente). En INV no se encontraron diferencias en el consumo. Sin embargo, los animales de TC presentaron mayor tiempo de pastoreo diario, con menos sesiones, pero de mayor duración cada una. La rumia diaria en TC se redujo proporcionalmente a los aumentos de pastoreo, en comparación con TL. Similares tendencias se encontraron en PRI, donde los animales de TC tendieron a aumentar su tiempo de pastoreo, con sesiones de mayor duración en comparación con TL. Tanto en INV como en PRI, los animales de TL mostraron un comportamiento más estable a lo largo de los días de pastoreo, y lograron cosechar forraje de mayor calidad. Los resultados muestran que hay respuesta productiva a ID más laxas a las recomendadas a nivel nacional. Menores ID permitieron a los animales cosechar un forraje de mejor calidad, en menos tiempo y con mayor aprovechamiento de los nutrientes.

**Palabras clave:** festuca, pastoreo, comportamiento

## **DEFOLIATION INTENSITY: PRODUCTION, INGESTIVE BEHAVIOUR AND INTAKE OF DAIRY COWS**

### **SUMMARY**

The effect of defoliation intensity (ID) on a perennial pasture on the production, intake and ingestive behaviour of dairy cows was studied. The objective was to explore higher sward heights than those recommended at the national level and see their effect on the aforementioned variables. During winter (WIN) and spring (SPR), two ID were compared: control treatment (TC; 6 and 9 cm; for WIN and SPR respectively) and lax treatment (TL; 12 and 15 cm; for WIN and SPR respectively). The criterion for the beginning of grazing was when the fescue reached the physiological state of three leaves. Twenty-four multiparous Holstein cows calved in autumn, with  $3.2 \pm 0.82$  lactations,  $580 \pm 41.3$  kg BW and  $2.5 \pm 0.16$  units of body condition were blocked by the number of lactations, BW, calving date and body condition. Cows were milked twice a day, at 5:00 a.m. and 4:00 p.m. During WIN animals received 7.3 kg of supplementation with one access to pasture (7:30-16:00), while in SPR they were not supplemented and accessed pasture twice a day (8:00-14:00; 17:30-04:00). It was used a rotational grazing, where each grazing period lasted 7.5 and 5 days on average, for TC and TL respectively. Animals of TC produced less energy-corrected milk than the TL, both in WIN (25.6 vs. 27.6 kg/d; respectively) and in SPR (15.3 vs. 16.9 kg/d; respectively). In WIN, no differences were found in forage intake. However, animals of TC had a longer daily grazing time, with fewer grazing bouts, but of a longer duration each. Daily rumination of TC was reduced proportionally to the grazing increases, while TL remained unchanged. Similar trends were found in SPR, where TC animals tended to increase their grazing time, with grazing bouts of longer duration compared to TL. Both in WIN and SPR, animals from TL showed an invariable behaviour throughout the grazing days, and managed to harvest forage of higher quality. The results show that there is a response in production to lower ID than those recommended at the national level. Lower ID allowed the animals to harvest a better quality forage, in less time and with greater use of the nutrients.

**Keywords:** fescue, grazing, behaviour



## **1. INTRODUCCIÓN**

La lechería uruguaya tiene un gran potencial de crecimiento e intensificación. Los niveles de cosecha de forraje aún están cerca de la mitad del potencial reportado a nivel nacional (Fariña y Chilibroste, 2019). El sector representa un 11 % del PBI Agropecuario promedio de 2016-2018 (DIEA, 2020) y aproximadamente el 70 % de la leche remitida a planta tiene como destino la exportación. Esta orientación exportadora del Uruguay, y su histórica condición de tomador de precios, hacen que el control de los procesos productivos (manejo de la alimentación, producción de sólidos, bienestar animal, etc.) y los costos de producción, sean de alto impacto para el sistema. Durante las últimas décadas, los sistemas de producción de leche uruguayos se intensificaron en base a aumentos de carga y de productividad individual. Los más intensivos, lograron una mayor cosecha de forraje por hectárea y esto a su vez, tuvo una relación positiva con el margen de alimentación (Fariña y Chilibroste, 2019). La proporción relativamente alta de forraje en la dieta de los animales ha ubicado a Uruguay dentro de los países con menor costo de producción a nivel mundial (Hemme et al. 2014, Fariña y Chilibroste 2019) y permitió mantener una alta competitividad de los sistemas uruguayos. Los predios con mejor resultado económico, lo han logrado en base al uso de forraje como principal componente de la alimentación y con una suplementación ajustada, con el fin de mejorar el uso del recurso forrajero (Artagaveytia 2014). Por lo tanto, el control del proceso de pastoreo, junto a todas las variables de manejo que influyen sobre él, son la vía tecnológica con mayor potencial para lograr una intensificación sostenible en nuestros sistemas pastoriles (Chilibroste 2002, Fariña y Chilibroste 2019, Méndez et al. 2019). A nivel de parcela, el foco de estudio debe ser la interacción planta – animal la cuál determinará en gran medida la eficiencia del uso de los recursos que dispone el sistema pastoril uruguayo, y en definitiva, los resultados físicos y económicos del mismo.

Desde el lado animal, el consumo de forraje y el comportamiento ingestivo van muy de la mano, y han mostrado gran importancia en cuanto a su relación con el bienestar

animal y su performance (Chilibroste et al. 2015, Beauchemin 2018, Llonch et al. 2018). El consumo de forraje se puede explicar por el tiempo de pastoreo multiplicado por la tasa a la que consume el animal. Esta última a su vez se compone por la tasa de bocados y el peso de cada bocado (Allden y Whittaker, 1970). Nuestra unidad base entonces es el bocado, la cuál es el componente que mayor peso tiene en la ecuación del consumo. El peso del bocado es muy afectado por las condiciones de la pastura, principalmente por la altura y la densidad del horizonte de pastoreo (Laca et al. 1992, Gibb 2006, Carvalho 2013, Carvalho et al. 2015).

A nivel nacional se han realizado diferentes aproximaciones para entender el efecto del manejo de la intensidad de defoliación (ID) sobre la pastura, el animal y su interacción (Mattiauda et al. 2009, Soca et al. 2009, Faber 2012, Carballo 2014, Zibil et al. 2016, Menegazzi 2020). En términos generales, 7 cm de altura post pastoreo es la altura recomendada y considerada como una altura que permite un adecuado balance entre producción animal y la producción y persistencia de la pastura (Zanoniani 2010, Zanoniani y Latanzi 2017). Zibil et al. (2016) estudiaron el efecto del control de la ID en la producción y utilización de forraje en predios comerciales y encontraron incrementos del 26 % en la tasa de crecimiento diaria cuando se controlaba la altura (altura de entrada 15-20 y salida 5-7 cm) en relación al manejo tradicional que realizaba cada predio. Mattiauda et al. (2009), comparando diferentes ID (3, 6, 9 y 12 cm) en una pastura a base de festuca, encontraron una tendencia de mayor producción individual de leche en menores ID. El tratamiento de menor ID también se asoció a una mayor estabilidad en la producción de forraje y leche (Soca et al., 2009). La ID de 3 cm post pastoreo en festuca se descartó por implicar altos niveles de suelo desnudo y comprometer la persistencia de la pastura. Pero aún no pareciera haberse encontrado el punto de equilibrio en la interfase pastura-animal. Menores ID permitirían maximizar la tasa de consumo, y por ende, el consumo de forraje. Pero en un cierto punto, la utilización y calidad de la pastura se vería desfavorecida (Chilibroste et al., 2015). Mayor ID se ha relacionado con mayor utilización de la pastura (Ganche et al., 2013), llevando a la conclusión que para lograr una alta eficiencia de los recursos en sistemas pastoriles, es necesario manejar

altas ID, altas cargas instantáneas y reducir la selectividad del animal y heterogeneidad de la pastura.

Así es que se planteó realizar una comparación de dos ID durante invierno (INV) y primavera (PRI) sobre la producción y composición de la leche, el comportamiento ingestivo y en algunos casos, el consumo de vacas lecheras paridas en otoño. Un tratamiento que llamamos control (TC), el cuál intenta representar el manejo estándar en las diferentes estaciones productivas en los sistemas pastoriles de Uruguay, y un tratamiento laxo (TL), que busca explorar mayores alturas de defoliación a las exploradas hasta ahora. Intentando responder la pregunta: ¿Qué respuesta animal se puede encontrar con alturas de post pastoreo que estén significativamente por encima de las alturas utilizadas y recomendadas en nivel nacional? ¿Cómo se adapta el animal a los dos manejos contrastantes tanto en condiciones de INV como de PRI en pasturas perennes de Uruguay?

El foco de estudio se centró en la respuesta obtenida durante periodos cortos de pastoreo: producción y composición de leche, comportamiento ingestivo, y en algunos casos, el consumo de forraje. Pero la reiteración de los pastoreos sobre las mismas parcelas y con las mismas vacas durante todo el experimento también permiten observar efectos de mas largo plazo como resultado de los tratamientos.

## **1.1. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO**

### **1.1.1. Hipótesis**

Menor ID a la recomendada y utilizada a nivel nacional permitirá una mejor performance productiva de los animales, incrementando el consumo de forraje, a través de mayores tasas de consumo y en menor tiempo de pastoreo efectivo.

### **1.1.2. Objetivo general**

Evaluar el efecto de reducir la ID con respecto a los niveles estudiados y utilizados a nivel nacional, aplicada en una pastura a base de festuca en INV y PRI, sobre el desempeño productivo, el consumo de forraje y el comportamiento ingestivo de vacas lecheras.

### **1.1.3. Objetivos específicos**

- Cuantificar el impacto de usar una menor ID en la performance animal a través de la producción y la composición de la leche.
- Evaluar el efecto de la ID sobre el consumo en INV.
- Evaluar el efecto de la ID sobre la calidad y la composición del forraje cosechado en INV y PRI.
- Evaluar los cambios en el comportamiento ingestivo de los animales en respuesta a los cambios de ID.

## **1.2. ESTRUCTURA DE LA TESIS**

En el cuadro 1 se puede observar el cronograma del trabajo experimental que se llevó a cabo para esta Tesis. El trabajo se resumió en dos artículos científicos, *Capítulos 2 y 3* de los resultados obtenidos durante INV y PRI, respectivamente. El primero se prevé publicar en la revista *Animal* y el segundo en la revista *Veterinaria* (Montevideo). En febrero de 2018 se realizó una homogenización mecánica de la pastura y luego se instalaron las parcelas experimentales. Durante todo el periodo se trabajó con las mismas vacas que parieron en marzo previo al primer pastoreo de adaptación.

Cuadro 1. Cronograma de los pastoreos realizados durante el desarrollo del experimento de la tesis en 2018. TC: tratamiento control, TL: tratamiento laxo

	<b>Pastoreos</b>	<b>TC</b>	<b>TL</b>
Adaptación	Mayo	6 cm	12 cm
Invierno	Julio		
Primavera	Octubre y Diciembre	9 cm	15 cm

**2. SHORT TERM RESPONSE IN MILK PRODUCTION, INTAKE AND  
INGESTIVE BEHAVIOUR OF DAIRY COWS TO POST GRAZING  
SWARD HEIGHT DURING WINTER**

**RESPUESTA DE CORTO PLAZO A LA ALTURA DE POST PASTOREO  
EN PRODUCCIÓN DE LECHE, CONSUMO Y COMPORTAMIENTO  
INGESTIVO DE VACAS LECHERAS DURANTE INVIERNO**

Oliver Fast<sup>1</sup>, Pablo Chilibroste<sup>1</sup>, Gabriel Menegazzi<sup>1</sup>, Matías Oborsy<sup>1</sup>, Cristina Genro<sup>2</sup>, Diego A. Mattiauda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Estación Dr. Mario A Cassinoni, Universidad de la República. Ruta 3 km 363 CP 60000 Paysandú Uruguay.

<sup>2</sup>Embrapa South Livestock, Bagé, Rio Grande Do Sul, Brasil.

\*Autor correspondiente: Oliver Fast. Correo electrónico: olitofast@gmail.com

## 2.1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos intensidades de defoliación (ID) aplicadas en una pastura a base de Festuca durante invierno sobre la producción de leche, consumo, comportamiento ingestivo y la calidad del forraje cosechado de vacas lecheras. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados. Los tratamientos fueron dos ID: Tratamiento Control (TC) y Tratamiento Laxo (TL) de 6 y 12 cm de altura post pastoreo, respectivamente. El criterio de entrada a la pastura fue cuando la festuca alcanzaba el estado de 3 hojas totalmente desarrolladas. Se utilizaron 24 vacas holstein multíparas paridas de otoño, agrupadas por el número de lactancia ( $3,2 \pm 0,82$ ), peso vivo ( $587 \pm 42,5$  kg), fecha de parto ( $20/3/18 \pm 9$  d) y condición corporal ( $2,8 \pm 0,16$ ). Se ordeñó dos veces al día (4:00 y 17:00), con un turno de acceso a la pastura (7:30-16:00). Se suplementaron 7,4 kg MS/d de concentrado comercial. Las vacas de TC produjeron menos leche que las de TL ( $25,6$  vs.  $27,6 \pm 0,54$  kg/d; respectivamente), pero el consumo total no se diferenció entre ID ( $19,7$  vs.  $20,3 \pm 0,54$  kg MS/d; para TC y TL respectivamente). La composición del forraje cosechado por TC presentó mayor contenido de fibras que TL. Los animales de TC aumentaron su tiempo de pastoreo ( $374$  vs.  $327 \pm 6,8$  min; para TC y TL respectivamente), el largo de cada sesión de pastoreo ( $158$  vs.  $122 \pm 12,4$  min; para TC y TL respectivamente) y disminuyeron su tiempo de rumia diario ( $329$  vs.  $370 \pm 45,6$  min; para TC y TL respectivamente). Los animales de TL no mostraron variaciones en la producción ni su comportamiento a lo largo del pastoreo, pero TC mostró importantes cambios de adaptación a la ID a medida que avanzó la defoliación. Los resultados muestran que una ID más laxa puede mejorar la performance productiva, y si bien el consumo no varió, los animales de TL lograron un mayor aprovechamiento del mismo gracias a que pudieron optimizar sus requerimientos de rumia, pastoreo y descanso en el tiempo y espacio.

**Palabras clave:** intensidad de defoliación, pastoreo, lechería, comportamiento ingestivo

## 2.2. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effect of two defoliation intensities (**ID**) applied in a pasture based on *Festuca* during winter on milk production, intake, ingestive behaviour and the quality of the forage harvested by dairy cows. A completely randomized block design was used. The treatments were two ID: Control Treatment (**TC**) and Lax Treatment (**TL**) of 6 and 12 cm post grazing height, respectively. The criterion for the beginning of grazing was when the fescue reached the physiological state of three leaves. Twenty-four multiparous autumn calved Holstein cows were used, grouped by number of lactation ( $3.2 \pm 0.82$ ), live weight ( $587 \pm 42.5$  kg), calving date ( $3/20/18 \pm 9$  d) and body condition ( $2.8 \pm 0.16$ ). It was milked twice a day (4:00 am and 5:00 pm), with restricted access time to pasture (7:30 - 4:00). Cows received 7.4 kg DM/d of commercial concentrate. The cows grazing at TC produced less milk than the TL (25.6 v.  $27.6 \pm 0.54$  kg/d; respectively), but the daily intake did not differ between ID ( $19.7$  v.  $20.3 \pm 0.54$  kg DM; for TC and TL respectively). The composition of the forage harvested by TC presented higher fiber content than TL. Animals of TC increased their grazing time ( $374$  v.  $327 \pm 6.8$  min; for TC and TL respectively), the length of each grazing bout ( $158$  v.  $122 \pm 12.4$  min; for TC and TL respectively) and reduced their daily ruminating time ( $329$  v.  $370 \pm 45.6$  min; for TC and TL respectively). Animals of TL did not show variations in production or their behaviour throughout the grazing period, but TC showed important adaptation changes to ID during the grazing down. The results show that laxer IDs can improve the productive performance, and although the consumption did not vary, animals from TL achieved a greater use of it thanks to the fact that they were able to optimize their rumination, grazing and rest requirements in time and space.

**Keywords:** defoliation intensity, grazing, dairy, restricted access time



### 2.3. INTRODUCTION

The competitiveness and efficiency of pasture based dairy farms is supported by efficient use of pasture in the diets (Dillon et al., 2005) and, is known to be strongly related to the home-grown forage harvested directly by the animals (Dillon et al., 2008; Fariña and Chilbroste, 2019; Horan and Roche, 2019). There are two ways of achieving this, it can be through increasing individual forage DM intake (**DMI**) and/or increasing the stocking rate. The second one has been shown to have great impact on the results, but also tends to generate higher defoliation intensities on the pastures (Ganche et al., 2013; Maccarthy et al., 2013). In addition, it is commonly thought, that in order to achieve high levels of harvested forage, it is necessary to maximise the instantaneous utilization of the pasture, resulting in low post grazing sward heights (Ganche et al., 2013; Crosse et al., 2015). Total DMI explains between 60 and 90 % of the variation in animal performance, and only 10 to 40 % of the variation is due to the nutritional concentration of the consumed diet (Van Vuuren, 1994). Sward height (**SH**) has been found strongly related to the forage DMI (Gibb 2006; Ganche et al., 2014; Chilbroste et al., 2015). From a behavioural perspective, forage DMI can be defined as the result of the grazing time (**GT**), bite mass (**BM**) and bite rate (Allden and Whittaker, 1970). That is, why it is so important to understand how sward characteristics affect forage DMI (Baumont et al., 2000), mainly through BM (Laca et al., 1992; Gibb, 2006; Carvalho et al., 2015). Sward structures that compromise the later one, need to be compensated through changes in GT or bite rate (Gibb, 2006; Chilbroste et al., 2015). Lower post-grazing sward heights (**PGSH**) tend to constrain BM (Laca et al., 1992; Gibb, 2006; Ganche et al., 2014; Chilbroste et al., 2015) and under certain conditions, have found to offer pastures with higher nutritive value (Insua et al., 2018), in comparison with pastures managed under higher PGSH. The objective then, is to achieve high intake rates (**IR**), mainly determined by the BM (Gibb, 2006; Carvalho, 2013; Chilbroste et al., 2015), without neglecting the quality of the selected forage, which decreases from the top strata to the lowest of the pasture (Romera et al., 2010; Benvenuti et al., 2016).

Méndez et al. (2019), studying a group of commercial dairy farms, concluded that forage DMI was limited by the substitution effect of supplements, and although pasture growth differed between seasons, each one had a gap between the actual and the potential forage DMI, but the feeding management made impossible to harvest it. Winter grazing implies short day length, low temperatures, periods of rain and reduced pasture availability due to the low pasture growth. With all this in mind, the experiment was designed considering typical conditions of temperate winter, with autumn calved cows and restricted pasture availability.

The aim of this experiment was to evaluate the effect of two contrasting PGSH applied in a second-year implanted fescue based pasture, on the milk production and composition, forage DMI and ingestive behaviour of supplemented dairy cows with restricted access time to pasture. The hypothesis was that high PGSH would increase animal's performance and forage DMI through less GT and a higher IR.

## **2.4. MATERIALS AND METHODS**

The experiment was carried out at the EEMAC Research Station Paysandú (Uruguay) during July 2018. Previous to the beginning of the experiment, the sward was homogenized by mechanically mowing at 6 cm. Following, an adaptation grazing period took place during April with the respective animals of each treatment. Animal procedures were approved by the Animal Experimentation Committee of the University of the Republic. Average mean daily temperature during the experiment was 9.7 °C, with an average daily minimum temperature of 7.1 °C and a maximum of 12.7 °C and an accumulated rainfall of 11 mm.

### **2.4.1. Experimental design and treatments**

A completely randomized block design was used, with four spatial replicants of 0.6 ha blocked by topography and soil uniformity. Pasture contained 88 % tall fescue

(*Festuca arundinacea*), 7 % lotus (*Lotus corniculatus*) and 5 % weeds at the beginning of the grazing period. Two PGSH were compared: 6 cm (control treatment; **TC**) and 12 cm (lax treatment; **TL**) determined with a graduated ruler. The starting of the grazing period was determined by the three-leaf stage (Fulkerson and Donaghy, 2001). The occupation period of the plot was defined by the days it took for the animals to reach the PGSH of the own treatment.

#### **2.4.2. Pasture**

Weekly measurements of pasture leaf stage were done to determine the starting of the grazing period. The SH was measured daily during the grazing period. There were used two methods: the graduated ruler (point of maximal leaf density) and the rising plate meter® (**RPM**; Ashgrove Co., Palmerston North, New Zealand), at a minimum of 60 and 16 sites in each paddock, respectively. Pre and post grazing herbage mass were estimated to ground level (kg DM/ha), using the double sampling technique of Haydock and Shaw (1975). For a general description of the sward total green cover (%) and botanical composition (% of fescue, legumes and other species), 16 pre-established points on each plot were visually sampled by a group of three experienced observers at the start and the end of the grazing period. At the beginning of the grazing period, 16 representative herbage samples were cut to ground level with a pair of scissors using a steel framed quadrat (0.2×0.5 m). Each sample was then separated in green and dead material and subsequently, dried in an oven with forced air circulation at 60 °C to constant weight for DM determination.

#### **2.4.3. Animals and herd management**

A total of 24 autumn calving multiparous Holstein cows of  $587 \pm 42.5$  kg (mean  $\pm$  s.e.) BW, body condition score  $2.8 \pm 0.16$  and at  $129 \pm 10.2$  days in milk were blocked by parity, BW, body condition score and calving date, and randomly allocated to one of the two treatments. Cows were daily milked at 0400h and 1700h

and daily allowed to graze from 0750h to 1600h. Animals were introduced to the daily routine and diet one week before the start of the grazing period.

After the pm milking cows remained in stalls separated per block (3 cows), where they received in individual troughs 5.2 kg DM of a commercial concentrate, while 2.2 kg DM were provided individually in the morning milking. The weights of concentrate offered and refused were recorded on a daily basis to determine individual intake. Samples of the concentrate were collected twice during the grazing period, dried at 60 °C, and stored for subsequent analyses to determine chemical composition. Mean DM content of the commercial concentrate was 89 %, with 84 % organic matter, 22 % CP, 34 % NDF, 18 % ADF and 1.9 % ether extract.

#### **2.4.4. Milk yield and composition**

Daily milk yield was recorded individually during the experimental period. As the treatments lasted for unequal number of days, milk yield was grouped in three moments: first two grazing days (**M1**), last two grazing days (**M3**) and the days between M1 and M3 (**M2**). Representative milk samples were taken on the third and the final grazing day (am and pm milking) and analysed for content of fat, protein and lactose by midinfrared spectrophotometry (Milko-Scan, Foss Electric<sup>®</sup>, Hillerod, Denmark).

#### **2.4.5. Forage DMI and composition**

Forage DMI was estimated with the double alkane technique (Dove and Mayes, 2006) on 18 animals, three of the four blocks. Animals were dosed twice daily for 9 days after morning and evening milking with cellulose pellets containing 350 mg of dotriacontane (C32 alkane). From day 5 to 9, feces samples were collected in both milkings. Samples were frozen at -20 °C, and then thawed and bulked by cow and dried in an oven with forced air circulation at 60 °C to constant weight and milled at 1mm for analysis. Individual forage samples were collected on days 6 and 8

observing and coping the grazing patterns of each animal using hand clipping technique (Coates and Penning, 2000). The samples were dried in an oven with forced air circulation at 60 °C to constant weight and ground at 1 mm for later chemical analysis. The ratio of C33 to dosed C32 was used to estimate intake. The determination of the n-alkane concentration of the dosed pellets, feces and herbage were carried out according to the protocol proposed by Dove and Mayes (2006) through gas chromatography. Content of DM, OM, CP, NDF and ADF (AOAC, 2000) of each herbage sample was determined. Fiber contents were expressed corrected by OM.

#### **2.4.6. Ingestive behaviour**

Behaviour observations were carried out on three days during the experiment: the second day (**D1**), the last day (**D3**) and the day in the middle of both (**D2**). While animals were on pasture, grazing and ruminating behaviour was observed by visual scan sampling of the activity of each cow every 5 min by trained observers using behavioural definitions according to Gibb (1998). If the cow was grazing, observers counted the number of bites during 1 min for each cow (Chilibroste et al., 2012). Each cow was fitted with a SCR® collar (Schirmann et al., 2009) to record the rumination activity in 2 h periods during the entire day. Precise GPS devices (Polar M400 Polar Electro Oy, Finland) were used to track the displacement during the grazing activity of the animals. As energy supply of the devices was not sufficient to record during the whole access time to pasture, the tracking stopped approximately 7 h after accessing the pasture. As a result, an average of  $88 \pm 3.7$  % of the daily GT was covered by the devices.

#### **2.4.7. Calculations and statistical analysis**

Energy corrected milk (ECM) was calculated according to Tyrrell and Reid (1965).

The RPM height was obtained by converting the RPM points into cm (1 RPM point equals 0.5 cm). Spatial heterogeneity was estimated using the SH observations and calculating variance, standard deviation and range of each plot. Grazing bout duration was calculated by dividing GT by the number of bouts; handling time during pasture was calculated as GT plus ruminating time; IR was calculated as the ratio between forage DMI and GT, and bite mass was calculated by dividing IR by the bite rate (bites/min). Displacement rate was calculated by dividing total displacement while animals were grazing by the duration of the recorded GT.

Data were analysed using the GLIMMIX procedures of SAS Systems program (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Univariate analyses were performed on all variables to identify outliers and inconsistencies and to verify normality of residuals. Milk production, milk composition and ingestive behaviour variables were analysed as repeated measurements with PGSH, the moment and their interaction as fixed effects and block as random effect. Days in milk and previous milk production (during adaptation days) were used as covariable for milk and its components yield.

Intake variables, pasture characteristics and chemical composition of hand clipped herbage were analysed using the GLIMMIX procedure with a mixed model that included the treatment as fixed effect and block as random effect.

Mean differences were considered significant at  $P \leq 0.05$  and tendency when  $0.05 > P \leq 0.1$ .

## **2.5. RESULTS**

During the experiment, 2 animals (one of each treatment) got injured of laminitis and had to be replaced by substitute animals which were not included in the analysis. There were needed 8 and 6 d to achieve the respective PGSH for TC and TL, respectively.

### **2.5.1. Grazing management and sward characteristics**

Dead material content of the herbage mass was in average  $18 \pm 5.7$  % at the start of the grazing period. Pre and post grazing sward characteristics (Table 1) were affected by the treatment. Due to the adaptation grazing period that took place before the start of this study, the pre grazing conditions of the pasture different between treatments. Figure 1 illustrates the depletion dynamics during the grazing days of each treatment. No differences were found in the pre grazing heterogeneity of the pasture, variance ( $13.8 \pm 1.88$ ), standard deviation ( $3.7 \pm 0.26$ ) and range ( $18.8 \pm 0.88$ ) of the SH did not differ between treatments. Regarding post grazing heterogeneity of the pasture, differences were found for variance (2.4 v.  $4.2 \pm 0.53$ ; for TC and TL respectively) and standard deviation (1.6 v.  $2.0 \pm 0.13$ ; for TC and TL respectively). Post grazing range ( $8.8 \pm 1.59$ ) did not differ between treatments.

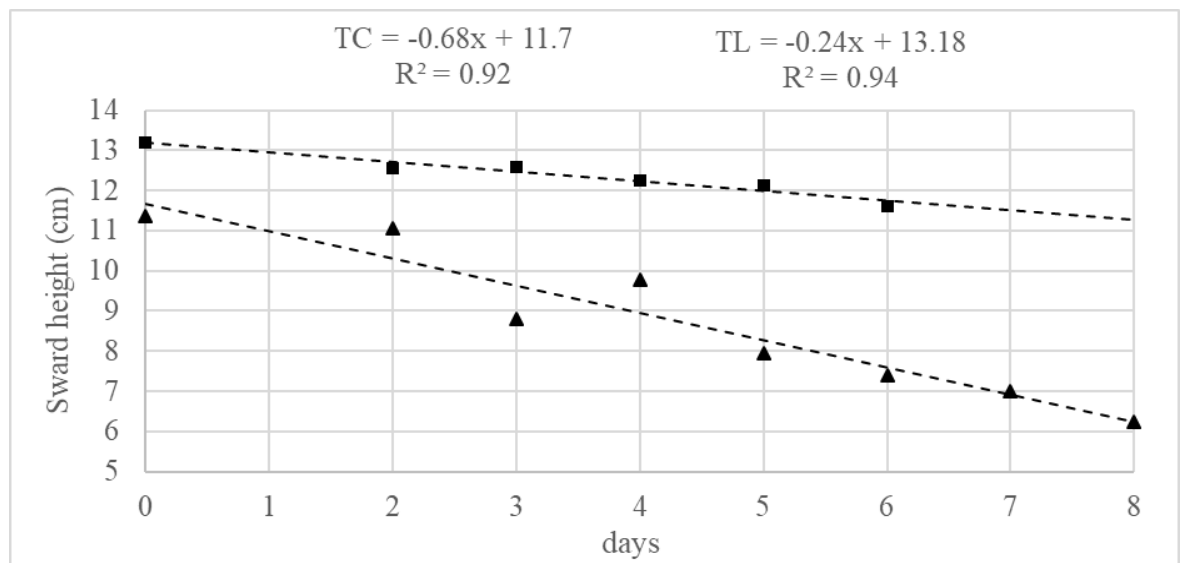
### **2.5.2. Milk yield and composition**

Average milk and ECM yields differed between treatments (Table 2). Animals of TC produced -2.0 kg/d ECM than TL ( $25.6$  v.  $27.6 \pm 0.54$  kg/d; respectively). Both treatments started with the same ECM production, and kept similar at M2, but at M3 ECM production was higher for TL than TC. The former one did not change along the entire grazing period, but TC could not maintain ECM yields along the grazing down. Mean Fat ( $3.9 \pm 0.12\%$ ), protein ( $3.3 \pm 0.06\%$ ) and lactose ( $4.7 \pm 0.06\%$ ) concentration did not differ between treatments. Nevertheless, average milk component yields were greater for TL than TC in every case. The treatment by moment interaction for fat and protein yield, similar to ECM yield, shows that the differences found between treatments is explained by the reduction at M3 (Table 2).

**Table 1** Pre and post grazing sward characteristics.

	TC <sup>1</sup>	TL <sup>2</sup>	SEM	P-value
Pre grazing sward characteristics				
Sward height (cm)	11.3	13.2	0.27	<0.01
Rising plate meter height (cm)	6.7	6.9	0.71	0.69
Herbage mass (kg DM/ha) <sup>3</sup>	2454	2518	102.9	0.68
Pasture green cover (%)	59	62	1.9	0.23
Post grazing sward characteristics				
Sward height (cm)	6.1	11.5	0.17	<0.01
Rising plate meter height (cm)	4.8	5.8	0.27	<0.01
Herbage mass (kg DM/ha) <sup>3</sup>	1728	2101	92.8	0.06
Pasture green cover (%)	45	50	1.8	0.05

<sup>1</sup>TC: 6 cm post grazing sward height; <sup>2</sup>TL: 12 cm post grazing sward height; <sup>3</sup>Cut to ground level



**Figure 1** Depletion dynamics of the sward height during the grazing down by cows managed under two post-grazing sward heights. Fitted linear equations for each treatment are shown within the figure. ▲TC= 6 cm post grazing sward height; ■ TL= 12 cm post grazing sward height



**Table 2** Milk and milk component yields of dairy cows grazing under two contrasting post-grazing sward heights (PGSH) during the grazing period, grouped in three moments (M): initial (M2; first two grazing days), final (M3; last two grazing days) and middle (M2; grazing days between M1 and M3).

	TC <sup>1</sup>			TL <sup>2</sup>			SEM	<i>P</i> -value		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3		PGSH	M	PGSH x M
Yield (kg/d)										
Milk	27.4 <sup>ab</sup>	27.3 <sup>a</sup>	25.2 <sup>b</sup>	27.9 <sup>a</sup>	27.9 <sup>a</sup>	28.2 <sup>a</sup>	0.73	0.05	0.15	0.04
Energy corrected milk	26.9 <sup>x</sup>	26.9 <sup>x</sup>	24.0 <sup>y</sup>	27.8 <sup>x</sup>	27.8 <sup>x</sup>	27.5 <sup>x</sup>	0.76	0.02	0.03	0.07
Fat	-	1.12 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>	-	1.13 <sup>a</sup>	1.10 <sup>a</sup>	0.029	0.03	<0.01	0.03
Protein	-	0.91 <sup>a</sup>	0.82 <sup>b</sup>	-	0.93 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>	0.019	<0.01	<0.01	<0.01
Lactose	-	1.30	1.20	-	1.35	1.33	0.038	0.01	0.02	0.12

<sup>1</sup>TC: 6 cm post grazing sward height; <sup>2</sup>TL:12 cm post grazing sward height; <sup>a,b</sup>Values within a row with different superscripts differ significantly at  $P \leq 0.05$ .

### 2.5.3. Herbage intake and composition

Daily concentrate intake was  $7.1 \pm 0.46$  kg DM and there were no differences found in total DMI between treatments (Table 3). But IR and BM were found to be greater in cows grazing at TL than of those grazing at TC. In addition, TL cows harvested a forage with lower NDF, ADF and ether extract content, but higher DM content than TC cows. There was no difference in CP content of harvested herbage between treatments (Table 3).

**Table 3** Post-grazing sward height effect on total intake, forage intake, intake rate, bite mass and chemical composition of the hand-clipped samples of herbage (n=9) during the period of intake determination.

	TC <sup>1</sup>	TL <sup>2</sup>	SEM	P-value
Total intake (kg DM/d)	19.7	20.3	0.66	0.57
Forage intake (kg DM/d)	12.6	13.2	0.47	0.54
Intake rate (g DM/min)	33.0	40.2	2.02	0.02
Bite mass (g DM/bite)	0.58	0.74	0.054	0.01
Forage chemical composition				
DM (%)	26.0	27.5	0.68	0.04
Organic matter (%)	78.0	78.9	0.11	<0.01
CP (%)	17.6	17.0	0.32	0.2
NDF (%MO)	55.7	53.5	0.34	<0.01
ADF (%MO)	28.5	26.6	0.27	<0.01
Ether extract (%)	3.8	3.4	0.12	0.02

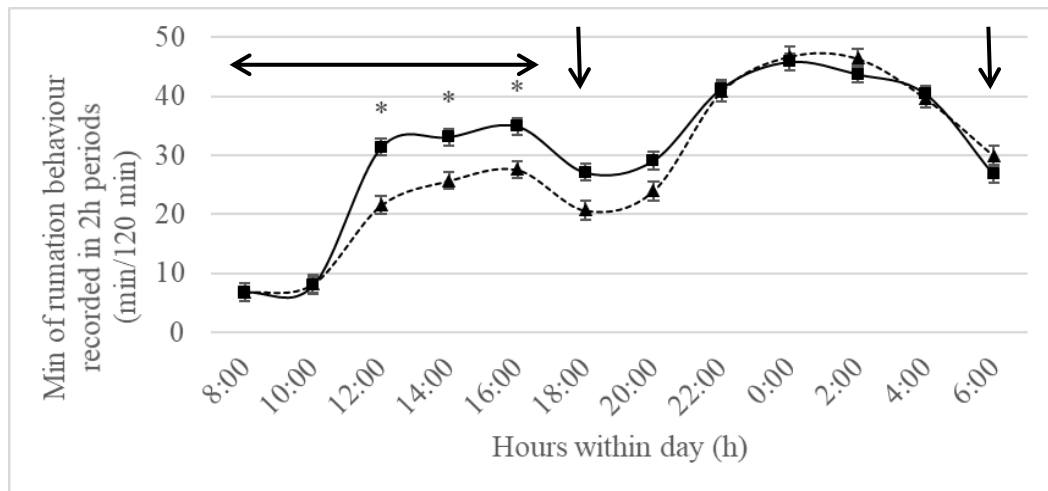
<sup>1</sup> TC: 6 cm post grazing sward height, <sup>2</sup> TL: 12 cm post grazing sward height

### 2.5.4. Ingestive behaviour

Although total DMI did not show differences, animals behaviour showed an important treatment effect (Table 4). Animals grazing at TC presented greater GT than those at TL ( $374$  v.  $327 \pm 6.8$  min/d; respectively), and increased their GT from

D1, to D2 and D3. Meanwhile, animals grazing at TL showed no changes in GT during the whole grazing period. Grazing time expressed as the proportion of access time that animals dedicated to grazing, was higher for TC than TL (0.76 v.  $0.66 \pm 0.013$ ; respectively). Animals grazing at TC tended to have less grazing bouts per day than TL (2.6 v.  $2.9 \pm 0.13$ ; respectively), with greater grazing bout length (158 vs.  $122 \pm 7.5$  min; for TC and TL respectively) and greater first grazing bout length (206 v.  $158 \pm 12.4$  min; for TC and TL respectively). There was treatment by moment interaction on grazing bout length and first grazing bout length. Cows grazing at TL did not vary grazing bout length nor first grazing bout length along the grazing days, but TC increased both from D1 to D2 and D3. Ruminating time during access time to pasture shows an inverse relation to GT. Ruminating time while cows were on pasture was lower for TC than TL (93 v.  $132 \pm 4.8$  min; respectively), remaining unchanged for TL, but decreasing for TC in the same amounts that GT increases from D1 to D2 and D3. Ruminating bouts during access time to pasture decreased from D1 to D2 and D3 in TC, but increased from D1 to D3 for TL, being intermediate on D2. Ruminating bout length while animals stayed on pasture stayed unchanged for both treatments during the whole grazing period. As a result of the inverse relation between grazing and ruminating behaviour on pasture, handling time while animals were on pasture persisted completely unchanged during the entire grazing period for both treatments (Table 4). Bite rate was not affected by treatment nor moment of the grazing period (55.8 v.  $56.4 \pm 1.16$  bites/min; for TC and TL respectively). Cows grazing at TC almost duplicated their displacement rate while grazing, in comparison to TL (1.01 v.  $0.58 \pm 0.224$  m/min; respectively).

Daily ruminating time recorded by SCR devices (Table 4) was lower for TC than for TL (329 v.  $370 \pm 45.6$  min/d; respectively). There was a treatment by moment interaction, at D1 both treatments started with equal daily ruminating time, but TL increased from D2 to D3 while TC remained steady. Daily pattern ruminating in 2 h periods was different between treatments while animals were on pasture, but was identical between both treatments during the rest of the day (Figure 2), confirming the differences observed visually while animals were on pasture.



**Figure 2** Graphical analysis of average diurnal ruminating time of the grazing period, measured by automated recorder in 2h periods of two post-grazing sward heights. ▲ TC=6 cm post grazing sward height; ■ TL=12 cm post grazing sward height; ↓ milking times; ↔ access time to pasture; \* indicates differences ( $P \leq 0.05$ )

## 2.6. DISCUSSION

### 2.6.1. Pasture pre and post-grazing condition

Sward structure was affected by the PGSH of each treatment imposed in the grazing period previously. The results show that the sward presented the same pre grazing herbage mass in both treatments, but with a difference of 17 % in the SH (Table 1). In addition, the depletion dynamics observed in Figure 1 show a totally different sward depletion rate between treatments. These differences indicate that

**Table 4** Ingestive behaviour of dairy cows grazing under two post-grazing sward heights (PGSH) recorded in three moments (D) during the grazing period: initial (D1; second grazing day), final (D3; last grazing day) and middle (D2; grazing day right in the middle of D2 and D3).

	TC <sup>1</sup>			TL <sup>2</sup>			SEM	P-value		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3		PGSH	D	PGSH × D
Ingestive behaviour while on pasture										
Grazing time (min)	331b	394a	396a	316b	334b	330b	9.3	<0.01	<0.01	<0.01
Grazing bouts (n)	3.0	2.3	2.4	2.8	3.1	2.8	0.19	0.09	0.32	0.01
Grazing bout length (min)	124b	175a	175a	126b	115b	124b	11.2	<0.01	0.03	<0.01
First grazing bout length (min)	138b	245a	236a	177b	133b	165b	18.3	0.01	0.01	<0.01
Ruminating time (min)	133a	71b	75b	130a	138a	130a	7.6	<0.01	<0.01	<0.01
Ruminating bouts (n)	2.5ab	1.3d	1.5cd	2.1bc	2.6ab	2.9a	0.20	<0.01	0.12	<0.01
Ruminating bout length (min)	53	55	53	60	55	45	4.4	0.84	0.16	0.18
Handling time (min) <sup>3</sup>	463	465	471	447	471	458	7.1	0.25	0.06	0.14
Bite rate (bite/min)	56.9	56.3	56.1	55.4	56.4	56.0	0.99	0.86	0.63	0.95
Displacement rate (m/min)	-	1.12	0.92	-	0.63	0.54	0.252	<0.01	0.10	0.88
Daily ruminating time (min/d)	348bc	302c	338bc	351b	355ab	404a	13.7	<0.01	<0.01	0.01

<sup>1</sup> TC: 6 cm post grazing sward height, <sup>2</sup> TL: 12 cm post grazing sward height, <sup>3</sup> Grazing time plus ruminating time, <sup>a,b</sup> Values within a row with different superscripts differ significantly at  $P \leq 0.05$

managing the PGSH has repercussion on the structure and composition of the pasture (Gastal and Lemaire, 2015). Insua et al. (2018) comparing two PGSH (4 and 10 cm) found a morphological linkage between longer sheath tubes, generated by higher post grazing SH, with older and longer leaves. This could have been the case in the present study, where TL's sward probably presented longer sheath tubes and leaf length, what resulted in an elevation of the available herbage mass. Coinciding with this supposition, Szymczak et al. (2020) comparing five defoliation SH in fescue (14, 17, 20, 23 and 26 cm), observed that with the increase of the pre-grazing SH the herbage bulk density in the upper strata increases too. Other studies comparing PGSH in perennial ray-grass found contradictory results. Ganche et al. (2013) observed that lower PGSH lead to lower pre grazing SH and herbage mass in the immediate effect, but no long-term carry over effects were found once the treatments were dissolved. Meanwhile, Crosse et al. (2015) found the opposite, lower PGSH resulted in higher pre grazing SH and herbage mass. The criteria used to start grazing are different between studies and probably explain the results. In the present study, the leaf-stage criteria used to determine the start of the grazing period and the fact that the pasture was grazed under the corresponding treatments conditions 90 d before the start of the experiment, might explain the differences found in the pre grazing SH of the pasture.

The greater post-grazing green cover observed at TL could be indicating a lower leaf area removal and implying a lower percentage of lamina free tillers, as it has been found in other comparisons between PGSH (Pérez-Prieto et al., 2011). PGSH could have a positive impact on the DM yield of the pasture, although the results can be multifactorial (Gastal and Lemaire, 2015).

### **2.6.2. Milk yield**

The milk response found in the present study was 0.37 kg of ECM per extra cm in PGSH. Expressing the PGSH in RPM height (4.8 v. 5.8 cm post grazing RPM height; for TC and TL respectively), response was 2.0 kg ECM per extra cm of post grazing RPM height. This is not distant of the response of 2.2 kg ECM per extra cm

of post grazing RPM height found by Pérez-Prieto et al. (2011) when comparing more restrictive PGSH (2.9-3.7 cm RPM height) grazed by mid lactating cows that had 9 h access to pasture and were supplemented with 6.4 kg OM/d (4.4 kg OM silage + 2.0 kg OM concentrate). Similarly, Ganche et al. (2013) and Crosse et al. (2015) found a response of 2.3 kg ECM per extra cm of RPM height, when comparing PGSH (2.7- 4.2 cm post grazing RPM height) during the first 10 weeks of lactation supplementing on average with 3.3 kg DM of concentrate. Climate and pasture (mostly perennial ryegrass + white clover) of these studies are different to those of the present study, but the milk response is still important, especially when considering the significantly higher PGSH that were compared.

The evolution of the milk yield during the grazing period, shows that an important effect of the reduction in milk yield of TC is compromised at M3, as during M1 and M2 no differences were observed. This seems to indicate, that the lower strata that was reached by TC at M3 implied restrictive conditions for animals' performance. Physical restrictions, as shown by the reduced bite mass and IR, and also lower forage quality, are probably related to lower lamina/stem ration and higher dead material content (Romera et al., 2010; Carvalho, 2013; Benvenuti et al., 2016).

### **2.6.3. Herbage DMI and harvested forage quality**

It was hypothesized that the greater performance of TL would be mainly explained by higher forage DMI. And although herbage allowance of TL was 25% greater than TC, there were no differences found in forage DMI. However, in this study, the forage DMI estimation is the average forage DMI of the last 4 grazing days. When considering that the differences in milk production were only notable at M3 (last two grazing days), it could be possible that the forage DMI did decline toward the last grazing days. But both treatments achieved the same forage DMI, so not the amount, but the way forage was ingested and probably digested, could be one of the causes of the response to the laxer defoliation intensity. The previously cited authors that compared different PGSH (Pérez-Prieto et al., 2011; Ganche et al., 2014; Crosse

et al., 2015) explained their responses in ECM mainly by increases in animals forage DMI. Similar tendencies are reported by Gibb (2006). It is coinciding in all cases, that the BM is the key factor that determines the IR and most of the time, the final outcomes. However, the results of the present study could be indicating that under certain sward conditions and certain type and levels of supplementation, other factors can also determine the animals' performance, as it is discussed in the next section.

On mini sward level, whole fescue sward quality has been found to be greater when pasture is managed at lower post grazing SH, as shorter leaf length and age increase and so do NDF and DM digestibility (Insua et al., 2018). But when comparing on paddock level, no effect of PGSH has been found on the morphological nor chemical composition of the offered herbage mass (Pérez-Prieto et al., 2011; Ganche et al., 2013; Crosse et al., 2015). And regarding the quality of the forage harvested by the animals, higher PGSH has shown to made possible greater selectivity, decreasing fiber content and increasing DM digestibility (Pérez-Prieto et al., 2011; Crosse et al., 2015). So was the case in the present study. The forage harvested by the cows grazing at TL presented higher content of PC and lower fiber content. Although the offered herbage was not sampled, it is assumable that animals grazing at TL had the conditions that permitted a greater selection of the ingested forage. Considering the decreasing herbage quality in the lower strata (Romera et al., 2010; Szymczak et al., 2020), it is assumable that TC harvested a lower proportion of leaf and more stems and dead material.

#### **2.6.4. Ingestive behaviour**

Cows grazing at lower PGSH dedicated more time grazing and less time ruminating, these tendencies are similar to those reported by Gibb (2006). Pérez-Prieto et al. (2011) found a reduction in GT when PGSH increases, but no differences in grazing bout duration and number of grazing bouts. In the present study, as IR of TC cows was lower, grazing bouts duration of TC was distended in order to compensate forage DMI and as consequence, they had to postpone rumination activity.



Meanwhile, animals grazing at TL were able to split their ingestion and probably increase the nutritional use of the harvested forage (Chilibroste et al., 2005; Llonch et al., 2018). Average IR of this study was 36.9 g DM/min. This high value was expected, as it is known that long periods of fasting result in longer grazing bouts, higher IR (mainly explained by greater BM) and reduction in rumination activity during the access time to pasture (Chilibroste et al., 2005; Chilibroste et al., 2007).

It has been found when the conditions require animals to increase their GT, they will do it through decreasing the number of the grazing bouts and increasing the duration of each grazing bouts (Carvalho, 2013; Werner et al., 2018). Besides, bout duration is related to interbout interval, so that animals grazing at TC, had to reduce their ruminating time and bouts while on pasture. This could have been compromising the important functions of rumination activity such as rumen buffering, particle size reduction and consequent microbial digestion and nutritional utilization of the harvested forage, and could be one of the explanations of the differences found in milk production (Chilibroste et al., 2005; Beauchemin, 2018). Chilibroste et al. (1998) found that the proportion of newly ingested material greater than 1.25 mm started to decrease as the grazing session continued and contained a period of rumination.

The inverse relation between grazing and ruminating time found, seems to indicate a compensatory effect between both (Dado and Allen, 1994). This is reflected in the stability of the handling time along both treatments. The important reduction of ruminating time of TC during the access time to pasture was not compensated later on the day, emphasizing the importance of the rumination bouts during the grazing time (Beauchemin, 2018), being especially important when access time to pasture is restricted.

The evolution of grazing behaviour of both treatments was different. At D1, both treatments presented identical behaviours, and while TL remained unchanged during the whole grazing period, animals grazing at TC showed behavioural adaptation to the apparently compromising SH. This adaptation is already observable at D2, where

ingestive behaviour already differs between treatments, but in relation with animals' performance, this wasn't affected but until D3. This brings to the deduction that for a certain period of time, animals at TC managed to compensate through the behavioural changes, but on some point, sward restrictions were too severe to maintain performance.

Contrary to the expected, in our study animals did not seem to consider changes in the bite rate as an option to compensate the reduction of BM, although it has been found so in some cases (Gibb, 2006; Chilibroste et al., 2015). In fact, Werner et al. (2018) analysed detailed ingestive behaviour patterns with the objective to find possible grazing behaviour indicators for restricted grass availability, and the only behaviour component that responded to low grass availability (low herbage allowance and post grazing SH) was the bite rate.

When BM increases, so does the time per bite (Carvalho, 2013). Although total jaw movements were not registered in this study, it would have been expected that cows grazing at TL presented a lower proportion of prehension bites, as result of increasing manipulative and masticatory movements originated by the greater BM (Gibb, 2006). The fact that bite rate did not decrease for TL, despite de important differences in BM, could be related to the greater displacement rate of the cows of TC. Cows from TL reduced their displacement rate and probably dedicated more time to masticate and select the bites (which was possible due to greater heterogeneity), helping to reduce particle size while eating (Beauchemin, 2018) and resulting in greater harvested forage quality. Meanwhile, cows from TC had to reduce their selection and increase their displacement during the grazing activity. Besides, they probably visited a larger number of feeding stations, but harvested fewer bites and remained less time at each feeding station (Carvalho, 2013).

## **2.7. CONCLUSION**

Managing PGSH has shown to have an important impact on animals' performance and behaviour. Higher PGSH did not require important behavioural adaptations, but permitted a stable and unchanged ingestive behaviour during the grazing down. Meanwhile, lower PGSH required changes in the grazing and ruminating activities, which at the end were not able to fully compensate the restrictions imposed by the sward conditions. Animals' performance was not affected by the amount of feed eaten, but by how they were able to administer their resources in time and space. Managing PGSH impacted pasture's structure, and could mean a disadvantage if pastures utilizations decrease. In further studies, this interaction and the potential improvements of PGSH adjustments should be analysed in long-term and on a farm level.

## **2.8. ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was part of the project POS\_NAC\_2017\_1\_140589 supported by Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII, Uruguay). The authors thank the research agency for supporting postgraduate scholarship awarded to O. Fast. Special thanks to all the students that cooperated and participated in the daily work and measurements and made possible this outcome.

## **2.9. DECLARATION OF INTERES**

The authors declare that there is no actual or potential conflict of interest that could be perceived as prejudicing the impartiality of the reported experiment and information.

## **2.10. ETHICS STATEMENT**

This experiment received ethical approval from the Animal Experimentation and Ethical Committee of the University of the Republic.

## 2.11. REFERENCES

- Allden WG and McDWhittaker IA 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research* 21, 755-766.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 1997. Official methods of analysis, 17th edition, 3rd revision. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA.
- Baumont R Prache S Meuret M and Morand-Fehr O 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* 64, 15-28.
- Beauchemin KA 2018. Invited review: Current perspectives on eating and ruminating activity in dairy cows. *Journal Dairy Science* 101, 1-23.
- Benvenuti MA Pavetti DR Poppi DP Gordon IJ and Cangiano CA 2016. Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. *Grassland and Forage Science* 71, 424-436.
- Carvalho PCF 2013. Can grazing behaviour support innovations in grassland management. *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Grassland Congress*. 1134–1148.
- Carvalho PCF, Bremm C, Mezzalana JC, Fonseca L, da Trindade JK, Bonnet OJF, Tischler M, Genro TCM, Nabinger C and Laca EA 2015. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Animal Production Science* 55, 319–327.

Chilibroste P, Tamminga S, Van Bruchem J and Van der Togt PL 1998. Effect of allowed grazing time, inert rumen bulk and length of starvation before grazing, on the weight, composition and fermentative end-products of the rumen contents of lactating dairy cows. *Grass and Forage Science* 53, 146–156.

Chilibroste P, Gibb MJ and Tamminga S 2005. Pasture characteristics and animal performance. In *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (ed. J Dijkstra, JM Forbes and J France), pp. 681–706. CABI Publishing, Wallington, UK.

Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA, Bentancur O and Robinson PH 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.

Chilibroste P, Mattiauda DA, Bentancur O, Soca P and Meikle A 2012. Effect of herbage allowance on grazing behaviour and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 173, 201–209.

Chilibroste P, Gibb MJ, Soca P and Mattiauda DA 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science* 55, 328-338.

Coates DB and Penning P 2000. *Measuring animal performance*. L't Mannelje and Jones RM, ed. CABI, Wallingford.

Crosse M, O'Donovan M, Boland TM, Delaby L, Ganche E and Kennedy E 2015. Using post-grazing sward height to impose dietary restrictions of varying duration in early lactation: its effects on spring-calving dairy cow production. *Animal* 9, 592-603.

- Dado RG and Allen MS 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77, 123 – 144.
- Dillon P, Roche JR, Shalloo L and Horan B 2005. Optimising financial return from grazing in temperate pastures: Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. In: *Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International grassland congress, Crok, Ireland*, 131-147.
- Dillon P, Hennessy T, Shalloo L, Thorne F and Horan B 2008. Future outlook for the Irish dairy industry: a study of international competitiveness, influence of international trade reform and requirement for change. *International Journal of Dairy Technology* 61, 16–29.
- Dove H and Mayes RW 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. *Nature Protocols* 1, 1680.
- Fariña SR and Chilibroste P 2019. Opportunities and challenges for growth of milk production from pasture based systems: the case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems* 176, 102631.
- Fulkerson WJ and Donaghy DJ 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.
- Ganche E, Delaby L, O'Donovan M, Boland T, Galvin N and Kennedy E 2013. Post-grazing sward height imposed during the first 10-weeks of lactation: influence

on early and total lactation dairy cow production and spring and annual sward characteristics. *Livestock Science* 157, 299–311.

Ganche E, Delaby L, O'Donovan MO, Boland TM and Kennedy E 2014. Short-term response in milk production, dry matter intake and grazing behaviour of dairy cows to changes in postgrazing sward height. *Journal of Dairy Science* 97, 3028-3041.

Gastal F and Lemaire G. 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture* 5, 1146-1171.

Gibb MJ 1998. Animal grazing/intake terminology and definitions. In: Keane MG, O'Riordan, EG eds. *Pasture ecology and animal intake*. Dunsany, Ireland, Teagasc. pp. 21–37.

Gibb MJ 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. In: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S eds. *Fresh herbage for dairy 45 cattle; the key to a sustainable food chain*. s.l., The Netherlands, Springer. pp. 141–15.

Haydock KP and Shaw NH 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15, 663–670.

Horan B and Roche JR 2019. Defining resilience in pasture-based dairy-farm systems in temperate regions. *Animal Production Science* 60, 55-66.

Insua JR, Agnusdei MG, Utsumi SA and Berone GD 2018. Morphological, environmental and management factors affecting nutritive value of tall fescue (*Lolium arundinaceum*). *Crop and Pasture Science* 69, 1165-1172.

- Laca EA, Ungar ED, Seligman N and Demment MW 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass Forage Science* 47, 91-102.
- Llonch P, Mainau E, Ipharraguerre I, Bargo F, Tedo G, Blanch M and Manteca X 2018. Chicken or the Egg: The Reciprocal Association Between Feeding Behavior and Animal Welfare and Their Impact on Productivity in Dairy Cows. *Frontiers in Veterinary Science* 5, 305
- Macarthy B, Pierce K, Delaby L, Brennan A, Fleming C and Horan B. 2013. The effect of stocking rate and calving date on grass production, utilization and nutritive value of the sward during the grazing season. *Grassland and Forage Science* 68.
- Méndez MN, Chilibroste P, Aguerre M. 2019. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effect of grazing and feeding management. *Animal* 14 (4): 1-8.
- Pérez-Prieto LA, Peyraud JL and Delagrade R 2011. Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter. *Livestock Science* 137, 151-160.
- Romera AJ, Gregorini P and Beukes PC 2010. Technical note: A simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliations. *Journal of Dairy Science* 93, 3074–3078.
- Schirmann K, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira DM and Heuwieser W 2009. Technical note; validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 6052–6055.



Szymczak LS, de Moraes A, Sulc RM, Monteiro ALG, Lang CR, Moraes RF, da Silva DFF, Bremm C and Carvalho PCF 2020. Tall fescue sward structure affects the grazing process of sheep. *Scientific Reports* 10.

Tyrrell HF and Reid JT 1965. Prediction of Energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science* 48, 1215-1223.

Van Vuuren AM 1994. Aspects of forage intake regulation. *Grasslands and society. Proceedings of the 15th general meeting of the European Grassland Federation*, 556-56

Werner A, Umstatter C, Kennedy E, Grant J, Leso L, Geoghegan A, Shalloo L, Schick M and O'Brien B 2019. Identification of possible cow grazing behaviour indicators for restricted grass availability in a pasture-based spring calving dairy system. *Livestock Science* 220, 74 – 82

3. **IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL COMPORTAMIENTO DE VACAS LECHERAS EN PRIMAVERA**

**IMPACT OF DEFOLIATION INTENSITY ON THE PRODUCTION AND BEHAVIOUR OF DAIRY COWS IN SPRING**

Fast Oliver<sup>1</sup>, Pablo Chilibroste<sup>1</sup>, Matías Oborsky<sup>1</sup>, Gabriel Menegazzi<sup>1</sup>, Diego A. Mattiauda<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Estación Dr. Mario A Cassinoni, Universidad de la República. Ruta 3 km 363 CP 60000 Paysandú Uruguay.

\*Autor correspondiente: Oliver Fast. Correo electrónico: olitofast@gmail.com

### 3.1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la intensidad de defoliación (ID) aplicada en una pastura mixta sobre la producción y el comportamiento ingestivo de vacas lecheras. En un diseño en bloques completamente aleatorizados se trabajaron dos tratamientos de ID: Tratamiento Control (TC) y Tratamiento Laxo (TL) de 9 y 15 cm de altura post pastoreo, respectivamente. El criterio de entrada a la pastura fue el estado de 3 hojas de la gramínea. Se realizaron dos pastoreos, la ocupación de los animales en las parcelas estaba dada por el tiempo que demoraban los animales en llegar a la altura de cada ID. Se utilizaron 24 vacas Holstein multíparas, agrupadas por el número de lactancias, PV ( $580 \pm 41,3$  kg), fecha de parto ( $20/3/18 \pm 9$  d) y condición corporal ( $2,5 \pm 0,16$ ). Los animales se ordeñaron dos veces al día (4:00 y 16:00), y el resto del tiempo permanecieron en la pastura. Las vacas de TC produjeron menos leche que las de TL ( $15,3$  vs.  $16,9 \pm 0,57$  kg/d; respectivamente). En comparación con TC, los animales de TL tendieron a disminuir su tiempo de pastoreo ( $488$  vs.  $454 \pm 42,8$  min/d; respectivamente) y el largo de cada sesión de pastoreo ( $67$  vs.  $58 \pm 17,7$  min; respectivamente), sin variar el tiempo de rumia diaria ( $560 \pm 13,7$  min/d). Las vacas de TC, en comparación con las de TL, aumentaron su pastoreo durante la noche, y concentraron la rumia en la mañana mientras estaban en el ordeño. Los animales de TL mostraron una producción y comportamiento estable a lo largo del pastoreo, mientras que TC mostró cambios de adaptación. Los resultados muestran que una ID más laxa puede mejorar la performance productiva, y no requieren cambios en el comportamiento de vacas lecheras.

**Palabras clave:** comportamiento ingestivo, pastoreo, rumia,

### 3.2. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effect of the defoliation intensity (DI) applied in mixed pasture during spring on the production and the ingestive behaviour of dairy cows. It was used a completely randomized block design where the treatments were two DI: Control Treatment (TC) and Lax Treatment (TL), of 9 and 15 cm post grazing height, respectively. The criterion for the beginning of grazing was the physiological state of three leaves. Two grazing periods were carried out, where the occupation of the animals in the plots was determined by the days to took to achieve the respective DI. Twenty-four multiparous Holstein cows were used, grouped by number of lactations, live weight ( $580 \pm 41.3$  kg), calving date ( $3/20/18 \pm 9$  d) and body condition ( $2.5 \pm 0.16$ ). Cows were milked twice a day (4:00 and 16:00), and the rest of the time the animals spent on the pasture. Cows grazing at TC produced less energy corrected milk than those of TL (15.3 vs.  $16.9 \pm 0.57$  kg/d; respectively). Animals of TC tended to increase their grazing time (488 vs.  $454 \pm 42.8$  min/d; respectively) and the length of each grazing session compared to those of TL (67 vs.  $58 \pm 17.7$  min; respectively), without difference in daily rumination time ( $560 \pm 13.7$  min/d). In comparison to TL, cows of TC increased their grazing overnight, and concentrated rumination in the morning while they were milking. The production and behaviour of the cos grazing at TL remained stable throughout the grazing period, while TC showed adaptation changes to the DI. The results show that laxer DI could improve productive performance, and do not require changes in the behaviour of cows in mid-lactation.

**Key words:** ingestive behaviour, grazing, ruminating, dairy

### **3.3. INTRODUCCIÓN**

Las comparaciones de sistemas de producción de leche a nivel mundial, han mostrado que la inclusión de forraje directamente cosechado por los animales en la dieta, es el factor determinante en el bajo costo de producción por litro de leche (Hemme *et al.*, 2014). El control del proceso de pastoreo es la vía tecnológica con mayor potencial para lograr una intensificación sostenible en los sistemas pastoriles (Chilibroste, 2002). El foco de estudio debe ser la interacción planta – animal, la cuál determinará en gran medida la eficiencia del uso de los recursos que disponen los sistemas pastoriles, y en definitiva, los resultados físicos y económicos de los mismos. Entender de qué manera los animales responden a los cambios a través de su comportamiento es una herramienta útil que permite incidir en cómo los animales se adaptan y componen la dieta (Llonch *et al.*, 2018; Werner *et al.*, 2019) y, como resultado, puede mejorar el consumo de nutrientes y finalmente la producción (Chilibroste *et al.*, 2005; Gibb, 2006; Mattiauda *et al.*, 2009).

En el presente trabajo, se pretende estudiar cómo impacta el manejo de la intensidad de defoliación (ID) sobre la producción de vacas lecheras manejadas sin suplementación en primavera, y qué estrategias de adaptación comportamental utilizan éstas en respuesta a los cambios en la pastura.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se desarrolló en la estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía- UDELAR, Paysandú, Uruguay (32° 22`S-58° 03`W). Se utilizaron 2,4 ha de una pastura a base de Festuca alta Cv. INIA-Fortuna (Festuca arundinacea) de segundo año de implantación, ubicada en la unidad de producción de leche de la estación EEMAC. El trabajo experimental consistió de dos pastoreos, durante primavera (1-10 de octubre y 5-10 de diciembre) 2018. Durante los días de pastoreo, no se presentaron lluvias, y la temperatura media fue 17,8 °C, la mínima promedio fue 10,8 °C y la máxima promedio fue 24,4 °C. Previo a este

período y como parte del trabajo, la pastura ya se había pastoreado dos veces en mayo y julio con los mismos animales y con el efecto de ID.

#### **3.4.1. Diseño experimental y tratamientos**

Se trabajó con un diseño en bloques completamente aleatorizados. Se definieron 4 bloques espaciales (diferenciados por topografía y uniformidad de suelos), cada parcela de 0,3 ha fue pastoreada por 3 vacas. Se evaluaron dos ID: tratamiento control (TC) 9 cm y tratamiento laxo (TL) 15 cm de altura post pastoreo. El criterio de entrada a la pastura fue el estado de 3 hojas totalmente desarrolladas (Fulkerson y Donaghy, 2001). La ocupación de los animales de la parcela era resultado de los días necesarios para alcanzar la altura post pastoreo objetivo de cada tratamiento.

#### **3.4.2. Pastura**

Semanalmente se realizaron mediciones del estado fisiológico de la pastura para determinar el comienzo del pastoreo. Una vez comenzado, se midió diariamente la altura, punto de máxima densidad de hojas, y biomasa (kg MS/ha al ras) de la pastura. La altura se midió con regla y la biomasa disponible (kgMS/ha) se determinó con el plato (RPM - Rising Plate Meter® - Ashgrove Co., Palmerston North, New Zealand). El mismo se calibró por la técnica de doble muestreo adaptada de Haydock y Shaw (1975). Para todas las mediciones se recorrieron transectas predeterminadas en las parcelas. Por parcela se realizaron un mínimo de 55 medidas de altura y estado fisiológico, y 120 medidas de RPM.

Se realizó una descripción general pre y post pastoreo de la composición de la pastura. Para eso, previo al comienzo del experimento se fijaron 16 puntos sobre las transectas marcadas en cada parcela. Al comienzo y al terminar cada pastoreo, se visitaron dichos puntos y con un rectángulo de acero (0,2 × 0,5 m) se estimó visualmente la cobertura verde, y luego la composición botánica de la misma: porcentaje de festuca, leguminosas y otras especies.

### **3.4.3. Animales y manejo**

Se trabajó con veinticuatro vacas Holstein multíparas paridas en otoño ( $20/3/18 \pm 9$  d). Al inicio del experimento los animales tenían  $3,2 \pm 0,82$  lactancias,  $580 \pm 41,3$  kg de peso vivo y  $2,5 \pm 0,16$  unidades de condición corporal. Se bloquearon por el número de lactancias, peso vivo, fecha de parto y condición corporal. Las vacas se ordeñaron dos veces al día, a las 5:00 y a las 16:00, y accedieron en dos turnos a la pastura: turno AM (08:00-14:00) y turno PM (17:30-04:00). Los animales no recibieron suplemento y durante todo el día tenían acceso a agua fresca. El primer ingreso a las parcelas se realizaba en el turno de la mañana. La semana previa a cada pastoreo, los animales fueron acostumbrados a la dieta y el manejo.

### **3.4.4. Producción y composición de leche**

La producción de leche se midió diariamente. Debido a que la duración de los pastoreos varió entre tratamientos, la producción se agrupó en tres momentos: primeros dos días (INI); últimos dos días (FIN) y los días intermedios (MED). El tercer y el último día de pastoreo, se realizaron muestras individuales de leche (ordeño AM y PM) y se analizó el contenido de grasa, proteína, lactosa y caseína (Milko-scan, Foss Electric, Hillerød).

### **3.4.5. Composición del forraje cosechado**

Durante el pastoreo, se colectaron muestras del forraje cosechado de 18 animales (3 bloques completos) mediante la técnica de *hand-clipping* (Coates y Penning, 2000) en el penúltimo día de cada pastoreo. Las mismas fueron separadas manualmente en los siguientes componentes: festuca, leguminosas sembradas (Lotus y Trébol blanco), restos secos y otras especies. A su vez, la festuca fue separada en lámina, vaina e inflorescencia, cortando las láminas a la altura de la lígula. Todas las muestras fueron pesadas y secadas en estufa a  $60^\circ$  hasta peso constante, para

determinar la contribución de cada componente a la MS cosechada por los animales (en base a Arosteguy, 1982). Luego se volvieron a juntar las muestras completas de cada animal y se molieron a 1 mm. Para el análisis químico, se realizaron muestras compuestas por parcela (n=6) en cada pastoreo y se determinó su contenido de materia seca (MS), materia orgánica, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto etéreo.

#### **3.4.6. Comportamiento ingestivo**

El comportamiento ingestivo se registró en todos los animales durante todos los días del pastoreo y se resumió en los tres momentos INI, MED y FIN. Se utilizaron dispositivos Moonitor (Fast, 2016) y SCR (Schirmann *et al.*, 2009) para cuantificar el tiempo de pastoreo y rumia, respectivamente. A su vez se realizaron observaciones visuales en INI y FIN, únicamente durante el turno de pastoreo AM (8:00-14:00) para cuantificar la tasa de bocado, con una frecuencia de registro de 10 minutos (Chilibroste *et al.*, 2012).

#### **3.4.7. Cálculos y análisis estadístico**

La producción de leche corregida por energía (LCE) se calculó con la ecuación de Tyrrell y Reid (1965). Las sesiones de pastoreo se determinaron de acuerdo a Gibb (1998). El largo de sesión se calculó con la división del tiempo de pastoreo diario sobre la cantidad de sesiones diarias. El largo de la primera sesión resultó del promedio de la primera sesión del turno AM y la primera sesión del turno PM. El tiempo diario de actividad se calculó como la suma del tiempo de pastoreo y el tiempo de rumia. La heterogeneidad de la pastura fue descripta mediante el desvío estándar y el rango de las observaciones de altura de cada parcela, que a mayor valor indican mayor dispersión del grupo de datos.

Los datos se analizaron utilizando el programa SAS System (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU.). Se realizaron análisis univariados en



todas las variables para identificar valores atípicos e inconsistencias y para verificar la normalidad de los residuos. La producción de leche y las variables comportamentales se analizaron mediante el procedimiento GLIMMIX con un modelo mixto y medidas repetidas en el tiempo. El modelo incluyó el tratamiento, el momento y su interacción como efectos fijos, y el bloque y el pastoreo como efectos aleatorios. Las características de la pastura y la composición del forraje cosechado se analizaron con el tratamiento como efecto fijo y el bloque y el pastoreo como efectos aleatorios. Los días en lactancia y la producción previa al ingreso de la parcela se utilizaron como covariable si  $p < 0,05$ . Se realizaron pruebas de Tukey-Kramer para analizar las diferencias entre los grupos. Se consideró que las medias diferían cuando  $p \leq 0,05$ , y las tendencias se identificaron cuando  $0,05 < p \leq 0,10$ . Los datos se presentan como media  $\pm$  error estándar.

### **3.5. RESULTADOS**

#### **3.5.1. Características de la pastura**

En promedio, la festuca presentó  $2,7 \pm 0,53$  hojas al momento de comienzo del pastoreo. La duración promedio de los pastoreos fue de 7 y 4,5 días para TC y TL respectivamente. Como resultado de cada tratamiento, la asignación fue menor en el primero (50 vs.  $86 \pm 16,4$  kg MS/vaca/d; para TC y TL respectivamente). Las condiciones de la pastura pre pastoreo generadas por los tratamientos fueron diferentes (Tabla 1). El manejo más laxo tendió a generar una mayor altura y biomasa ( $P=0.06$ ) pre pastoreo. Sin embargo, tanto el desvío estándar ( $5,0$  vs  $5,4$  cm  $\pm 2,01$ ; para TC y TL respectivamente) como el rango ( $22$  vs  $22$  cm  $\pm 8,1$ ; para TC y TL respectivamente) de la altura pre pastoreo, no difirieron entre ID. La cobertura verde y la composición botánica estimados visualmente al inicio del pastoreo, no difirieron entre tratamientos, siendo de  $81 \pm 3,6$  %,  $12 \pm 2,4$  % y  $7 \pm 1,6$  % de festuca, leguminosa y otras especies, respectivamente.

En ambos tratamientos, la altura post pastoreo fue sensiblemente menor a la establecida para cada ID (Tabla 1). La dispersión de los valores de altura post pastoreo fue diferente entre ID, tanto el desvío estándar (2,5 vs.  $3,4 \pm 0,19$  cm; para TC y TL respectivamente) como el rango (11 vs.  $16 \pm 1,9$  cm; para TC y TL respectivamente) fueron menores en TC, en comparación con TL. La composición botánica estimada visualmente post pastoreo no difirió entre tratamientos y fue de  $80 \pm 8,0$  %,  $10 \pm 2,3$  % y  $10 \pm 3,1$  % de festuca, leguminosa y otras especies, respectivamente.

**Tabla 1** Características pre y post pastoreo de la pastura manejada bajo dos intensidades de defoliación.

	TC <sup>1</sup>	TL <sup>2</sup>	ES <sup>3</sup>	P-valor
Características pre pastoreo				
Altura (cm)	21,3	22,8	5,76	<0,01
Biomasa disponible (kg DM/ha) <sup>4</sup>	3370	3816	158	0,06
Cobertura verde (%)	59	70	5,1	0,43
Características post pastoreo				
Altura (cm)	8.9	14.0	0,54	<0,01
Biomasa disponible (kg DM/ha) <sup>4</sup>	2284	2772	797	<0,01
Cobertura verde (%)	54	61	5,57	<0,01

<sup>1</sup> TC: 9 cm altura post pastoreo; <sup>2</sup> TL: 15 cm altura post pastoreo; <sup>3</sup> Error estándar; <sup>4</sup> Cortado al ras del suelo

### **3.5.2. Producción y composición de leche**

La producción de leche y LCE difirió entre tratamientos (Tabla 2). La producción de LCE fue 10 % mayor en TL ( $15,3$  vs.  $16,9 \pm 0,57$  kg/d, para TC y TL respectivamente). La tendencia en la interacción ID  $\times$  momento muestra que las vacas de TC no lograron mantener su producción inicial en la medida que avanzaron los días de pastoreo, a pesar de que ambos tratamientos empezaron con el mismo nivel productivo. Contrario a esto, los animales de TL mantuvieron su nivel de producción estable durante todo el pastoreo.

La composición de la leche no varió entre tratamientos. Por lo tanto, la producción de grasa y proteína fue mayor para TL con respecto a TC. La interacción ID × momento en el contenido de grasa y de proteína de la leche, muestra reducciones de MED a FIN en TC, pero sin cambios en el contenido de la leche de TL.

### **3.5.3. Composición del forraje cosechado**

La ID afectó la composición y calidad del forraje cosechado por los animales (Tabla 3). Los animales de TL lograron cosechar mayor proporción de lámina y de leguminosas, y menor proporción de restos secos y de vaina. Esto significó mayor contenido de PC y extracto etéreo, y menor contenido de fibras, para TL en comparación con TC. El alto contenido de inflorescencia en ambos tratamientos se debe a la floración de la festuca durante el período de evaluación.

### **3.5.4. Comportamiento ingestivo**

En la Tabla 4 se puede observar la evolución del comportamiento ingestivo de los animales a medida que avanza el pastoreo. El tiempo de pastoreo diario tendió a ser mayor en los animales de TC respecto a los de TL (488 vs.  $454 \pm 42,8$  min/d; respectivamente), expresado en proporción del tiempo de acceso a la pastura, el tiempo de pastoreo fue 0,50 y  $0,46 \pm 0,047$  ( $P=0,06$ ), para TC y TL respectivamente. A su vez, la interacción de ID × momento muestra como las vacas de TC tendieron a incrementar su tiempo de pastoreo diario de INI a MED y FIN, mientras que las de TL lo mantuvieron constante desde INI hasta FIN.

Las sesiones de pastoreo diarias no variaron entre tratamientos (5,6 vs.  $5,8 \pm 0,35$  sesiones/d; para TC y TL respectivamente). Sin embargo, el largo de cada sesión de pastoreo de las vacas de TC fue mayor con respecto a las de TL (67 vs.  $58 \pm 17,7$  min/sesión; respectivamente). No se observaron diferencias en el largo de la primera sesión de pastoreo promedio de los turnos AM y PM (124 vs.  $117 \pm 6,4$  min/d; para TC y TL respectivamente) ni en la tasa de bocados (47 vs.  $49 \pm 4,3$  bocados/min;

**Tabla 2** Evolución de los resultados productivos de dos intensidades de defoliación (ID) en tres momentos (INI: primeros dos días de pastoreo; FIN: últimos dos días de pastoreo; MED: días entre INI y FIN).

	TC <sup>1</sup>			TL <sup>2</sup>			ES	ID	MOM <sup>3</sup>	ID × MOM <sup>3</sup>
	INI	MED	FIN	INI	MED	FIN				
Producción (kg/d)										
Leche	16,1xy	16,3x	14,3y	16,5x	16,7x	16,2x	0,97	0,05	<0,01	0,09
Leche corregida por energía	16,2xy	15,5xy	14,3y	16,7xy	17,2x	16,9x	0,77	0,01	0,20	0,10
Grasa	-	0,66a	0,53b	-	0,71a	0,67a	0,050	0,03	<0,01	0,05
Proteína	-	0,56a	0,48b	-	0,57a	0,56a	0,029	0,05	<0,01	<0,01
Lactosa	-	0,75	0,66	-	0,74	0,72	0,043	0,37	<0,01	0,12
Contenido en leche (%)										
Grasa	-	3,99x	3,73y	-	4,12xy	4,06xy	0,195	0,28	0,03	0,10
Proteína	-	3,52a	3,36b	-	3,41ab	3,43ab	0,122	0,84	<0,01	<0,01
Lactosa	-	4,47	4,53	-	4,47	4,42	0,116	0,49	0,85	<0,01

<sup>1</sup>TC= 9 cm altura post pastoreo; <sup>2</sup>TL= 15 cm altura post pastoreo; <sup>3</sup>MOM= momento; ab= diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la fila; xy= tendencias ( $P \leq 0,1$ ) en la fila

**Tabla 3** Composición morfológica y química del forraje cosechado estimado mediante hanclipping.

	TC <sup>1</sup>	TL <sup>2</sup>	ES	P-valor
Composición botánica (%)				
Festuca				
Lámina	71,5	76,2	10,8	0,04
Vaina	1,4	0,7	0,66	0,04
Inflorescencia	13,4	13,2	12,7	0,79
Leguminosas	1,2	2,7	1,76	<0,01
Otras especies	2,6	1,4	1,57	0,12
Restos secos	6,5	1,4	5,85	<0,01
Composición química (%)				
Proteína cruda	14,9	17,2	2,51	0,05
Fibra detergente neutro	53,2	49,9	1,25	0,01
Fibra detergente ácido	28,1	25,8	0,88	0,02
Extracto etéreo	2,9	3,4	0,54	0,04
Materia seca	28,8	27,2	4,27	<0,01

<sup>1</sup> TC: 9 cm altura post pastoreo; <sup>2</sup> TL: 15 cm altura post pastoreo; <sup>3</sup> Error estándar

para TC y TL respectivamente). En la Figura 1 se puede observar la evolución del tiempo de rumia (Figura 1a) y del pastoreo (Figura 1b) a lo largo del día. El tiempo de pastoreo se repartió de manera similar entre los turnos AM y PM. La relación del tiempo de pastoreo que ocurrió durante el turno AM respecto al tiempo de pastoreo ocurrido durante el turno PM, fue  $0.45 \pm 0,021$ . Una parte importante del pastoreo ocurrió durante la noche, y fue también durante la noche, que se encontraron las diferencias en el tiempo de pastoreo entre ID (Figura 1b). Considerando únicamente el tiempo nocturno de acceso a la pastura (21:00-04:00), los animales de TC presentaron mayor tiempo de pastoreo durante ese lapso de tiempo que los de TL (103 vs.  $81 \pm 18,5$  min/d; respectivamente).

La rumia diaria fue igual para ambos tratamientos (556 vs.  $564 \pm 13,7$  min/d; para TC y TL respectivamente), pero la evolución de la misma a lo largo el pastoreo

**Tabla 4** Evolución del comportamiento ingestivo de dos intensidades de defoliación (ID) en tres momentos (INI: primeros dos días de pastoreo; FIN: últimos dos días de pastoreo; MED: días entre INI y FIN).

	TC <sup>1</sup>			TL <sup>2</sup>			ES	ID	MOM <sup>3</sup>	ID × MOM <sup>3</sup>
	INI	MED	FIN	INI	MED	FIN				
Pastoreo diario (min/d)	455b	500a	511a	474ab	443b	447b	46,8	0,06	0,58	0,01
Pastoreo AM (min/d)	217	237	226	209	216	213	26,5	0,16	0,31	0,73
Pastoreo PM (min/d)	245ab	256ab	275a	247ab	211ab	209b	23,6	0,09	0,43	0,01
Sesiones de pastoreo	5,8	5,3	5,7	6,8	5,4	5,3	0,64	0,67	0,03	0,16
Media del largo de sesión (min)	61	75	67	53	61	63	19,9	0,02	<0,01	0,3
Media del largo de primer sesión (min)	106b	137a	127a	105b	112ab	133a	10,8	0,37	<0,01	<0,01
Tasa de bocado AM (boc/min)	48	-	47	49	-	48	4,3	0,31	0,04	0,08
Rumia diaria (min/d)	596x	542y	530y	572xy	577xy	541y	19,1	0,52	<0,01	0,09

<sup>1</sup>TC= 9 cm altura post pastoreo; <sup>2</sup>TL= 15 cm altura post pastoreo; <sup>3</sup>MOM= momento; ab= diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la fila; xy= tendencias ( $P \leq 0,1$ ) en la fila

tendió a ser diferente entre tratamientos. La actividad de la rumia diaria muestra una relación inversa con el tiempo de pastoreo, ambos tratamientos comenzaron con un mismo tiempo diario de rumia, pero mientras que TL se mantuvo sin variar hasta FIN, TC disminuyó progresivamente el tiempo de rumia de INI a FIN. El tiempo de actividad diaria no se vio afectado por la ID (1043 vs.  $1018 \pm 47,8$  min/d; para TC y TL respectivamente).

### 3.6. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el efecto de la ID no solo afectó la altura post pastoreo de la pastura, sino también las condiciones pre pastoreo. Esto indica que más que el simple efecto de una altura post pastoreo, los tratamientos representan dos manejos del pastoreo diferentes, con consecuencias sobre la pastura y los animales. Las diferencias encontradas en la altura y el disponible pre pastoreo se deben al manejo previo que se realizó en las parcelas, que llevaron a cambios en la estructura de la misma (Gastal y Lemaire, 2015). La pastura de TL presentó mayor altura y biomasa, esto podría ser explicado por macollos más pesados y con láminas más largas (Saldanha *et al.*, 2010; Gastal y Lemaire, 2015; Insua *et al.*, 2018). Ganche *et al.* (2013) encontraron tendencias similares cuando compararon diferentes ID. Pareciera que el manejo más laxo genera una elevación de la biomasa disponible hacia los estratos más altos (Szymczak *et al.*, 2020) y también una mayor acumulación de biomasa en el tiempo. Si bien no conocemos la composición del forraje ofrecido en el presente trabajo, pero los resultados muestran que los animales en TL lograron seleccionar un forraje de mayor calidad. Lo más probable es que esto les fue posible gracias a que cosecharon mayoritariamente los estratos superiores de la pastura que están compuestos predominantemente por lamina, y a su vez, lograron un mayor peso de bocado y por lo tanto mayor tasa de bocado (Carvalho, 2013; Benvenuti *et al.*, 2016; Szymczak *et al.*, 2020). Los animales de TC en cambio, se vieron obligados a defoliar hasta estratos más profundos, donde la aumenta la proporción de restos secos y disminuye el contenido de lámina (Romera *et al.*, 2010; Szymczak *et al.*, 2020) y los bocados son cada vez más livianos y el tiempo disponible para

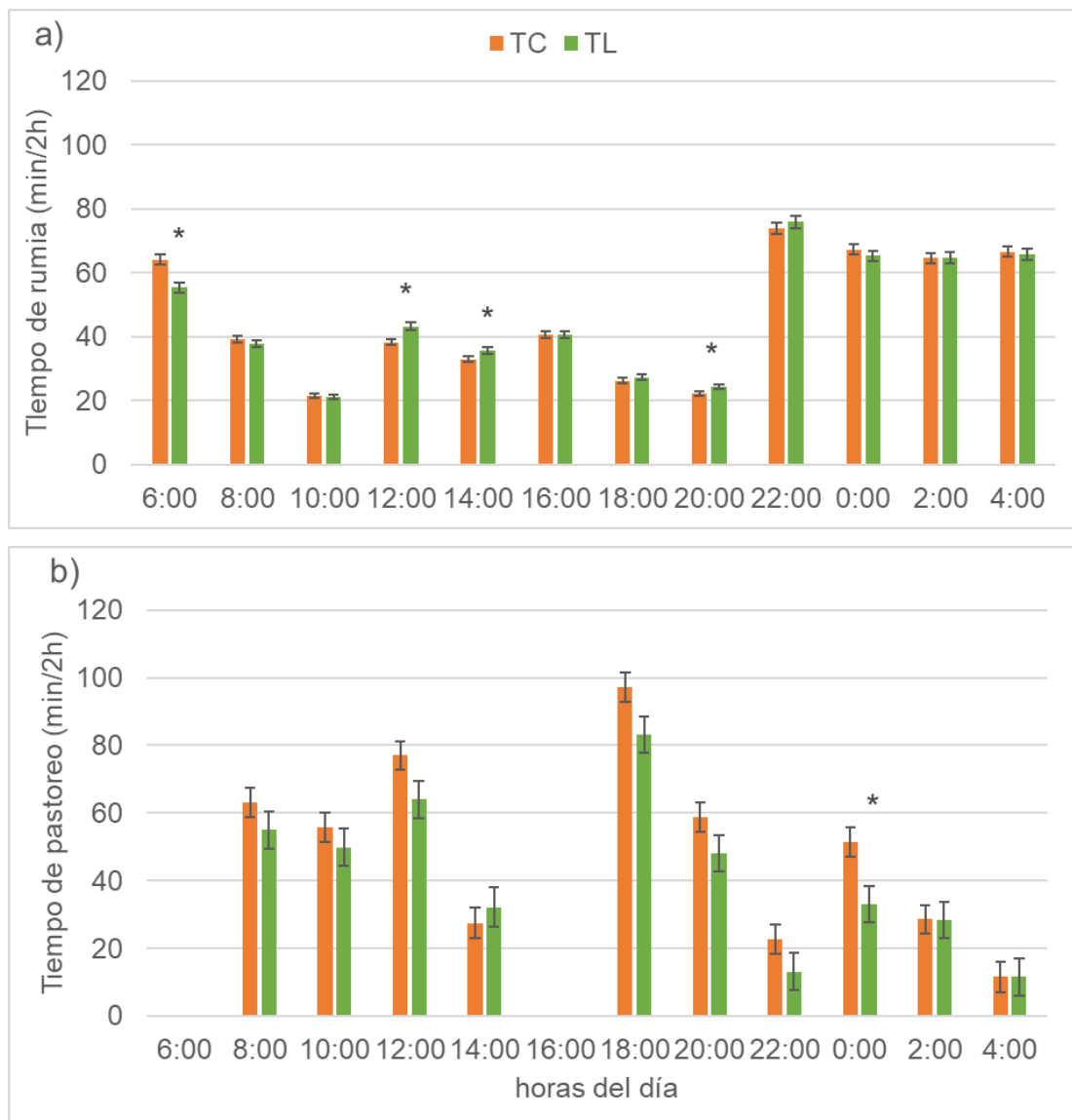
seleccionar el bocado es limitado (Carvalho, 2013; Carvalho *et al.*, 2015; Szymczak *et al.*, 2020). Si bien las diferencias numéricas encontradas en el contenido de fibra no son de gran impacto, podrían estar relacionadas a una mayor digestibilidad del forraje (Benvenuti *et al.*, 2016). Menegazzi (2020) encontró una diferencia de 10 puntos de digestibilidad en el forraje, al comparar ID muy similares a las de este trabajo.

Más allá de las diferencias encontradas entre ID, la composición y calidad del forraje cosechado muestra una pastura de buen valor nutritivo en comparación con trabajos nacionales en condiciones similares. Carballo (2014) trabajó con una pastura mixta de festuca y leguminosas y el forraje cosechado por las vacas presentaba en promedio 15, 71 y 34 % de PC, FDN y FDA respectivamente. Menegazzi (2020) trabajando con una pastura de festuca pura, reportó niveles promedios de 12, 57 y 31 % de PC, FDN y FDA respectivamente. Los altos niveles de lámina en el forraje cosechado y los bajos niveles de vaina y restos secos que se reportan en este trabajo, permiten suponer que la altura utilizada en TC no fue demasiado restrictiva y seguramente representa bien los manejos realizados en los sistemas productivos nacionales (Zibil *et al.*, 2016).

El aumento del tiempo de pastoreo diario encontrada para TC, es la respuesta esperada a reducciones en la altura de la pastura y como consecuencia, de la tasa de consumo. Como mecanismo de compensación, los animales aumentaron el tiempo de pastoreo, intentando que no se vea afectado el consumo de forraje y cubrir los requerimientos (Chacon y Stobbs, 1976; Gibb, 2006; Chilibroste *et al.*, 2015).

La evolución del pastoreo y la rumia a lo largo del día permite observar una concentración de actividad de pastoreo al atardecer para ambos tratamientos (Figura 1). Esto responde a los ritmos circadianos que tienen los animales, donde la sesión de pastoreo de la tarde es la más larga y de mayor intensidad (Gregorini, 2012; Chilibroste *et al.*, 2015). A las 18:00 se registró un pico de pastoreo y 4 horas posterior (22:00) un aumento importante de rumia, coincidiendo con





**Figura 1.** Evolución del tiempo de rumia (a) y de pastoreo (b) a lo largo del día de vacas lecheras manejadas bajo dos intensidades de defoliación: TC = 9 cm y TL = 15 cm altura post pastoreo. \* indica diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

Schirmann *et al.* (2012), quienes observaron que luego de un pico de consumo, ocurre un pico de rumia 4 horas posterior al mismo. También se puede observar una priorización del pastoreo durante las horas diurnas y de la rumia durante las horas nocturnas (Gregorini, 2012; Llonch *et al.*, 2018). Es interesante que, aun así, las diferencias en el tiempo de pastoreo se encontraron durante las horas nocturnas. Los animales prefieren concentrar la mayor actividad posible durante las horas de luz. El

hecho de que los animales de TC hayan aumentado su tiempo de pastoreo durante la noche, pareciera indicar que las horas diurnas no fueron suficientes para poder satisfacer los requerimientos, obligando a prolongar la actividad de pastoreo hacia las horas nocturnas (Gregorini, 2012). En la Figura 1 se puede observar que durante el horario diurno de acceso a la pastura, los animales casi no tuvieron tiempo libre para descansar o realizar otras actividades que no sean pastoreo o rumia. Tanto el tiempo diario de pastoreo como el de rumia, se encuentran dentro de los rangos más altos revisados por Beauchemin (2018). El tiempo de actividad diario en ambos tratamientos estuvo muy por encima de 16 h, considerado como el límite máximo de actividad en vacas lecheras (Beauchemin, 2018). Esto remarca la importancia de un uso eficiente del tiempo por parte de los animales.

Los animales de TL lograron una mejor performance productiva con menos tiempo de pastoreo, posiblemente debido a una mayor tasa de consumo, y a que lograron cosechar forraje de mejor calidad y a un menor costo. Sumado a eso, los animales de TL distribuyeron su tiempo de pastoreo diario en sesiones más cortas en comparación con los de TC. Comidas más frecuentes y más cortas, generalmente se asocian con un uso más eficiente de los alimentos debido a la mejora de la digestibilidad de los alimentos (Llonch *et al.*, 2018). Los animales de TL dedicaron más tiempo a la rumia durante las horas de acceso a la pastura, más específicamente, después de la primer sesión de pastoreo de cada turno. Sabiendo que las sesiones de pastoreo de los animales de TL fueron de menor duración, se puede asumir que intercalaron mayor cantidad de sesiones de rumia para procesar el forraje ingerido durante el tiempo de acceso a la pastura. Esto puede haber permitido una mejor sincronización y metabolización de los nutrientes (Chilibroste *et al.*, 2005). Como contraparte, los animales de TC aumentaron su tiempo de rumia durante el tiempo fuera de la pastura, específicamente en la mañana (06:00), lo que puede explicarse por el aumento del tiempo de pastoreo que este tratamiento presentó en la noche.

Los estudios de patrones de defoliación de los animales han mostrado que los animales pastorean por horizontes. La profundidad de cada horizonte de pastoreo es

alrededor de 50% de la altura de la pastura (Carvalho, 2013). Comenzando por el horizonte superior, van agotando cada horizonte casi por completo, antes de pasar al siguiente horizonte de pastoreo (Carvalho, 2013; Benvenuti *et al.*, 2016). A medida que avanzan los horizontes de pastoreo, la capacidad de cosecha se ve restringida de forma exponencial, sumado a un deterioro de la calidad del forraje (Carvalho, 2013; Carvalho *et al.*, 2015; Benvenuti *et al.*, 2016). Al observar los resultados productivos y la conducta de los animales a medida que avanzan los días de pastoreo, se puede observar una mayor estabilidad de los animales de TL. En cambio, los animales de TC muestran una serie de cambios a medida que avanzan los días de pastoreo y se reduce la altura de la pastura. La profundidad de defoliación de la pastura fue de 39 vs. 58 % para TL y TC respectivamente. Esto pareciera indicar que mientras que TL permaneció pastoreando en el primer horizonte durante todo el pastoreo, los animales de TC se vieron obligados a defoliar más allá del primer horizonte. Esto coincide con los resultados encontrados, donde la diferencia de la producción entre ID estuvo explicada principalmente por la reducción de la producción de TC en FIN, que es cuando los animales parecen haber agotado el primer horizonte y comenzaron a pastorear los siguientes horizontes, restringiendo la capacidad de compensación para mantener los niveles de ingesta y de producción (Carvalho, 2013; Benvenuti *et al.*, 2016).

### **3.7. CONCLUSIONES**

Menor ID permitió a los animales lograr mayor producción de leche y de sólidos, a través de un forraje de mejor calidad y un comportamiento que permaneció muy estable a lo largo de los días de pastoreo y que mostró mayor flexibilidad en su gestión del tiempo en sus patrones diarios de pastoreo y rumia. Mayor ID obligó a los animales a incrementar su tiempo de pastoreo, con mayor duración de cada sesión de pastoreo y cosechando forraje de peor calidad, mayor contenido de restos secos y menor contenido de lámina.

### 3.8. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a sus compañeros estudiantes de grado por su ayuda en el manejo y muestreo de animales, al personal de la Estación Experimental Dr. Mario A, Cassinoni por el cuidado y asistencia de los animales durante todo el trabajo. Este estudio fue apoyado por el proyecto por la beca de posgrado nacional otorgada a O. Fast financiada por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII, Uruguay).

### 3.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arosteguy, J.C. (1982). *The dynamics of herbage production and utilization in swards grazed by cattle and sheep*. (Tesis de Doctorado). Edinburgh: University of Edinburgh.

Beauchemin, K.A. (2018). Invited review: Current perspectives on eating and ruminating activity in dairy cows. *J Dairy Sci*, 101, 1-23.

Benvenuti, M.A., Pavetti, D.R., Poppi, D.P., Gordon, I.J., Cangiano, C.A. (2016). Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. *Grass Forage Sci*, 71 (3): 424-436.

Carballo C. (2014). *Conducta y consumo de vacas lecheras en pasturas mixtas con festuca arundinacea bajo diferentes intensidades de pastoreo*. (Tesis de Maestría). Facultad de Agronomía – UDELAR. Uruguay.

Carvalho, P.C.F. (2013). Harry Stobbs Memorial Lecture: Can grazing behaviour support innovations in grassland management? *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 1:137-155.

- Carvalho, P.C.F., Bremm, C., Mezzalira, J.C., Fonseca, L., da Trindade, J.K., Bonnet, O.J.F., Tischler, M., Genro, T.C.M., Nabinger, C., Laca E.A. (2015). Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Animal Prod Sci*, 55: 319–327.
- Chacon, E., Stobbs, T.H. (1976). Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust J Agric Resour Econ*, 27 (5): 709-727.
- Chilibroste, P. (2002). Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño- invernal. XXV *Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/chilibroste.pdf>
- Chilibroste, P., Gibb, M.J., Tamminga, S. (2005). Pasture characteristics and animal performance. In *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (ed. J Dijkstra, JM Forbes and J France), pp. 681–706. CABI Publishing, Wallington, UK.
- Chilibroste, P., Mattiauda, D.A., Bentancur, O., Soca, P., Meikle A. (2012). Effect of herbage allowance on grazing behaviour and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Anim Feed Sci Technol*, 173: 201–209.
- Chilibroste, P., Gibb, M.J., Soca, P., Mattiauda D.A. (2015). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Anim Prod Sci*, 55: 328-338.
- Coates, D.B., Penning, P. (2000). Measuring animal performance. L't Mannelje and Jones RM, ed. CABI, Wallingford.

- Fast, O. (2016). *Evaluación de dos métodos de comportamiento en vacas lecheras*. (Tesis de Grado), Facultado de Agronomía – UDELAR. Uruguay.
- 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. *Aust J Agric Resour Econ*, 41: 261–275.
- Ganche, E., Delaby, L., O’Donovan, M., Boland, T., Galvin, N., Kennedy, E., (2013). Post-grazing sward height imposed during the first 10-weeks of lactation: influence on early and total lactation dairy cow production and spring and annual sward characteristics. *Live Sci*, 157: 299–311.
- Gastal, F., Lemaire, G. (2015). Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5: 1146-1171.
- Gibb, M.J. (1998). Animal grazing/intake terminology and definitions. In: Keane, MG, O’Riordan, EG eds. *Pasture ecology and animal intake*. Dunsany, Ireland, Teagasc. pp. 21–37.
- Gibb, M.J. (2006). Grassland management with emphasis on grazing behaviour. In: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S eds. *Fresh herbage for dairy cattle; the key to a sustainable food chain*. s.l., The Netherlands, Springer. pp. 141–15.
- Gregorini, P. (2012). Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategic management. *Anim Prod Sci*, 52: 416.
- Haydock, K.P., Shaw, N.H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust J Exp Agric*, 15: 663–670.

- Hemme, T., Uddin, M.M., Ndambi, O.A. (2014). Benchmarking Cost of Milk Production in 46 Countries. *J Rev Glob Econ*, 2014: 254-270
- Insua, J.R., Agnusdei, M.G., Utsumi, S.A., Berone, G.D. (2018). Morphological, environmental and management factors affecting nutritive value of tall fescue (*Lolium arundinaceum*). *Crop Pasture Sci*, 69(11): 1165-1172.
- Llonch, P., Mainau, E., Ipharraguerre, I., Bargo, F., Tedo, G., Blanch, M., Manteca, X. (2018). Chicken or the Egg: The Reciprocal Association Between Feeding Behavior and Animal Welfare and Their Impact on Productivity in Dairy Cows. *Front Vet Sci* 5.
- Mattiauda, D., Chilibroste, 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 que problemas contribuye a solucionar?. En: XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. 96-103.
- Menegazzi, G. (2020). *Efecto de la altura post pastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche de vacas holando*. (Tesis de Maestría). Facultad de Agronomía – UDELAR. Uruguay.
- Romera, A.J., Gregorini, P., Beukes, P.C. (2010). Technical note: A simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliations. *J Dairy Sci*, 93: 3074–3078.
- Saldanha, S., Boggiano, P., Cadenazzi, M. (2010). Effect of the intensity of defoliation in the structure of pasture of *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrocienia Uruguay*, 14: 44-54.

- Schirmann, K., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veira, D.M., Heuwieser, W. (2009). Technical note; validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *J Dairy Sci*, 92: 6052–6055.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D.M., Heuwieser, W., von Keyserlingk, M.A.G. (2012). Rumination and its relationship to feeding and lying behaviour in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 95 (6): 3212–3217.
- Szymczak, L.S., de Moraes, A., Sulc, R.M., Monteiro, A.L.G., Lang, C.R., Moraes, R.F., da Silva, D.F.F., Bremm, C., Carvalho, P.C.F. (2020). Tall fescue sward structure affects the grazing process of sheep. *Sci Rep* 10.
- Tyrrell, H.F., Reid, J.T. (1965). Prediction of Energy value of cow's milk. *J Dairy Sci*, 48: 1215-1223.
- Werner, A., Umstatter, C., Kennedy, E., Grant, J., Leso, L., Geoghegan, A., Shalloo, L., Schick, M., O'Brien, B. (2019). Identification of possible cow grazing behaviour indicators for restricted grass availability in a pasture-based spring calving dairy system. *Livestock Sci*, 220: 74 – 82
- 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 (2): 13-21.



#### **4. DISCUSIÓN GENERAL**

La comparación de dos ID llevada a cabo en este trabajo representó dos manejos de pastoreo diferentes. Inmediatamente posterior al primer pastoreo de adaptación en mayo, los días de ocupación fueron diferentes entre ID y las pasturas se empezaron a diferenciar y mantuvieron esta diferencia hasta el final del trabajo. Los resultados muestran que el efecto de la ID no solo afectó la altura post pastoreo de la pastura, sino también las condiciones pre pastoreo. Probablemente se presentaron cambios morfológicos (Saldanha et al. 2010, Gastal y Lemaire 2015, Insua et al. 2018) y en la distribución vertical y horizontal de la pastura (Faber 2012, Menegazzi 2020, Szymczak et al. 2020). Ganche et al. (2013) encontraron tendencias similares cuando compararon diferentes ID. La mayor acumulación de biomasa en el tiempo observada en TL durante el experimento podría estar relacionada a una mayor tasa de crecimiento de la pastura (Soca et al., 2009), pero si esta acumulación es sostenida en el tiempo, podría implicar un desaprovechamiento del forraje producido (Gastal y Lemaire, 2015) y pérdida de calidad del mismo (O'Donovan y Delaby 2008, Curran et al. 2010). En el trabajo de Ganche et al. (2013), una vez terminado el período de comparación de diferentes ID, los autores no encontraron efectos residuales a largo plazo sobre la pastura en cuanto a altura, biomasa ni la composición botánica y química del horizonte de pastoreo. En nuestro trabajo, las diferencias entre ID de la altura y la biomasa pre pastoreo se mantuvieron, y tendieron a incrementar de un pastoreo a otro. Si estas condiciones llegaran a niveles comprometedores, ya sea limitando la tasa de consumo del animal (Carvalho 2013, Szymczak et al. 2020), o aumentando la senescencia y calidad de la pastura (Curran et al. 2010, Gastal y Lemaire 2015), se podría hacer uso de una remoción mecánica o una defoliación más intensa para restaurar las condiciones deseadas.

Tanto en INV, con animales en lactancia media y con suplementación, como en PRI, donde los mismos animales ya se encontraban en lactancia media a tardía, con menor potencial de producción y sin recibir suplementación, los resultados encontrados muestran una serie de tendencias claras en cuanto al peso de la ID sobre variables

productivas y el comportamiento de los animales. La producción de leche y LCE mostró una respuesta considerable tanto en INV como en PRI con incrementos de 5 y 10% en LCE; respectivamente. La composición de la leche no varió entre ID, pero mostró mayor estabilidad a lo largo de cada pastoreo en TL que en TC. Asimismo, la producción de LCE no se diferenció entre ID hasta el último momento (FIN/END), lo cual muestra que los animales de TC lograron mantener su performance similar a TL a medida que la pastura se reducía, hasta un punto, en que las condiciones limitantes redujeron de manera significativa la producción de LCE. Esto se puede explicar claramente con los estratos de la pastura y los horizontes de pastoreo que defolian los animales de manera progresiva (Benvenuti et al., 2016). A medida que los animales alcanzan los estratos más bajos de la pastura, la profundidad y el peso de bocado se ven reducidos notoriamente y además, la calidad del forraje disminuye debido a una menor proporción de lámina y mayor proporción de tallos y restos secos (Carvalho 2013, Benvenuti et al. 2016, Szymczak et al. 2020).

Se encontró una relación estrecha y negativa entre el tiempo de pastoreo y el tiempo de rumia (Dado y Allen, 1994). En ambos períodos el tiempo de actividad fue similar entre ID, a pesar de encontrarse diferencias en el tiempo de pastoreo en ambos casos. Tanto en INV como en PRI, los animales de TC mostraron un incremento en su tiempo de pastoreo diario, con una tendencia de menos sesiones de pastoreo pero de mayor duración cada una. Estos cambios se hicieron más notorios a medida que avanzaron los días de pastoreo. Durante un tiempo, estos cambios comportamentales lograron mantener la producción como se puede observar en el momento del medio de ambos trabajos. La producción de los animales de TC se mantuvo al mismo nivel de TL, pero esto se logró con cambios importantes en el comportamiento ingestivo nombrados anteriormente. En los últimos días (FIN/D3) es donde ya los animales parecen no poder compensar las restricciones de la pastura y la performance se ve afectada significativamente. Contrario a esto, los animales de TL mostraron una gran estabilidad y constancia en prácticamente todas las variables, tanto productivas como comportamentales. Las ID usadas en TL, tanto para INV como para PRI, parecen no mostrar restricciones para el animal ya que no se hallaron cambios importantes en el

comportamiento en ningún momento del pastoreo. En ambos periodos, el nivel de defoliación, expresado como porcentaje de la altura de ingreso al pastoreo, fue igual o menor al 40%. Esto indicaría que los animales de TL no se vieron obligados a pastorear más abajo del primer horizonte de pastoreo y explicaría la estabilidad y alta performance de los animales (Laca et al. 1992, Carvalho 2013).

Diferente a lo esperado, no se encontraron aumentos en la tasa de bocados en respuesta a la reducción de la altura de la pastura, ni por efecto de la ID no por el momento (Chacon y Stobbs 1976, Gibb 2006). Los criterios de comienzo del pastoreo y el control sobre las condiciones de la misma podrían explicar que no haya habido menor tasa de bocados de los animales de TL. Las buenas condiciones de la pastura permitieron una cosecha eficiente de la misma sin requerir más movimientos de “acomodo” del forraje en la pastura de TL, que presentó mayor altura y disponible desde el inicio del pastoreo. Si bien no se conocen los movimientos mandibulares totales, únicamente los de prehensión, se hubiera esperado una reducción de los movimientos de prehensión y un aumento de los movimientos de masticación de los animales de TL (Gibb, 2006).

Finalmente, el criterio para definir el comienzo del pastoreo es una parte clave de los resultados obtenidos en este trabajo. Lawson et al. (2017) compararon tres estadios fisiológicos de festuca como criterios de comenzar el pastoreo y encontraron una respuesta de 30% de producción anual de festuca cuando se ingresaba a pastorear con 3 hojas totalmente desarrolladas, en comparación con 1 y 2 hojas totalmente desarrolladas. Muchos de los trabajos citados no tienen un criterio de comienzo del pastoreo definido. El criterio debería estar determinado por las condiciones de la pastura (Gastal y Lemaire, 2015) y no por los días que dura el ciclo de pastoreo, que dependen de la carga y la disponibilidad de forraje en la rotación entre otras cosas. No tendría sentido hablar de una determinada altura post pastoreo, sin considerar las condiciones pre pastoreo, la altura, la biomasa disponible y capaz incluso el contenido de lámina (Benvenuti et al., 2016). Por lo tanto, expresar la ID en relación a las condiciones de ingreso a la pastura, podría ser un parámetro más preciso y práctico a utilizar a futuro.

#### **4.1. Comentarios finales**

La principal estrategia de adaptación a los cambios usada por los animales, fue la distribución de las actividades diarias en tiempo y espacio. Los cambios en los patrones diarios de comportamiento, pueden parecer insignificantes, pero fueron de gran impacto en los resultados productivos y en la eficiencia de los sistemas. Los resultados muestran que la ID tiene un gran impacto sobre la producción de leche y sólidos, incluso a mayores alturas de las que se han estudiado y utilizado en Uruguay. Si bien la respuesta fue variable según las condiciones (ambiente, pastura y propias del animal), el impacto es significativo en todos los casos. Menores ID permiten a los animales cosechar, en menos tiempo un forraje de mejor calidad y con mayor aprovechamiento de los nutrientes.

El efecto del manejo de ID repercute sobre todo el sistema y para entender y comprender su impacto sobre este, sería necesario realizar un estudio de largo plazo, con un enfoque sistémico, que permita analizar la resiliencia, capacidad de carga y estabilidad de los mismos.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

Allden WG, McDWhittaker IA. 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.

Artagaveytia J. 2014. La lechería uruguaya en el contexto internacional: competitividad de los sistemas de producción. En: Congreso Uruguayo de Producción Animal (5°, 2014, Montevideo) 41- 43 p.

Beauchemin KA 2018. Invited review: Current perspectives on eating and ruminating activity in dairy cows. *Journal Dairy Science* 101, 1-23.

Benvenuti MA, Pavetti DR, Poppi DP, Gordon IJ, Cangiano CA. 2016. Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. *Grass and Forage Science* 71 (3): 424-436.

Carballo C. 2014. Conducta y consumo de vacas lecheras en pasturas mixtas con festuca arundinacea bajo diferentes intensidades de pastoreo. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – UDELAR. Uruguay.

Carvalho PCF, 2013. Can grazing behaviour support innovations in grassland management. *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> InternatioCnal Grassland Congress*. 1134–1148.

Carvalho PCF, Bremm C, Mezzalira JC, Fonseca L, da Trindade JK, Bonnet OJF, Tischler M, Genro TCM, Nabinger C, Laca EA 2015. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? *Animal Production Science* 55, 319–327.

- Chacon E, Stobbs TH. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27 (5): 709-727.
- Chilibroste P. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño- invernal. XXV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Disponible en:  
<http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/chilibroste.pdf>
- Chilibroste P, Gibb MJ, Soca P, Mattiauda DA 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science* 55, 328-338.
- Curran J, Delaby L, Kennedy E, Murphy JP, Boland TM, O'Donovan M. 2010. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pre-grazing herbage mass and pasture allowance. *Livestock Science* 127, 144–154.
- Dado RG, Allen MS 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77, 123 – 144.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2020. Anuario Estadístico Agropecuario 2020. [En línea]. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 22 octubre 2020. Disponible en:  
<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/anuario-estadistico-agropecuario-2020>
- Faber AC. 2012. Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – UDELAR. Uruguay.

- Fariña SR, Chilibróste P 2019. Opportunities and challenges for growth of milk production from pasture based systems: the case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems* 176, 102631.
- Ganche E, Delaby L, O'Donovan M, Boland T, Galvin N and Kennedy E 2013. Post-grazing sward height imposed during the first 10-weeks of lactation: influence on early and total lactation dairy cow production and spring and annual sward characteristics. *Livestock Science* 157, 299–311.
- Gastal F, Lemaire G. 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5: 1146-1171.
- Gibb MJ 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. In: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S eds. *Fresh herbage for dairy 45 cattle; the key to a sustainable food chain*. s.l., The Netherlands, Springer. pp. 141–15.
- Hemme T, Uddin MM, Ndambi OA. 2014. Benchmarking Cost of Milk Production in 46 Countries. *Journal of Reviews on Global Economics*. 2014: 254-270
- Insua JR, Agnusdei MG, Utsumi SA, Berone GD 2018. Morphological, environmental and management factors affecting nutritive value of tall fescue (*Lolium arundinaceum*). *Crop and Pasture Science*, 69(11), 1165-1172.
- Laca EA, Ungar ED, Seligman N, Demment MW 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass Forage Science* 47, 91-102.

- Lawson AR, Kelly KB, Rogers ME. 2017. Grazing management of dairy pastures based on tall fescue in southern Australia. *Crop and Pasture Science* 68: 1081-1090.
- Llonch P, Mainau E, Ipharraguerre I, Bargo F, Tedo G, Blanch M, Manteca X 2018. Chicken or the Egg: The Reciprocal Association Between Feeding Behavior and Animal Welfare and Their Impact on Productivity in Dairy Cows. *Frontiers in Veterinary Science* 5.
- Mattiauda D, Chilibroste 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 que problemas contribuye a solucionar?. En: XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. 96-103.
- Méndez MN, Chilibroste P, Aguerre M. 2019. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effect of grazing and feeding management. *Animal* 14 (4): 1-8.
- O'Donovan M, Delaby L. 2008. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance is affected by timing of spring grazing and subsequent stocking rate. *Livestock Production Science* 115: 158–168.
- Menegazzi G. 2020. Efecto de la altura post pastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche de vacas holando. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – UDELAR. Uruguay.
- Saldanha S, Boggiano P, Cadenazzi, M. 2010. Effect of the intensity of defoliation in the structure of pasture of *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrociencia Uruguay* 14: 44-54.



- Soca P, Faber A, Do Carmo M, Chilibroste 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.
- Szymczak LS, de Moraes A, Sulc RM, Monteiro ALG, Lang CR, Moraes RF, da Silva DFF, Bremm C, Carvalho PCF 2020. Tall fescue sward structure affects the grazing process of sheep. *Scientific reports* 10.
- Zanoniani, R. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia*. 14 (3): 26-30.
- Zanoniani, R, Lattanzi F. 2017. Rol de las pasturas cultivadas en sistemas de producción basados en campo natural. En: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur-Grupo Campos (14º, 2017, Tacuarembó, Uruguay). Tomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable. 24 – 28.
- 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 (2): 13-21.