

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**COMPOSICIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE UNA PASTURA CON BASE EN  
FESTUCA PASTOREADA POR VACAS LECHERAS, CON DISTINTAS  
ALTURAS REMANENTES EN PRIMAVERA**

**Por**

**Daniel CASTROMÁN ALZUETA**

**Juan Pablo OLANO CARDOZO**

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

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2024**

Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Diego Mattiauda

Tribunal:

---

Diego Mattiauda

---

Oliver Fast

---

Gabriel Menegazzi

Fecha:

23 de octubre de 2024

Estudiante:

---

Daniel Castromán Alzueta

---

Juan Pablo Olano Cardozo

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestras familias que nos brindaron su apoyo tanto moral como económico durante todo el transcurso de la carrera, para lograr este objetivo que está finalizando.

Agradecemos a todos los familiares y amigos que son fundamentales en nuestras vidas y sin ellos hubiese sido imposible llegar hasta acá.

A todos los amigos que nos dejó esta hermosa facultad y a la Udelar por el año de experiencia en la EEMAC que nos deja los mejores recuerdos.

Y por último a nuestro tutor Oliver Fast y a nuestro director de tesis Diego Mattiauda por ayudarnos durante todo el transcurso de la tesis. Fue largo el recorrido y hasta áspero por momentos; sin embargo, a veces necesario para el aprendizaje y lo más importante es que llegamos al final.

¡Muchas gracias!

*Podemos tener una solución que es fantástica —que quizás tenga valor como conocimiento—, pero solo va a tener valor social el día que le sirva a alguien para algo y la adopte para mejorar su vida o su sistema de producción.*

P. Chilibröste

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTADO DE FIGURAS Y DE TABLAS.....	5
Listado de abreviaturas y siglas.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Efecto del pastoreo sobre la calidad nutritiva .....	12
2.2. La importancia de las gramíneas perennes en los sistemas de producción de leche .....	20
2.3. Mezclas forrajeras.....	22
2.4. Efecto del pastoreo .....	23
2.4.1. Productividad.....	24
2.4.2. Defoliación .....	25
2.5. Respuesta de los animales frente a las distintas alturas remanentes .....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Diseño experimental y tratamientos .....	32
3.2. Animales y manejo .....	33
3.3. Composición del forraje cosechado.....	33
3.4. Análisis estadístico .....	34
4. RESULTADOS .....	35
5. DISCUSIÓN.....	38
6. CONCLUSIONES .....	43
7. BIBLIOGRAFÍA .....	44

**LISTADO DE FIGURAS Y DE TABLAS**

Figura 1. Cambios en la digestibilidad de FDN de las hojas de dos cultivares (CV) de festuca .....	15
Figura 2. Relación entre la edad de la hoja de dos CV de festuca y su contenido de FDN .	17
Tabla 1. Características de la pastura pre y pos-pastoreo para los tratamientos TC y TL, y ES .....	35
Tabla 2. Características nutricionales de la pastura cosechado por los animales para los tratamientos TC y TL.....	36
Tabla 3. Composición morfológica del forraje y especies cosechado estimado con handclipping para TC y TL .....	37

**Listado de abreviaturas y siglas**

AR	Altura remanente
CHS	Carbohidratos solubles
DFDN	Digestibilidad fibra detergente neutra
DMS	Digestibilidad materia seca
EE	Extracto etéreo
EEMAC	Estación Experimental M. A. Cassinoni
EM	Energía metabolizable
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
GDD	Grados día
IAF	Índice de Área Foliar
ID	Intensidad de defoliación
IDAR	Intensidad de Defoliación por altura remanente
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
INV	Invierno
LLS	Largo de vida foliar
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
PC	Proteína cruda
PRIM	Primavera

RPM	Rising Plate Meter®
TC	Tratamiento control
TL	Tratamiento laxo
TM	Tratamiento medio
VMF	Vida media foliar

## RESUMEN

Se estudió el efecto de la altura remanente (AR) de una festuca sobre la composición nutritiva de la pastura. El objetivo fue probar mayores alturas a las recomendadas actualmente y observar su incidencia sobre las variables nutricionales y su composición botánica. El criterio para entrar a pastorear fue cuando la festuca alcanzaba el estado fisiológico de tres hojas. Durante la primavera se compararon dos alturas remanentes: tratamiento control (TC; 9 cm) y tratamiento laxo (TL; 15 cm). Veinticuatro vacas multíparas Holstein paridas en otoño, con  $3,2 \pm 0,82$  lactancias,  $580 \pm 41,3$  kg de peso vivo (PV) y  $2,5 \pm 0,16$  unidades de condición corporal (CC) al parto se bloquearon por el número de lactancias, PV, fecha de parto y CC. Se manejó con un pastoreo rotativo, donde cada pastoreo duró en promedio 7,5 y 5 días, para TC y TL; respectivamente. Los resultados muestran que hay respuesta en calidad nutritiva de lo cosechado a AR más laxas a las recomendadas a escala nacional. Mayores AR permitieron a los animales pastorear un forraje de mejor calidad, con mayor aprovechamiento de los nutrientes.

*Palabras clave:* festuca, defoliación, calidad

## ABSTRACT

The effect of the remaining height (AR) of a fescue on the nutritional and botanical composition of the pasture was studied. The objective was to test higher heights than those currently recommended and observe their impact on the aforementioned variables. The criterion for entering grazing was when the fescue reached the physiological state of three leaves. During spring, two remaining heights were compared: control treatment (TC; 9 cm) and lax treatment (TL; 15 cm). Twenty-four multiparous Holstein cows calved in autumn, with  $3.2 \pm 0.82$  lactations,  $580 \pm 41.3$  kg LW and  $2.5 \pm 0.16$  units of BCW at calving were blocked by the number of lactations, LW, calving date and CC. It was managed with rotational grazing, where each grazing lasted an average of 7.5 and 5 days, for TC and TL; respectively. During the experiment in the spring, TC animals tended to increase their grazing time, with longer duration sessions compared to TL. The TL animals showed more stable behavior throughout the grazing days, and managed to harvest higher quality forage. The results show that there is a response in nutritional quality to RA that is laxer than those recommended at the national level. Higher AR allowed the animals to graze better quality forage, in less time and with greater use of nutrients.

*Keywords:* fescue, defoliation, quality

## 1. INTRODUCCIÓN

La lechería en las regiones templadas debe basar la alimentación de los animales en el uso intensivo de los pastos y forrajes, ya que estos pueden producir a bajo costo una parte sustancial de los nutrientes requeridos por el rodeo lechero. Para que las pasturas realmente hagan aportes significativos a la economía del sistema lechero, el productor debe conocer el estado fisiológico de mayor producción y mejor calidad en que debe cosecharlas, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales.

El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de cantidades grandes de biomasa, la cual a su vez debe ser de buen valor nutricional y aprovechado por los animales. Todo esto con un concepto de persistencia de las pasturas y de una agricultura sostenible.

La evaluación de la calidad y del valor nutritivo de las pasturas resulta siempre una tarea difícil, debido a que el interés no se centra en la producción de la pastura en sí misma, sino que el objetivo es ver la respuesta animal obtenida por el pastoreo directo de estas pasturas. La mejor evaluación de calidad de pasturas surge de la respuesta animal que es posible obtener, y que en pastoreo depende principalmente del nivel de consumo según la estructura de la pastura y de la digestibilidad del forraje seleccionado (Astigarraga Fernández, como se cita en González Barrios, 2010).

Destacada por sus elevados valores productivos en carne y leche bajo pastoreo, la festuca es una de las gramíneas perennes más utilizadas en Uruguay (Formoso, 2010). Gracias a su capacidad de mantener altas densidades de macollos, es que puede mantenerse productiva hasta por 5 años (Madaloni & Ferrari, 2005, como se cita en Scheneiter & Améndola, 2012). Agnusdei y Di Marco (2010) sostienen que el manejo requerido por las pasturas de festuca define la expresión de su capacidad de producir forraje, su calidad y persistencia. Sin embargo, esto no siempre es aplicado en el ámbito comercial, y por ende no se obtienen los resultados esperados.

### **1.1.Objetivo**

Evaluar el efecto de dos alturas remanentes aplicadas en una pastura a base de festuca en primavera, sobre sus características nutricionales.

### **1.2.Hipotesis**

Una mayor altura remanente de la pastura permitirá a los animales cosechar forraje de mayor calidad nutricional.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Efecto del pastoreo sobre la calidad nutritiva

Según Kloster y Zurbriggen (2019, como se cita en Romero, 2011), la mezcla binaria de alfalfa (*Medicago sativa*) y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) tiene amplia difusión debido a su buena productividad y complementariedad, atribuibles a la ocupación de diferentes nichos ecológicos (Haynes, 1980). Además, la inclusión de festuca constituye una medida para reducir el riesgo de meteorismo espumoso, aunque debe combinarse con otras alternativas de control (Bretschneider, 2010). A pesar de dichas ventajas, la diferente respuesta a la defoliación de ambas especies afecta la estabilidad de la composición botánica de la mezcla, transformando al manejo de la intensidad y frecuencia de pastoreo en una herramienta clave para mantener un balance estable entre gramíneas y leguminosas (Haynes, 1980). Para tales fines, Hoveland (1997) propone el uso de estrategias que favorezcan al componente más frecuentemente perjudicado. En este sentido, se han realizado trabajos orientados a evaluar los efectos de distintas frecuencias de defoliación en diferentes estaciones que permitan mejorar el aporte de las gramíneas a la producción primaria (Kloster et al., 2013; Scheneiter et al., 2006).

Es escasa la información acerca del efecto combinado de frecuencias e intensidades de pastoreo en ensayos de larga duración con este tipo de asociación. En el mismo trabajo, para festuca fue consistente su mayor biomasa media pre-pastoreo en pastoreos menos intensos y con mayor frecuencia (I-F+), lo que responde a la recomendación de pastoreos frecuentes y laxos para esta especie (Romero & Juan, 1997; Scheneiter et al., 2006), cuyo rebrote depende principalmente de la fotosíntesis inicial del área foliar remanente (Davies, 1988), alcanzando mejores rebrotes totales a partir de mayores remanentes (Matches, 1966).

En el periodo primavera-verano, la biomasa de festuca fue significativamente mayor en I-F+ en ambos ciclos, evidenciando la mejor respuesta de esta especie a pastoreos frecuentes y laxos (Scheneiter et al., 2006), tal como ya fuera mencionado para el periodo otoño-invierno. Por su parte, Kloster y Zurbriggen (2019) en su trabajo, determinaron que pastoreos frecuentes y laxos lograron una buena participación de la festuca alta en la biomasa pre-pastoreo tanto en otoño-invierno como en primavera-verano. A su vez, este manejo permitió

alcanzar los mayores valores de cobertura basal de esta especie al finalizar el ensayo. Durante primavera como en el periodo total, la mayor intensidad y frecuencia de pastoreo (I+F+) generó los mayores valores de consumo/ha en ambas especies, mostrando una adaptación de la festuca a los pastoreos intensos, habitualmente impuestos a la alfalfa. Sin embargo, este tipo de manejo puede comprometer la persistencia futura de la pastura por pérdida de individuos e invasión de malezas.

La adaptación de las gramíneas a pastoreos intensos depende principalmente de respuestas morfológicas que generen un cambio en su estructura (Chapman & Lemaire, 1993), la cual permita el escape al pastoreo de macollos que a su vez proporcionen un flujo de fotoasimilados hacia macollos defoliados, tal como ya fuera sugerido por Matches (1966).

En este sentido, por un lado, existen antecedentes que informan una mayor producción de festuca con pastoreos intermitentes intensos. Como se mencionó, Hamilton et al. (2013) evaluaron 6 alturas de remanentes para festuca alta (entre 2,5 y 15 cm) y obtuvieron los mayores rendimientos con remanentes menores a 7,5 cm. Coincidentemente, Brink et al. (2010) registraron mejor producción de festuca con 5 cm de altura de remanente respecto a 10 cm, independientemente de la frecuencia de defoliación. Ambos ensayos tuvieron buena persistencia luego de dos años de utilización. Sin embargo, estos trabajos se realizaron sobre pasturas puras, lo cual obvió el efecto de la competencia interespecífica. Por otro lado, el bajo consumo de festuca en pastoreos menos intensos y menos frecuentes (I-F-), podría atribuirse a la acumulación de forraje senescente (Parsons, 1988), la pérdida de digestibilidad propia del envejecimiento de las hojas y el aumento de la relación vaina/lámina durante el verano (Insua et al., 2012), y el crecimiento de estructuras reproductivas, que en su conjunto disminuyen la eficiencia de cosecha del animal (Parsons & Penning, 1988).

Según Insua et al. (2017), el estudio de las alteraciones en el valor nutritivo del forraje a nivel foliar no solo tiene en cuenta la fracción principal de plantas pastoreadas, sino también permite una separación directa del efecto de la renovación de la hoja de varias características de la pastura que influyen en el valor nutritivo del forraje, tales como desarrollo vegetativo-reproductivo, materia seca y su composición morfológica. Además, en comparación con mediciones de digestibilidad de fibra detergente neutra (DFDN) y digestibilidad de materia seca (DMS), solo el análisis de DFDN en hoja podría considerarse un mejor indicador de los

cambios en el valor nutritivo de los forrajes, porque la DFDN no se ve afectada por cambios en el contenido soluble celular (Oba & Allen, 1999), un rasgo de la hoja que puede variar notablemente durante el día, entre días y entre temporadas. Por otro lado, la senescencia de las hojas es la principal vía para la disminución del valor nutritivo del forraje durante el período vegetativo y de su rebrote. El inicio de este proceso crucial puede ser monitoreado fácilmente y con precisión sobre la base de los macollos (Fulkerson & Donaghy, 2001).

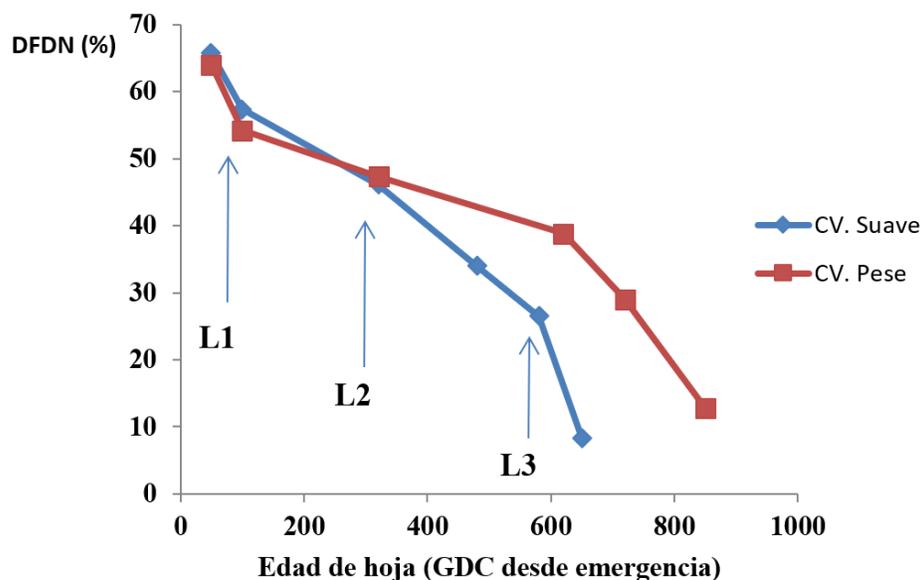
En consecuencia, el enfoque del manejo del pastoreo en la etapa vegetativa se puede implementar para definir el máximo intervalo de defoliación requerido para optimizar la producción de forraje y valor nutritivo de la pastura (Fulkerson & Donaghy, 2001). Este intervalo de defoliación también corresponde al tiempo de vida foliar de la especie, expresado en el tiempo térmico, que es otro indicador relativamente estable, relacionado con las plantas para sincronizar la frecuencia de pastoreo con la regeneración del tejido de la hoja (Lemaire et al., 2009).

Solo dos estudios tan detallados que examinaron los efectos morfogenéticos a nivel de la hoja han sido reportados para pasturas: Groot y Neuteboom (1997) y Agnusdei y Castaño (2011). Analizaron la variación del valor nutritivo con la edad de la hoja, el aumento de la FDN de la hoja (de ~55 % a 65 %) y disminuciones pronunciadas en la lámina foliar DFDN (de ~36 % a 11 %) y DMS (de ~54 % a 31 %) observado con aumento de la senescencia de las hojas en ambos cultivares (pre senescente a categorías de senescencia completa).

Estos principios indican la necesidad de establecer un intervalo de defoliación máxima por el inicio de la senescencia con el fin de evitar el aumento del contenido de fibra y fuertes pérdidas en la digestibilidad del forraje (Fulkerson & Donaghy, 2001). Cabe destacar que el aumento de FDN a lo largo de las etapas de senescencia de la hoja no refleja la producción de fibra nueva en el tejido de la hoja, pero sí un aumento relativo en el contenido de fibra debido a la exportación del contenido celular hacia otras hojas en crecimiento durante el proceso de senescencia (Robson & Deacon, 1978). Además, la reducción más pronunciada de la digestibilidad (DFDN y DMS) durante la senescencia es el resultado del aumento progresivo en la proporción de senescentes en relación con el tejido foliar vivo desde el comienzo de la senescencia hasta que la hoja esté completamente muerta.

**Figura 1**

*Cambios en la digestibilidad de FDN de las hojas de dos cultivares (CV) de festuca*



*Nota.* L1, L2 y L3 = Hoja 1, 2 y 3; respectivamente. Adaptado de Insua et al. (2017).

Los estudios en el campo de la ecología funcional han propuesto variaciones en la vida media foliar (VMF) como una estrategia adaptativa de las plantas para sobrevivir en ambientes severos que están determinados por la base genética de procesos fisiológicos y, en consecuencia, explicaría la considerable flexibilidad genética para VMF observada en algunas especies (Chabot & Hicks, 1982; Reich et al., 1992).

El concepto de estado de hoja también supone que el valor nutritivo de la hoja no cambia apreciablemente antes del inicio de la senescencia (Fulkerson & Donaghy, 2001). Sin embargo, la revisión de Fulkerson y Donaghy (2001) y datos publicados para diferentes pasturas (Avila et al., 2010; Agnusdei & Castaño, 2011; Di Marco et al., 2013; Duru & Ducrocq, 2002; Groot & Neuteboom, 1997; Wilson, 1976) demuestran que mientras que la FDN es en efecto un rasgo estable antes de la senescencia, DMS o DFDN pueden disminuir en gran medida durante VMF. Estos patrones de variación de DFDN y DMS con el envejecimiento de las hojas fue común para las primeras tres hojas sucesivas que aparecieron durante el período de rebrote. Este paralelismo se observa en la figura 1 (L1, L2 y L3).

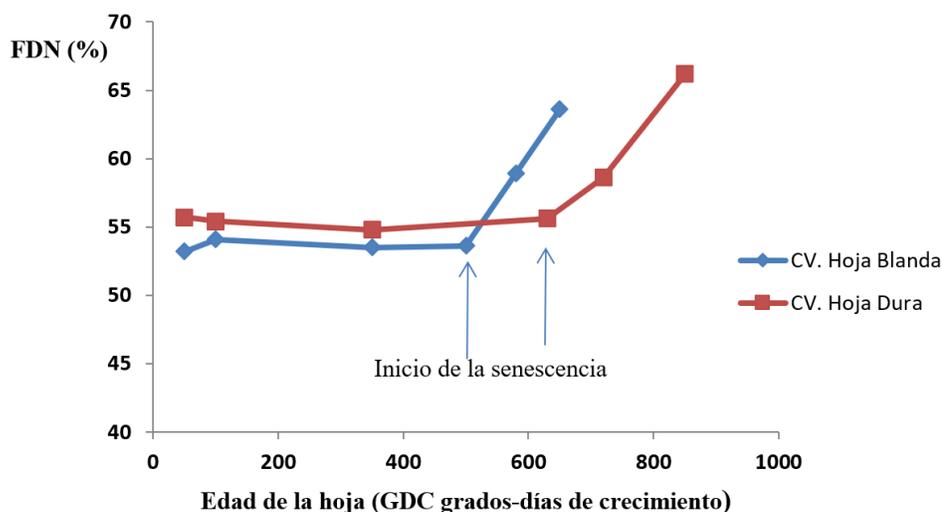
La relativa estabilidad del contenido de FDN en las hojas vivas se debe al hecho de que la deposición de MS, y por lo tanto de los constituyentes de la pared celular, se produce solo en la zona meristemática y solo cuando la lámina de la hoja está en crecimiento en el interior de la vaina (MacAdam & Nelson, 1987; Maurice et al., 1997; Schnyder et al., 1987). Por otra parte, la disminución de DFDN y DMS podría ser una consecuencia de la física (Wilson & Mertens, 1995) y de la química (Akin, 1989; Buxton & Redfearn, 1997; Jung & Allen, 1995), es decir, cambios en la pared celular que reduce la digestibilidad de la fibra durante el envejecimiento del tejido foliar.

Los datos de Insua et al. (2017) sugieren que la disminución de la DMS de hojas se debe a la disminución de DFDN en lugar de un aumento en FDN. Además, la DMS tendía a disminuir más lentamente (~54 % menos) que DFDN debido a la relativa estabilidad del contenido de FDN.

En el mismo trabajo de Insua et al. (2017) se evaluó la variación del valor nutritivo del forraje relacionado con el recambio de hojas para el grupo completo de láminas foliares presentes por macollo. La FDN para este grupo aumentó ligeramente con el rebrote en ambos cultivares, tal como lo habían observado previamente Agnusdei y Castaño (2011) en pasto Rhodes. Esta menor variación en la FDN para el pool de hojas que la encontrada para hojas individuales fue consecuencia de la escasa contribución de la hoja senescente más vieja (L1) al pool. Además, las tendencias en la digestibilidad de la lámina foliar para el grupo de hojas (L1, L2 y L3) también disminuyeron a una tasa ligeramente menor (~10 % menos) que la observada con cada hoja individual (figura 1).

**Figura 2**

*Edad de la hoja de dos CV de festuca y su contenido de FDN*



*Nota.* Las flechas indican el inicio de la senescencia de la hoja. Adaptado de Insua et al. (2017).

Esto se debió a que la mayor digestibilidad de una hoja recién formada en un macollo dado puede compensar en parte el efecto negativo del envejecimiento de la hoja en las hojas más viejas. En otras palabras, aunque la hoja más joven en la etapa de 2 o 3 hojas era la más larga del retoño, era más digestible que todas las demás hojas más viejas y cortas en ese mismo tallo. Este fenómeno puede haber enmascarado parcialmente las diferencias de cultivo en el envejecimiento de la hoja a lo largo de VMF.

Los resultados del valor nutritivo de la hoja a nivel de toda la reserva de hojas (figura 1) indican que los intervalos de defoliación cerca del inicio de la senescencia de la hoja, es decir, 490 y 630 GDD para cultivares de hojas blandas y duras, respectivamente (LLS), proporcionarían un valor nutritivo de forraje similar en ambos cultivares (valores estimados calculados a partir de los gráficos de las figuras 1 y 2: 55,6 % pool de FDN, 46,6 % pool de DFDN y 58,4 % pool DMS). Además, estos intervalos de defoliación máximos deseables correspondían a una etapa de hoja de macollo (Fulkerson & Donaghy, 2001) de 2,5 y 3,3

hojas vivas para el cultivar de hojas blandas y duras, respectivamente. Por lo tanto, estos resultados confirman la relevancia de monitorear el inicio de la senescencia de la hoja en términos de tiempo térmico (VMF) o el número de hojas vivas por macollo (es decir, etapa de la hoja) para controlar el valor nutritivo de los forrajes.

A menudo se requiere que los agricultores y ganaderos acorten los intervalos de defoliación para cumplir con los objetivos específicos del manejo del pasto, como mejorar el valor nutritivo del pasto cuando aumentan los requisitos del rebaño (Callow et al., 2003; Lee et al., 2012; Milne, 2009; Nave et al., 2013; Raeside et al., 2012). En este sentido, los intervalos más cortos que VMF limitarán las disminuciones en DFDN y DMS, como muestra el estudio de Insua et al. (2017) (figura 1). Por ejemplo, la defoliación de los cultivares de festuca actuales en la etapa de 2 hojas recomendada anteriormente (Donaghy et al., 2008) mejoraría el conjunto de DFDN en ~11 puntos porcentuales (del 46,6 % al 57,1 %) y el conjunto de DMS en ~7 puntos porcentuales (del 58,4 % al 64,9 %) en comparación con los intervalos de defoliación prolongados definidos por VMF o el estado de la hoja de 2,5 y 3,3 hojas para los cultivares de hojas blandas y duras, respectivamente. Sin embargo, esta proposición debe tener en cuenta la probable compensación de aumentar el valor nutritivo del forraje en la masa de forraje. En este sentido, Lee et al. (2012) propusieron que se obtendría un compromiso razonable si el uso de suficiente área foliar posterior a la defoliación para un rebrote rápido de la pastura (es decir, 1500 kg MS/ha o 5 cm de rastrojo) tiene una pequeña penalización en la acumulación de masa de forraje posterior. Por lo tanto, dada la disminución continua en la digestibilidad del forraje con el aumento de la masa del forraje o la edad de la hoja (figura 1). Estos resultados sugieren un compromiso complejo entre la masa del forraje y el valor nutritivo que debe considerarse en interacción con la cantidad y la calidad de pasturas pos-pastoreo para informar las prioridades de manejo. No obstante, la evidencia en la literatura es bastante contradictoria, apoyando (Nave et al., 2013) o negando (Scheneiter et al., 2016) una asociación entre el valor nutritivo y la masa de forraje. En este sentido, se entiende necesario un análisis adicional para verificar la asociación entre el valor nutritivo del forraje y la masa del forraje observada aquí en pasturas de festuca en relación con la edad y la longitud de las láminas de las hojas.

Además, trabajos previos en pastos templados (Di Marco et al., 2013; Duru & Ducrocq, 2002) y tropicales (Agusdei & Castaño, 2011) propusieron que el manejo de la longitud inicial del tubo de la vaina puede afectar significativamente la longitud posterior de las hojas y, por lo tanto, su valor nutritivo. De acuerdo con estos estudios, la fuerte relación encontrada aquí entre la lámina de la hoja y la longitud del tubo de la vaina ( $R^2 = 0.95$ ) sugiere que cualquier reducción en el rastrojo residual (pos-defoliación) podría mejorar el valor nutritivo de la hoja al reducir la longitud del tubo de la vaina y, por lo tanto, el efecto negativo de aumentar la longitud de la lámina de la hoja en DFDN y DMS (figura 1). Reafirmado lo anteriormente dicho, en el trabajo de (Insua et al., 2014), menor altura de remanente (R40mm) aplicada en el periodo pre-experimental permitió lograr plantas con vainas 56mm más cortas que el tratamiento más laxo (R100mm), hecho que se tradujo en una reducción de ~30% en la longitud promedio de las láminas que aparecieron durante el rebrote subsiguiente respecto de R100mm. Estos resultados muestran la efectividad que tuvieron los tratamientos de remanente aplicados para modificar la conformación estructural de las plantas. En consecuencia, las hojas cosechadas en R40mm resultaron de menor edad que las de R100mm. El valor observado en este experimento resultó similar al reportado por Insua et al. (2012) para el mismo cultivar en verano, lo cual corrobora que la VMF es un parámetro inherente al cultivar e independiente de la temperatura diaria y del manejo de la defoliación (Lemaire & Chapman, 1996). Con la altura remanente no solo se logró afectar el largo foliar, sino que también se logró incidir indirectamente en la edad y, por ende, en la senescencia del conjunto de láminas cosechado. Esto se reflejó efectivamente en una mejora del 16 % en DFDN y del 9 % en DMS del promedio de las cosechas de R40mm con respecto a R100mm, sin diferencias en FDN. De estos cálculos surge que la reducción de la altura de remanente aumenta la DFDN de las hojas cosechadas a través de dos efectos: un efecto morfogénico que permite cosechar tejido foliar de menor edad a un mismo estado de hoja (por ejemplo, H2, H3) y un efecto directo sobre la DFDN por disminución del largo de lámina de las hojas. Estos resultados muestran la importancia de la senescencia (o VMF) y del largo foliar como determinante de la calidad de pasturas en estado vegetativo. Si esta hipótesis es correcta, entonces es razonable suponer que cualquier pastura residual posterior al pastoreo que contenga un conjunto denso de tubos de vaina cortos (4-5 cm) y suficiente área foliar produciría un rebrote posterior de hojas cortas y altamente digeribles que minimizaría

cualquier compromiso innecesario entre el valor nutritivo y la masa de forraje. Esto se puede lograr mediante el uso de un manejo consistente de la defoliación que apunte a una estructura de la pastura frondosa, densa y corta (Lee et al., 2012).

Se requieren estudios adicionales de mayor duración que consideren diferentes alturas remanentes posteriores al pastoreo y efectos estacionales para confirmar que esta variación esperada en el valor nutritivo y la masa del forraje se ve afectada por cambios en la estructura de la pastura, incluidos los vínculos entre los cambios concomitantes en el tubo de la vaina y la longitud de la hoja y el valor nutritivo del forraje.

Kaufononga et al. (2017) llevaron a cabo un estudio de parcelas para investigar el efecto interactivo de tres intervalos de defoliación (etapa de una hoja, dos hojas y tres hojas en raygras perenne y etapa de una hoja, dos hojas y cuatro hojas en festuca y dos residuos de altura de defoliación (bajo, 5 cm y alto, 8 cm) sobre los parámetros de producción de festuca en comparación con las parcelas de raygras. Los rendimientos de MS, la composición botánica y las densidades de macollos de ambas especies fueron generalmente mayores en los intervalos de defoliación más largos (F-4 hojas y RP-3 hojas). Sin embargo, esto resultó consistentemente en la peor calidad del forraje en el tratamiento F-4. La calidad del forraje fue mayor en F-2 en comparación con F-4; sin embargo, se redujeron el rendimiento de MS, la densidad de macollos y la proporción de especies sembradas en la pradera.

## **2.2. La importancia de las gramíneas perennes en los sistemas de producción de leche**

Las gramíneas forrajeras en Uruguay se usan como base de verdeos anuales y como componente de praderas de corta o larga duración en asociación con leguminosas (García, 2003). Antes de comprar semillas de alguna forrajera, es importante considerar: características de los suelos (fertilidad, humedad, estructura), evaluar presencia de malezas (gramilla, senecio, carnícera, etcétera), cultivos antecesores, especie animal que la pastoreará (ovino, vacuno o ambos), momento del año que se necesita más forraje, sistema de producción donde aportará esta especie (es para reserva forrajera, consumo animal, semillero o combinación), método de siembra (en línea o al voleo), entre otros factores.

El incorporar una especie perenne a una mezcla forrajera permite que el sistema obtenga beneficios biológicos y económicos. La presencia de perennes permite que la pastura tenga una mayor persistencia, evitando sembrar todos los años una nueva especie forrajera y tiempo improductivo entre la preparación y primer pastoreo de los cultivos anuales. Su persistencia y cobertura del suelo evita la germinación e invasión de malezas como gramilla o senecio, entre otras, y controla la erosión del suelo al no haber suelo desnudo. Cuando ingresan los animales a pastorear en tiempos de mucha lluvia, se logra tener un piso firme evitando la aparición de barro y muerte de plantas (González Barrios, 2010).

Destacada por sus elevados valores productivos en carne y leche bajo pastoreo, *Festuca arundinacea* es una de las gramíneas perennes más utilizadas en Uruguay (Formoso, 2010). Los cultivares de festuca pueden, sin embargo, poseer rasgos adaptativos (rasgos que no poseen otros pastos). En el periodo estival, es generalmente más tolerante al calor y con raíces más profundas que el raygras perenne, con un valor nutritivo comparable sobre gran parte del año y el beneficio de una mayor productividad en verano (Raeside et al., 2012).

Festuca es una especie forrajera en la zona de alta precipitación, particularmente en áreas que experimentan el estrés combinado de las condiciones cálidas y secas del verano con las condiciones frías y anegamiento transitorio durante el invierno (Raeside et al., 2012).

En cuanto al manejo del pastoreo, acepta pastoreos relativamente frecuentes e intensos, no solo por presentar sustancias de reservas en las raíces y rizomas cortos, sino también por el área foliar remanente luego del pastoreo que generalmente son altas (acumulación de forraje en los primeros 5 cm del suelo) (Carámbula, 2002-2004). Crece todo el año y durante el verano reduce el ingreso de malezas y gramíneas estivales.

Para mantener un alto nivel de crecimiento y persistencia en el verano, es probable que los cultivares activos de festuca sean especialmente adaptados a las zonas de precipitaciones que reciben 600 mm/año, con algo de lluvia en verano. En áreas donde las lluvias de verano no son confiables, la festuca puede ser adecuada para suelos texturados propensos al anegamiento que proporcionan una fuente de humedad del suelo almacenada disponible para la extracción durante el verano. Esta revisión documenta la utilidad potencial de los tallos activos durante el verano (Raeside et al., 2012).

En otoño, habiendo disponibilidad de agua en el suelo, la festuca rebrota y crece rápidamente porque sus macollas han permanecido vivas durante el verano y por lo tanto en marzo y abril puede dar una buena producción. Una vez establecida la pastura, se ve beneficiada con pastoreos rotativos y tolera bien defoliaciones intensas, salvo en verano donde los pastoreos rasantes reducen su producción posterior y persistencia (García, 2003).

La festuca es una planta esencialmente de pastoreo, su manejo debe ser de tal manera que no crezca mucho ni que se endurezca, si esto ocurre, pierde digestibilidad y apetecibilidad, por lo tanto, el animal la rechaza. En este sentido, la festuca exige un manejo estricto, de lo contrario se transforma en un forraje tosco y despreciable (Carámbula, 2002-2004). Para esto es fundamental un manejo diferencial a principios de la primavera donde comienza el alargamiento de los entrenudos. A partir de aquí el manejo debe ser con pastoreos frecuente para eliminar los puntos de crecimiento y poco intenso para mantener una determinada cantidad de biomasa favoreciendo el desarrollo radicular determinado que permita sobrepasar el verano.

### **2.3. Mezclas forrajeras**

Según Carámbula (2002-2004) una mezcla forrajera se define como una población artificial formada por varias especies con diferencias tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta población artificial de especies y de las características de cada una en particular, se produce un proceso complejo de interferencias que pueden conducir a algunos de los siguientes resultados: depresión mutua, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio o falta total de interferencia.

Otros autores sostienen que no existen evidencias que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros. Una combinación de especies forrajeras o cultivares debería ser más eficientes para utilizar los recursos ambientales disponibles, que cada especie o cultivar sembrado individualmente (Donald, 1963).

La condición necesaria para que una mezcla ultra simple rinda más que sus dos componentes por separado, podría ser dada por especies de diferentes ciclos, de manera que se superpongan lo menos posible, minimizando la competencia entre ambos componentes de la mezcla.

Independientemente de la cercanía entre estas, si el contenido de agua, nutrientes, luz y calor supera las necesidades de ambas no habrá competencia. Basta con que uno de estos factores se encuentre por debajo de las necesidades de ambas para que esta se inicie.

Se debe tener en cuenta además las temperaturas óptimas de crecimiento de cada especie, como forma de lograr una distribución de forraje homogénea en las distintas estaciones. La temperatura óptima de crecimiento para las especies templadas es entre 15 y 20 °C y para las tropicales, de 30 a 35 °C (Carámbula, 1996).

#### **2.4. Efecto del pastoreo**

En Uruguay, la producción de leche en los establecimientos ha aumentado en los últimos años como consecuencia de incrementos en producción por vaca y del número de vacas por establecimiento o carga animal, que han llevado a incrementos en la producción por hectárea (“Lechería del 2030”, 2019). Este incremento ha sido sostenido en mayor parte por un aumento de la suplementación a base de concentrado, frente a la base forrajera pastoril tradicional al igual que ha ocurrido en países como Australia y Nueva Zelanda, lo cual está asociado a pequeñas ganancias en rentabilidad (Chapman et al., 2008).

Una pastura bajo pastoreo es un sistema dinámico en el cual el tejido foliar es continuamente producido por las macollas, este es consumido por animales o se pierde por senescencia. Optimizar la cantidad de forraje cosechado por el animal requiere dos consideraciones: mantener una alta tasa de acumulación de forraje verde y maximizar la eficiencia de utilización del forraje o minimizar sus pérdidas (Smentham, 1973, como se cita en Agustoni Pais et al., 2008).

El conocimiento del equilibrio entre los procesos principales que intervienen en la producción de pasto y su utilización (la fotosíntesis, la producción de tejido bruto, el consumo animal y la senescencia foliar), proporciona una base racional para optimizar el manejo del pastoreo (Smentham, 1973, como se cita en Agustoni Pais et al., 2008).

El manejo del pastoreo tiene como finalidad proveer un forraje de alta calidad durante el mayor período de tiempo y de asegurar un buen porcentaje de utilización de la materia seca,

manteniendo ganancias aceptables por parte de los animales, por ejemplo: obtener una conversión eficiente de pasto a producto animal (Fisher et al., 2000).

Un buen manejo implica la combinación exitosa de dos sistemas biológicos muy diferentes pero interdependientes: plantas y animales. Para lograr un manejo exitoso del sistema no significa que se deban aplicar las mismas técnicas todo el año, sino que se deben tener en cuenta las variaciones climáticas y los cambios morfofisiológicos de las especies (Carámbula, 1991, como se cita en Fariña & Saravia, 2010).

El manejo de la defoliación para producir rendimientos elevados de forraje durante una etapa vegetativa debe considerar dichas variables (frecuencia e intensidad) de forma conjunta (Carámbula, 2002-2004). Al respecto se señala que existe una amplia gama de combinaciones de frecuencia e intensidad de defoliación que pudiera surgir en condiciones de pastoreo rotativo. Las estrategias de manejo en cuanto a intensidad, frecuencia y oportunidad de uso, ya sea por corte o pastoreo, tienen influencia directa sobre la composición botánica, rendimiento y calidad de las especies forrajeras (Hernández-Garay et al., 2000, como se cita en Velasco Zebadúa et al., 2005).

#### **2.4.1. Productividad**

El consumo de forraje es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores interdependientes. En situaciones de pastoreo, es necesario tener en cuenta elementos de la pastura tales como disponibilidad, estructura, densidad o altura del forraje y del animal tales como tasa de cosecha y selectividad, vinculados a la estrategia de pastoreo (Chilibroste, 1999).

Los animales forman sus preferencias por los alimentos que los satisfacen en términos de requerimientos de energía, balance nutricional, recuperación de enfermedades (Roche et al., 2008) y al mismo tiempo prefieren hábitats según recursos pastoriles, disponibilidad de agua, bajo riesgo de predación y regímenes térmicos apropiados. A la hora de poner en juego estos mecanismos, los ambientes heterogéneos son particularmente desafiantes para los animales, dado que precisan estar muestreándolos constantemente para poder percibirlos correctamente (Laca, 2008, como se cita en Carballo Douton, 2014).

La pastura impone una primera restricción a la masa de bocado, afectando la tasa de bocado, la tasa de consumo en el corto plazo, y el consumo diario. El consumo y selectividad animal bajo pastoreo tiene una importancia fundamental en determinar la productividad animal y la eficiencia global de los sistemas pastoriles. Esto demuestra que el conocimiento de las relaciones entre pasturas y animales es determinante en la maximización de la producción animal en sistemas pastoriles (Gibb, 2006).

El consumo de forraje por parte del animal en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente. Con respecto al animal se pueden citar, la edad, el peso, el estado de preñez o lactancia, el nivel de producción y la condición corporal; con respecto a la pastura, la digestibilidad, la composición química, las especies, la cantidad de forraje y madurez; en cuanto al manejo, la cantidad de forraje por animal y por día, la suplementación, la fertilización y el sistema de pastoreo; y con respecto al ambiente, la temperatura, la humedad, el fotoperiodo, la velocidad del viento, etcétera (Cangiano, 1997).

#### **2.4.2. Defoliación**

A escala nacional se han realizado diferentes aproximaciones para entender el efecto de la defoliación y su manejo a través de la altura remanente (AR) sobre la pastura, el animal y su interacción (Carballo Douton, 2014; Faber, 2012; Mattiauda et al., 2009; Menegazzi Conceição, 2020; Soca et al., 2009; Zibil et al., 2016). En términos generales, 7 cm de altura pos-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 & 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 con el manejo tradicional que realizaba cada predio. Mattiauda et al. (2009), comparando diferentes AR (3, 6, 9 y 12 cm) en una pastura a base de festuca, encontraron una tendencia de mayor producción individual de leche en mayores AR. El tratamiento de mayor AR también se asoció a una mayor estabilidad en la producción de forraje y leche (Soca et al., 2009). La AR de 3 cm 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. En un cierto punto, la utilización y calidad de la pastura se vería desfavorecida con mayores AR (Chilibroste et al., 2015). Menor AR 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 bajas AR, altas cargas instantáneas y reducir la selectividad del animal y heterogeneidad de la pastura.

Especies como festuca tienen yemas activas en verano que otorgan el potencial de prolongar el crecimiento pasado el pico de primavera, llevando a mayores tasas de acumulación de forraje en noviembre, diciembre y enero comparado con otras alternativas como es el caso de raigrás perenne, incrementando además la acumulación de forraje total anual (Chapman et al., 2008).

La persistencia es un importante atributo de las pasturas perennes que permite que suministren alimento para animales en pastoreo de manera rentable (King et al., 1997). Según Easton et al. (1994) la persistencia de festuca es función de la fertilidad del suelo, la tolerancia a la sequía y la intensidad de pastoreo con la cual es pastoreada. El creciente aumento de la carga animal en los sistemas de producción lecheros ha determinado incrementos en la intensidad y frecuencia de defoliación que tienden a ser cruciales para la persistencia de las plantas, ya que plantas defoliadas tienen menos reservas para sobrevivir a períodos de estrés. Por lo tanto es importante que las gramíneas perennes sean bien manejadas si queremos mantener la pastura (King et al., 1997).

La eficiencia de utilización de forraje en un sistema de pastoreo puede ser definida como la proporción de tejido de hoja removido por los animales antes de entrar en estado de senescencia (Lemaire & Chapman, 1996).

Según el análisis teórico de Hopkins (2000), para optimizar el rendimiento cosechable en sistemas de defoliación intermitentes las pasturas deberían ser cosechadas cuando la fase exponencial de acumulación de biomasa total cesa durante el rebrote, que coincide con la máxima tasa de crecimiento promedio (kg de MS acumulada por día) de la pastura durante todo el período de rebrote, pero no con la máxima tasa de crecimiento instantánea. En general, cuanto mayor es el IAF desde el cual comienza el rebrote, el intervalo de tiempo para alcanzar

el punto óptimo de cosecha es menor. Cuando el IAF inicial incrementa (por ejemplo, porque la intensidad de defoliación disminuye), la máxima tasa de crecimiento promedio se incrementará inicialmente, y luego decrecerá, reflejando la pérdida en potencial de producción debido al efecto del sombreado de altos IAF sobre la capacidad fotosintética de las hojas nuevas (Hopkins, 2000).

Kemp et al. (2001) mostraron que bajo una intensa defoliación en festuca decreció la masa de tallos y raíces por planta, se redujo la tasa de crecimiento por tallo, decreció el número de macollos por planta y la tasa de macollaje, lo cual comprometió la productividad y persistencia de la pastura. Trabajos nacionales (mencionados anteriormente) han reportado resultados similares, donde incrementos en la intensidad de pastoreo (reducciones de la altura remanente de pastoreo entre 12 y 3 cm) han provocado disminuciones en el porcentaje de festuca e incrementos en el área de suelo descubierto, encontrándose además una tendencia a disminuir la producción de forraje a mayores intensidades de pastoreo (Mattiauda et al., 2009). A escala regional, Cid y Brizuela (1998) reportaron similares resultados al este de la provincia de Buenos Aires, concluyendo que la degradación de pasturas de festuca ocurre como consecuencia de un exceso en el nivel de defoliación (bajo situaciones de alta carga animal).

La producción de tejidos de hojas en una pastura es un proceso continuo, regulado por variables ambientales y por cambios en su estado. En la medida que se acumula tejido de hojas, este está expuesto al envejecimiento y la senescencia lo que lleva a su acumulación y descomposición en el suelo. Bajo pastoreo, los tejidos de las hojas están sujetos a eventos discretos de defoliación, cuya frecuencia e intensidad afectan la fisiología de las plantas y por lo tanto la tasa a la cual se producen nuevos tejidos (Lemaire & Agnusdei, 2000). Por eso, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede ser concebida como la mayor producción de materia seca o el consumo de los animales, sino como un compromiso entre los siguientes flujos de tejidos de hojas: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons et al., 1994).

La respuesta de las plantas individuales frente a la intensidad y frecuencia de la defoliación involucra procesos en la interfase planta-animal: en el corto plazo, respuestas fisiológicas relacionadas a la reducción del aporte de carbono resultante de la pérdida de área foliar que

limitarán la producción de tejidos; en el largo plazo, respuestas morfológicas permiten a la planta adaptar su arquitectura y escapar a la defoliación. Por lo tanto, la plasticidad de las plantas al régimen de defoliación juega un rol central en la regulación tanto de la tasa de producción de nuevos tejidos de hojas como de la accesibilidad de esas hojas para los animales (Lemaire & Agnusdei, 2000).

La producción de tejido de hojas puede ser analizada como el resultado de la interacción de dos procesos. Por un lado, la producción de asimilados por las plantas individuales, resultante de la intercepción de luz y de la fotosíntesis de las hojas. Por otro lado, el uso de esos asimilados por los meristemas de las hojas para la producción de nuevas células en crecimiento y finalmente, para la expansión del área foliar. Por lo tanto, la tasa de expansión de los tejidos puede ser limitada por cualquiera de estos dos factores. El uso de los asimilados por los meristemas de las hojas está directamente determinado por la temperatura, que gobierna las tasas de división y expansión celular (Ben-haj-Salah & Tardieu, 1995) y crea una demanda de asimilados de carbono y nitrógeno para proveer energía y material para la expansión de tejidos. Desde esta mirada simplificada de una planta en crecimiento, en ausencia de estrés hídrico, la expansión de tejidos puede ser considerada como directamente determinada por la temperatura y la nutrición nitrogenada (Gastal et al., 1992).

La dinámica de macollaje de las pasturas es definida por: la morfología de los macollos, la optimización del área foliar del canopeo y la persistencia. La morfología de los macollos proporciona conocimiento acerca de la ubicación de los recursos. Con respecto al área foliar en pasturas bajo ocupación continua, la altura de la pastura, y por lo tanto el tamaño de los macollos, está determinada por la carga, a través de la altura remanente. El área foliar que puede ser mantenida se relaciona de manera directa con la altura remanente, dado que el pastoreo representa una pérdida de energía de las plantas, análoga un menor nivel de luz. La optimización del área foliar a bajas alturas de defoliación se logra a través del descenso en el tamaño de los macollos y el aumento de su densidad de población. Sin embargo, con una defoliación excesiva, el área foliar y la disponibilidad de sustrato se reducen tanto que la producción de nuevos macollos se suprime y la población disminuye en la medida que los macollos existentes mueren. Una señal para la inducción de primordios y la producción de

nuevos macollos es la alta relación rojo/rojo lejano, y esta señal se reduce en la medida que el área foliar aumenta (Matthew et al., 2000).

## **2.5. Respuesta de los animales frente a las distintas alturas remanentes**

El consumo de pasto por animales en pastoreo es afectado por la altura y masa de forraje disponible para los animales (Chilibroste et al., 2004), lo que influye significativamente en su performance productiva (Chilibroste et al., 2012) y reproductiva (Meikle et al., 2013). Las estrategias de pastoreo tienen efectos directos sobre el crecimiento de la pastura, donde bajas alturas remanentes (Soca et al., 2009) o bien sin control (Zibil et al., 2016) repercuten de manera desfavorable en la tasa de rebrote de la pastura y en la producción total de forraje, amenazando la base pastoril y la productividad de los sistemas lecheros uruguayos, ya que estos, en su gran mayoría, no controlan o controlaban, sobre todo, la altura remanente post-pastoreo (Zibil et al., 2016).

La comprensión del proceso de pastoreo es fundamental para lograr mayor eficiencia en el uso de los recursos en la producción de leche. Considerando que existe una brecha de mejora del consumo de materia seca en la mayoría de los predios productores de leche (Fariña & Chilibroste, 2019), es conveniente el estudio de estrategias de pastoreo, mediante el control de altura de entrada y salida, que permitan incrementar el consumo de forraje. El consumo en pastoreo es afectado por las características de la pastura, a través de su efecto sobre el comportamiento ingestivo animal (Baumont et al., 2000).

En cuanto a la interfase planta-animal, la cantidad de forraje consumido en cada bocado es restringido por la morfología de la pastura (Gibb, 2006). En general, existe acuerdo en que para pasturas templadas la masa de bocado y la tasa de consumo aumentan en la medida que se incrementa la altura de la pastura. Forbes (1988) en una revisión de seis trabajos, encontró que, en pasturas templadas, en la medida que la altura del forraje aumenta, el tamaño de bocado aumentó linealmente en todos los casos.

Gibb et al. (1997), trabajando con vacas lecheras en una pastura de raygras perenne, encontraron una mayor masa de forraje por movimiento mandibular a una altura intermedia de 7 cm, con respecto a 5 o 9 cm (0,264 kg, 0,182 kg y 0,237 kg, respectivamente). La

repuesta esperada del animal frente a la reducción en la tasa de consumo de corto plazo es aumentar el tiempo de pastoreo, sin embargo, en este experimento no hubo un aumento significativo, con valores de 628, 604 y 581 minutos de pastoreo por día para 5, 7 y 9, respectivamente. Para el rango de alturas entre 5-9 cm, el total de movimientos mandibulares de pastoreo mostró un aumento lineal y significativo al disminuir la altura, sin embargo, este no fue suficiente para compensar la menor masa de bocado. El consumo máximo de materia orgánica fue alcanzado con una altura de la pastura de 7 cm (14,1 kg), mientras que a 5 y 9 cm se obtuvieron consumos de 10,5 y 12,1 kg, respectivamente.

Lee et al. (2008) realizaron posteriormente un experimento sobre raigrás perenne en el cual se probó el efecto de la intensidad de pastoreo anterior sobre la producción de leche en pastoreos siguientes. Para no confundir el efecto con el de la asignación, variaron las alturas pos-pastoreo anterior, siendo la asignación constante de 18 kg MS/vaca/día. Para alturas pos-pastoreo de 4,1, 5,1 y 5,9 cm encontraron efecto negativo de la altura pos-pastoreo sobre la producción de leche. Esto parece contradictorio con otros estudios, como el de Gibb et al. (1997) en el cual sí hubo respuesta positiva en producción al aumentar la altura de pastoreo. Sin embargo, la explicación encontrada por los autores radica en dada la baja asignación, los animales consumieron por debajo de las alturas pre-pastoreo anterior, obteniendo forraje de menor calidad en la medida que la altura era mayor, por mayor acumulación de restos secos.

Curran et al. (2010), sobre raigrás perenne en un experimento de 6 meses, probaron tratamientos cruzados de disponibilidad y asignación (1600 y 2400 kg MS/ha) y 15 y 20 kg MS/vaca/día. Encontraron mayor producción de leche/ha al disminuir la disponibilidad para el promedio de asignaciones estudiado. Sin embargo, esto no se relacionó con mayor consumo, sino con diferencias en calidad de la dieta.

Las opciones de corto plazo hechas por el animal, sobre que plantas seleccionar y cuanto buscar entre bocados, afectan la tasa de consumo instantánea y el contenido de nutrientes de la dieta (Gordon, 1995).

En pasturas mono específicas de raigrás perenne, Curran et al. (2010) encontraron, en un experimento que duró 6 meses, que pasturas con menor disponibilidad (1600 vs. 2400 kg MS/ha) tuvieron mayor contenido de proteína y digestibilidad de la MO y menor contenido

de FDN. En la segunda mitad del experimento encontraron también menor digestibilidad de la materia orgánica asociado al problema de altas tasas de senescencia cuando los residuos son altos.

Las características del ambiente determinan la conducta y el consumo animal en pastoreo, afectando el comportamiento a múltiples niveles jerárquicos. A su vez, el comportamiento animal repercute sobre la heterogeneidad vertical y horizontal de la pastura. La definición de las escalas y variables determinantes del consumo y la selección de la dieta por parte de los animales, es de fundamental importancia para comprender y manejar los sistemas pastoriles (Laca, 2008).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue llevado a cabo en la Estación Experimental M. A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Udelar, Ruta 3, km 363.5, Paysandú – Uruguay (32° 22' S - 58° 03' W). El trabajo experimental consistió en un pastoreo que se desarrolló en la primavera, del 1 al 10 de octubre del 2018. Previamente a este periodo, la pastura ya se había pastoreado en dos oportunidades durante mayo y julio, con los mismos animales y tratamientos, y es parte de otro trabajo (Fast, 2020).

#### 3.1. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar. Fueron definidos 4 bloques espaciales (diferenciados por topografía y uniformidad de suelos). La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de 0,3 ha (2 tratamientos × 4 repeticiones espaciales = 8 parcelas) las cuales fueron pastoreadas por 3 animales. Se utilizaron 2,4 ha de una pastura a base de Festuca Cv. INIA-Fortuna, de segundo año de producción, ubicada en la unidad de producción de leche (Potrero 23) de la EEMAC, sembrados en abril de 2017 con una densidad de 15 Kg/ha y lotus Rigel con densidad 8 Kg/ha.

Los tratamientos fueron de dos alturas remanentes (AR): Tratamiento Control (TC) y Tratamiento Laxo (TL). Las alturas remanentes fueron de 9 y 15 cm para TC y TL respectivamente. En los dos pastoreos de otoño/invierno y que antecedieron las mediciones del presente estudio, las parcelas de TC y TL se pastorearon con AR de 6 y 12 cm, respectivamente.

Previo al inicio del experimento, se realizaron mediciones semanales del estado fisiológico de la pastura para determinar el comienzo del pastoreo. Como criterio de inicio del pastoreo se utilizó el estado de 3 hojas totalmente desarrolladas (Fulkerson & Donaghy, 2001). Una vez comenzado, se midió diariamente la altura, el punto de máxima densidad de hojas y la biomasa (kg MS/ha al ras) de la pastura en la tarde luego de cada pastoreo. La altura se midió con regla y la biomasa disponible (kg MS/ha) se determinó con el plato Rising Plate Meter® - Ashgrove Co., Palmerston North, New Zealand (RPM), el que se calibró por la técnica de doble muestreo adaptada de Haydock y Shaw (1975).

### 3.2. Animales y manejo

Se utilizaron 24 vacas Holando multíparas paridas en otoño del 2018 ( $20/3/18 \pm 9$  d), de la tesis de maestría de Fast Hinz (2020), los animales tenían  $580 \pm 41,3$  kg de peso vivo y  $2,5 \pm 0,16$  unidades de condición corporal. Se agruparon por el número de lactancias, peso vivo, fecha de parto y condición corporal. Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, a las 4:00 y a las 16:00 horas. Los animales tuvieron acceso a la pastura desde las 8:00 hasta las 14:00 horas y desde las 17:00 hasta las 3:00 horas.

En los días previos al pastoreo, los animales de ambos tratamientos fueron alimentados con una pastura de similares características a la de nuestro trabajo.

La ocupación de cada parcela estuvo determinada por el tiempo que demoró en alcanzar la altura remanente objetiva de cada tratamiento.

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 pos-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 ( $0,2 \times 0,5$  m) se estimó visualmente la cobertura verde, y luego su composición botánica: porcentaje de festuca, leguminosas y otras especies.

### 3.3. Composición del forraje cosechado

En el penúltimo día de cada pastoreo, se colectaron muestras del forraje cosechado de 18 animales (3 bloques completos) mediante la técnica de *hand-clipping* (Coates & Penning, 2000). Las muestras fueron separadas manualmente en los siguientes componentes: festuca, leguminosas sembradas (lotus), 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  $60^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante, para determinar la contribución de cada componente a la MS cosechada por los animales (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) 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 (EE).

#### **3.4. Análisis estadístico**

La heterogeneidad de la pastura fue descrita 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. Las características de la pastura y la composición del forraje cosechado se analizaron con el tratamiento como efecto fijo y el bloque como efecto aleatorio. 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.

#### 4. RESULTADOS

Las condiciones de la pastura en el pre-pastoreo fueron diferentes, conforme a los respectivos tratamientos, como se muestra en la tabla 1. La altura fue diferente, sin embargo, tanto la biomasa disponible como la cobertura verde no difirieron entre los tratamientos. A pesar de ello, la biomasa tendió a ser diferente ( $P=0.06$ ).

El tiempo de ocupación promedio de los pastoreos fue: en el caso de TC, 7 días duró el pastoreo, mientras que 4,5 días fue la duración del pastoreo para TL. Esto determinó que la asignación de forraje fuera mayor en el segundo ( $50$  vs.  $86 \pm 16,4$  kg MS/vaca/d; TC y TL respectivamente).

La composición botánica en pre 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. Mientras que entre los distintos tratamientos la composición botánica pos-pastoreo no difirió: fue de  $80 \pm 8,0$ %,  $10 \pm 2,3$ % y  $10 \pm 3,1$ % para festuca, leguminosa y otras especies; respectivamente. La dispersión de los valores de altura pos-pastoreo difirió entre las AR, tanto el rango ( $11$  vs.  $16 \pm 1,9$  cm; para TC y TL respectivamente) como el desvío estándar ( $2,5$  vs.  $3,4 \pm 0,19$  cm; para TC y TL respectivamente) fueron mayores en TL, en relación con TC. Para los dos tratamientos, la altura remanente fue sensiblemente menor a la pautada (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Características de la pastura pre y pos-pastoreo para los tratamientos TC y TL, y ES*

	TC	TL	ES	P-valor
Características pre-pastoreo				
Altura (cm)	21,3	22,8	5,76	0,01
Biomasa disponible (Kg MS/ha)	3370	3816	158	0,06
Cobertura verde (%)	59	70	5,1	0,43
Características pos-pastoreo				
Altura (cm)	8,9	14	0,54	0,01
Biomasa disponible (Kg MS/ha)	2284	2772	797	0,01
Cobertura verde (%)	59	70	5,57	0,01

En la tabla 2 se muestran los resultados de la composición química de las muestras de Hand Clipping promedio de cada tratamiento. La AR modificó la calidad y composición del forraje ingerido por los animales. El TL mostró mayor contenido de extracto etéreo y PC, y menor cantidad tanto de FDN como de FDA, con relación a TC.

**Tabla 2**

*Características nutricionales de la pastura cosechado por los animales para los tratamientos TC y TL*

Componentes	Tratamientos		Error estándar	P-valor
	TC	TL		
PC	14,9	17,1	2,51	0,05
FDN	53,2	50	1,25	0,01
FDA	28,1	25,8	0,88	0,02
EE	2,9	3,4	0,54	0,04
MS	28,8	27,2	4,27	<0,01

Como se muestra en la tabla 3, para ambos tratamientos predominan ampliamente las láminas, seguido de las inflorescencias, y en menor proporción los restantes componentes en diversas proporciones.

En el TC las vacas consumieron mayor proporción de restos secos y de vaina, y menor proporción de leguminosas y láminas. La importante proporción de inflorescencias se vio presente en ambos tratamientos asociada a la época del año en que se tomaron las muestras, y no se encontraron diferencia entre ellos.

Por un lado, láminas y leguminosas se muestran en mayor cantidad en TL; por otra parte, para el caso de restos secos y vaina, presentan niveles más altos en TC, como se verá más adelante en la discusión, estos datos explican en gran medida los principales resultados del trabajo y de porque la AR del TL es más beneficiosa a la del TC.

**Tabla 3**

*Composición morfológica del forraje y especies cosechado estimado con handclipping para TC y TL*

Componentes	Tratamientos (%)			P-valor
	TC	TL	EE	
Lámina	71,5	76,2	10,8	0,04
Vaina	1,4	0,7	0,66	0,04
Leguminosas	1,2	2,7	1,76	<0,01
Inflorescencias	13,4	13,2	12,7	0,79
Otros	2,6	1,4	1,57	0,12
Restos secos	6,5	1,4	5,85	<0,01

## 5. DISCUSIÓN

A pesar de las diferencias mostradas entre AR, la calidad y la composición del forraje cosechado muestra una pastura con un valor nutritivo destacable con relación a algunos trabajos nacionales en condiciones similares. Si bien las diferencias numéricas encontradas en el contenido de fibra quizá, no tengan la magnitud que se esperaba, podría estar relacionadas a una mayor digestibilidad del forraje del TL (Benvenuti et al., 2016). Carballo Douton (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 Conceição (2020), trabajando con una pastura de festuca pura, reportó niveles promedios de 12, 57 y 31% de PC, FDN y FDA; respectivamente. También Menegazzi Conceição (2020) encontró una diferencia de 10 puntos de digestibilidad en el forraje cosechado por el tratamiento laxo sobre el tratamiento control, al comparar AR muy similares a las de este trabajo. Además, como muestran Insua et al. (2017) en su trabajo, el concepto de etapa foliar supone que el valor nutritivo de la hoja no cambia significativamente previo a la senescencia foliar, así como tampoco lo hace el contenido de FDN. Sin embargo, la DMS y la DFDN sí pueden disminuir considerablemente durante la vida media foliar (VMF). Estos patrones de variación de DFDN y DMS con el envejecimiento de las hojas fueron comunes para las primeras tres hojas sucesivas que aparecieron durante el rebrote. En el mismo sentido, la disminución de DFDN y DMS podría ser consecuencia de cambios físicos y químicos. En el mismo trabajo, con base en los hallazgos que obtuvieron, refuerzan la importancia de la longitud de la lámina de la hoja como una variable estructural con un efecto notable sobre el valor del forraje. En efecto, de este análisis se deduce que la disminución en la digestibilidad del forraje comúnmente vista como resultado de la adición de hojas de menor digestibilidad es especialmente cierta si la longitud de estas hojas sucesivas aumenta, como ocurre durante el rebrote de primavera y verano.

En contraposición a lo anterior, si bien en nuestro trabajo no obtuvimos datos de longitud de lámina en función del valor nutritivo, podemos decir con base en los datos que tenemos, que los animales de TC consumieron un forraje de menor calidad nutritiva teniendo en cuenta la mayor cantidad de FDA y FDN, muy posiblemente debido a la mayor proporción de restos secos.

Por otra parte, según Groot y Neuteboom (1997) y Agnusdei y Castaño (2011), se podría suponer que la pastura de TC se encontraba cercana a la senescencia al inicio del experimento, teniendo

en cuenta los valores nutritivos así como también la cantidad de restos secos del tratamiento. Sin embargo, Fulkerson y Donaghy (2001) suponen que el valor nutritivo de la hoja no cambia apreciablemente antes del inicio de la senescencia. En la misma línea, Insua et al. (2017) hablan de intervalos de defoliación que también consideren el mantenimiento de una capa frondosa y densa con tubos de vaina de no más de 4 a 5 cm podría ser una medida eficaz para mejorar aún más el valor nutritivo y la producción de praderas de festuca. Como mencionan Fulkerson y Donaghy (2001), podemos pensar que el ingreso a pastorear con 3 hojas totalmente desarrolladas hasta una altura remanente de 15 cm puede ser un intervalo de defoliación justo para evitar el aumento del contenido de fibra y las fuertes pérdidas en la digestibilidad del forraje.

Insua et al. (2017) encontraron en su trabajo que los intervalos de defoliación más cortos que la VMF controlaron las disminuciones en DFDN y DMS en cuanto a pastoreos menos intensos y con mayor frecuencia, coincidiendo con Scheneiter et al. (2006) y con Kloster et al. (2013). Esto no solamente evita la caída en la digestibilidad, sino que también genera mayor biomasa media en el pre-pastoreo. En la misma línea, Romero y Juan (1997) y Scheneiter et al. (2006) recomiendan pastoreos frecuentes y laxos para la festuca, cuyo rebrote depende del área foliar remanente. El intervalo de defoliación más efectivo es un equilibrio entre la producción, la senescencia y la calidad óptima de la pastura. Para Kaufononga et al. (2017), los rendimientos de MS, las composiciones botánicas y las densidades de macollos fueron generalmente mayores en los intervalos de defoliación más largos. Esto resultó consistentemente en una peor calidad del forraje en festuca con cuatro hojas. La calidad del forraje fue mayor en etapa de dos hojas, pero se redujeron el rendimiento de MS, la densidad de macollos y la proporción de especies sembradas en la pastura. Los resultados del estudio indican que el rendimiento de MS, la composición botánica y la densidad de macollos se vieron comprometidos cuando la defoliación ocurrió en o por debajo del intervalo de defoliación de dos hojas. Un intervalo de defoliación más largo (en la etapa de cuatro hojas) logró el mayor rendimiento y persistencia, pero comprometió la calidad del forraje. En el mismo sentido, una “buena práctica de manejo” para producir forraje de alta calidad con festuca consistiría en defoliar el rebrote antes de los 500-600 GDC (2-3 hojas vivas) dejando un remanente de defoliación de 35-45 mm. La reducción de la longitud del tubo de vainas al inicio del rebrote por medio del control de la altura de remanente incide en la morfogénesis, estructura y calidad de la pastura durante su desarrollo vegetativo. El vínculo morfológico entre los tubos de vaina más largos con hojas más viejas y más largas y las relaciones

con una DFDN más baja pueden controlarse mediante una altura de pasto residual más corta (Insua et al., 2018).

El manejo previo realizado en las parcelas (Fast Hinz, 2020) determinó las diferencias encontradas en la altura y disponibilidad pre-pastoreo y que además generó cambios en la estructura de la pastura (Gastal & Lemaire, 2015). Pareciera que el manejo más laxo genera un aumento de la biomasa disponible hacia los estratos más altos (Szymczak et al., 2020) y también una mayor acumulación de biomasa en el tiempo. Durante el experimento, la mayor cantidad de biomasa que fue acumulada en TL posiblemente esté vinculada a una tasa mayor de crecimiento de la pastura (Soca et al., 2009). Sin embargo, se podría estar frente a un desaprovechamiento de la materia seca producida en caso de que dicha acumulación se mantenga a lo largo del tiempo (Gastal & Lemaire, 2015), además de perder su calidad nutritiva (Curran et al., 2010). Los resultados muestran que los animales en TL lograron seleccionar un forraje de mayor calidad. Posiblemente puede haber sido gracias a que cosecharon los estratos superiores de la pastura en mayor proporción, que están compuestos mayoritariamente por lámina (Benvenuti et al., 2016; Carvalho, 2013; Szymczak et al., 2020). Contrariamente a TL, los animales de TC se vieron obligados a defoliar hasta estratos más profundos, donde aumenta la proporción de restos secos y disminuye el contenido de lámina (Romera et al., 2010; Szymczak et al., 2020). La pastura de TL presentó mayor altura y biomasa al ingreso, lo que podría ser explicado por macollos más pesados y con láminas más largas (Gastal & Lemaire, 2015; Insua et al., 2017; Saldanha et al., 2010). Coincidiendo con estos resultados, Kemp et al. (2001) mencionan en su trabajo que el efecto de la defoliación de mayor intensidad sobre el peso de los macollos fue mayor que sobre el número de macollos, es decir, se obtuvieron macollos más livianos con la mayor intensidad de defoliación. Ganche et al. (2013) encontraron tendencias similares cuando compararon diferentes AR. Mientras tanto, Kaufononga et al. (2017) observaron en su trabajo que la altura remanente de la defoliación tuvo un efecto sobre la densidad de macollos, donde en la etapa de una y dos hojas la baja altura remanente disminuyó la densidad de macollos. Sin embargo, para la festuca en etapa de cuatro hojas, la densidad de macollos fue mayor en alturas remanentes bajas en comparación con alturas de defoliación altas. En el mismo trabajo, la densidad de macollos se redujo aún más en los intervalos de defoliación de las etapas de una y dos hojas cuando se defolió a una altura baja en comparación con una altura de defoliación alta. Por el contrario, la reducción de la densidad de macollos observada en alturas remanentes altas en comparación con bajas en

los intervalos de defoliación más largos fue el resultado de la sombra que causó la muerte de los macollos (Kaufononga et al., 2017).

La mayor proporción de estructuras de sostén con el avance del rebrote trae aparejada una caída concomitante de la relación hoja/tallo (Lemaire & Belanger, 2020). De esta forma, el aumento de tamaño estructural que ocurre durante un ciclo de rebrote como respuesta plástica de las plantas a la competencia por luz dentro del canopeo implica que generalmente el efecto negativo de la acumulación de biomasa sobre la DMS de las pasturas esté relacionado al aumento del contenido de FDN con la caída del porcentaje de hojas (Nave et al., 2013). Este efecto muchas veces se confunde con los efectos concomitantes del paso de tiempo, la acumulación de tallos reproductivos o material senescente.

En cuanto al criterio del inicio del pastoreo, en más de un trabajo citado no lo tienen muy bien definido. El criterio para ingresar no debería estar definido por los días que dura el ciclo de pastoreo, el cual depende de la disponibilidad de forraje y de la carga, entre otras cosas, sino que debería estar determinado por las condiciones previas de la pastura (Gastal & Lemaire, 2015). Por su parte, Kaufononga et al. (2017) identificaron la etapa de rebrote de dos hojas como el intervalo mínimo y la etapa de cuatro hojas como el intervalo máximo de defoliación, en términos de calidad óptima del forraje y rebrote de las plantas. En definitiva, mencionar la AR en función de las condiciones pre-pastoreo, eventualmente podría ser un parámetro a tener en cuenta más preciso y útil para implementar en el futuro. Según Benvenuti et al. (2016), sin tener en consideración la altura, la biomasa disponible, las condiciones pre-pastoreo y tal vez el contenido de lámina, no tendría sentido hablar de una altura pos-pastoreo.

A medida que el animal come progresivamente a través de la pastura, la proporción de material de la lámina disminuye y la proporción de pseudotallo y material senescente aumenta, lo que lleva a una disminución en la digestibilidad (in vitro) del forraje ingerido (Chilibroste et al., 2005). En su trabajo, Menegazzi Conceição (2020) encontró que las vacas de su tratamiento medio (12 cm) exploraron más parches logrando el mismo consumo de materia seca que las vacas del tratamiento laxo (15 cm), pero la dieta seleccionada fue inferior en términos de calidad. Esto podría estar explicando los resultados de TL en nuestro trabajo. En ese sentido, Carvalho (2013), Carvalho et al. (2015) y Benvenuti et al. (2016) encontraron que, 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. Los estudios de patrones de defoliación de los animales han mostrado que pastorean por horizontes. La profundidad de cada horizonte de pastoreo es alrededor del 50 % de la altura de la pastura (Carvalho, 2013). La profundidad de defoliación de la pastura fue del 39 % para TL contra el 58 % para TC. Esto pareciera indicar que mientras que los animales de TL permanecieron cosechando 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 datos de calidad, donde las diferencias entre AR fueron explicadas principalmente por la reducción del contenido de PC y el aumento de fibra de TC en el final del pastoreo, que es cuando los animales parecen haber agotado el primer horizonte y comenzaron a pastorear los siguientes horizontes, disminuyendo el contenido de láminas y leguminosas (Benvenuti et al., 2016; Carvalho, 2013). Existe consenso en que la AR depende en gran medida de la estructura vertical de la pastura y distribución espacial, masa del forraje y estado interno de los animales, resultando en un *trade-off* entre calidad y cantidad y determinando el patrón del comportamiento del pastoreo adoptado a lo largo del día y entre los días (Menegazzi Conceição, 2020).

Además de las alturas remanentes, las condiciones previas al pastoreo también fueron modificadas debido a las distintas alturas remanentes, como muestran los resultados. Esto nos indica que existen consecuencias sobre la pastura, más allá de un simple efecto de la AR, hay cambios más profundos en el sistema planta-animal que deberían ser objeto de análisis y discusión a escala nacional.

Es de gran importancia tener un criterio bien definido del ingreso y la salida de la pastura, así como también el monitoreo del inicio de la senescencia de la hoja para controlar el valor nutritivo de la pastura.

## 6. CONCLUSIONES

Mayores AR permitieron a los animales consumir un forraje con mejor calidad nutricional.

Menor AR obligó a los animales a defoliar hasta horizontes más profundos, cosechando forraje de menor calidad, mayor proporción de vainas y restos secos, menor contenido de lámina y leguminosas y mayor porcentaje de otras especies.

Como consecuencia del forraje cosechado en las distintas AR, podemos ver distintos efectos, tanto en la estructura de la pastura (antes y después del pastoreo), así como también en la ingesta en los animales. Por tal motivo, más allá de dos simples AR diferentes, se deben considerar como dos conceptos de manejos diferenciados.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdei, M. G., & Castaño, J. (2011). Manejo de pasturas templadas para suelos no agrícolas. En Sociedad Rural de Suipacha (Ed.), *Expo Suipacha 2011: Síntesis del material de las charlas técnicas* (pp. 73-78). Sociedad Rural de Suipacha; Producir XXI.
- Agnusdei, M. G., & Di Marco, O. N. (2010). Ganadería en suelos bajos: El potencial productivo de las pasturas perennes en la región templado-húmeda bonaerense. *Revista Hereford*, 75(652), 76-82.
- Agustoni Pais, F., Bussi Caminiti, C., & Shimabukuro Tisnés, M. (2008). *Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/24578>
- Akin, D. E. (1989). Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agronomy Journal*, 81(1), 17-25.  
<https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100010004x>
- Arosteguy J. C. (1982). *The dynamics of herbage production and utilization in swards grazed by cattle and sheep* [Disertación doctoral, University of Edinburgh]. Edinburgh Research Archive. <http://hdl.handle.net/1842/11465>
- Avila, R. E., Di Marco, O. N., Agnusdei, M. G., & Mayoral, C. (2010). Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatermicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte: Relación con la edad y largo foliar. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30(1), 1-13.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., & Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: A review. *Livestock Production Science*, 64(1), 15-28. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00172-X)

- Ben-Haj-Salah, H., & Tardieu, F. (1995). Temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length: Analysis of the coordination between cell division and cell expansion. *Plant Physiology*, *109*(3), 861-870. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.109.3.861>
- 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 and Forage Science*, *71*(3), 424-436. <https://doi.org/10.1111/gfs.12186>
- Bretschneider, G. (2010). Una actualización sobre el meteorismo espumoso bovino. *Archivos de Medicina Veterinaria*, *42*(3), 135-146.
- Brink, G. E., Casler, M. D., & Martin, N. P. (2010). Meadow fescue, tall fescue, and orchardgrass response to defoliation management. *Agronomy Journal*, *102*(2), 667-674. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2009.0376>
- Buxton, D. R., & Redfearn, D. D. (1997). Plant limitations to fiber digestion and utilization. *The Journal of Nutrition*, *127*(5), 814S-818S. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/127.5.814S>
- Callow, M. N., Lowe, K. F., Bowdler, T. M., Lowe, S. A., & Gobius, N. R. (2003). Dry matter yield, forage quality and persistence of tall fescue (*Festuca arundinacea*) cultivars compared with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *43*(9), 1093-1099. <http://dx.doi.org/10.1071/EA02001>
- Cangiano, C. A. (Ed.). (1997). *Producción animal en pastoreo*. INTA.
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas*. Hemisferio Sur.
- Carámbula, M. (2002-2004). *Pasturas y forrajes*. Hemisferio Sur.
- Carballo Douton, C. (2014). *Conducta y consumo de vacas lecheras en pasturas mixtas con festuca arundinacea bajo diferentes intensidades de pastoreo* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/24141>

- Carvalho, P. C. F. (2013). Can grazing behaviour support innovations in grassland management? En D. L. Michalk, G. D. Millar, W. B. Badgery, & K. M. Broadfoot (Eds.) *Revitalising grasslands to sustain our communities: Proceedings of the 22nd International Grassland Congress* (pp. 1134-1148). International Grassland Congress.  
<https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1464&context=igc>
- 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 Production Science*, 55(3), 319-327. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14546>
- Chabot, B. F., & Hicks, D. J. (1982). The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1), 229-259.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001305>
- Chapman, D. F., Kenny, S. N., Beca, D., & Johnson, I. R. (2008). Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in Southern Australia: 1. Physical production and economic performance. *Agricultural Systems*, 97(3), 108-125.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2008.02.001>
- Chapman, D. F., & Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. En M. J. Baker (Ed.). *Grasslands for our world* (pp. 55-64). SIR.
- Chilibroste, P. (1999). *Grazing time: The missing link: A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches*. Wageningen University.  
<https://edepot.wur.nl/195750>
- Chilibroste, P., Gibb, M., & Tamminga, S. (2005). Pasture characteristics and animal performance. En J. Dijkstra, J. M. Forbes, & J. France (Eds.). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (pp. 681-706). CABI Publishing.

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? *Animal Production Science*, 55(3), 328-338.

<http://dx.doi.org/10.1071/AN14484>

Chilibroste, P., Mattiauda, D. A., Bentancur, O., Soca, P., & Meikle, A. (2012). Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 173(3-4), 201-209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.001>

Chilibroste, P., Mattiauda, D. A., Elizondo, F., & Coster, A. (2004). *Herbage allowance and grazing session at location of dairy cows: Effect on milk production and composition* [Contribución], Proceedings of the 2nd International Symposium of Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, Curitiba.

[https://www.researchgate.net/publication/290795992\\_Herbageallowance\\_and\\_grazing\\_session\\_allocation\\_in\\_dairy\\_cows\\_Effect\\_on\\_milk\\_production\\_and\\_composition](https://www.researchgate.net/publication/290795992_Herbageallowance_and_grazing_session_allocation_in_dairy_cows_Effect_on_milk_production_and_composition)

Cid, M. S., & Brizuela, M. A. (1998). Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*, 51(6), 644-649.

<https://repository.arizona.edu/bitstream/10150/643955/1/9369-9250-1-PB.pdf>

Coates, D. B., & Penning, P. (2000). Measuring Animal Performance. En L. 't Mannetje & R. M. Jones (Eds.), *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 353-402). CAB International.

<http://dx.doi.org/10.1079/9780851993515.0353>

Curran, J., Delaby, L., Kennedy, E., Murphy, J. P., Boland, T. M., & O'Donovan, M. (2010). Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pregrazing herbage mass and pasture allowance.

*Livestock Science*, 127(2-3), 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.09.004>

Davies, A. (1988). The regrowth of grass sward. En M. B. Jones & A. Lazenby (Eds.), *The grass Crop* (pp. 85-127). Springer.

- Di Marco, O. N., Harkes, H., & Agnusdei, M. G. (2013). Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación con la edad y longitud de las hojas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39(1), 105-110.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142013000100015&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142013000100015&lng=es&nrm=iso)
- Donaghy, D. J., Turner, L. R., & Adamczewski, K. A. (2008). Effect of defoliation management on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yields, and herbage quality of tall fescue. *Agronomy Journal*, 100(1), 122-127.  
<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2007.0016>
- Donald, C. M. (1963). Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*, 15(1), 1-118. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60397-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60397-1)
- Duru, M., & Ducrocq, H. (2002). A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Science*, 42(1), 214-223.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2002.2140>
- Easton, H. S., Lee, C. K., & Fitzgerald, R. D. (1994). Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 37(3), 405-417.  
<https://doi.org/10.1080/00288233.1994.9513078>
- Faber, A. C. (2012). *Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <http://hdl.handle.net/20.500.12008/9797>
- Fariña, M. F., & Saravia, R. (2010). Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/23600>
- Fariña, S. R., & Chilbroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, Artículo e102631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>

- Fast Hinz, O. (2020). *Intensidad de defoliación: Producción, comportamiento ingestivo y consumo de vacas lecheras* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/31663>
- Fisher, G. E. J., Mayne, C. S., & Wright, I. A. (2000). Grassland management under grazing and animal response. En A. Hopkins (Ed.), *Grass: Its production and utilization* (pp. 247-291). Willey-Blackwell.
- Forbes, T. D. (1988). Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal of Animal Science*, 66(9), 2369-2379. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6692369x>
- Formoso, F. (2010). *Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semillas*. INIA.
- 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. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41(2), 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. *Livestock Science*, 157(1), 299-311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.001>
- García, J. A. (2003). *Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela*. INIA.
- Gastal, F., & Lemaire, G. (2015). Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5(4), 1146-1171. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture5041146>

- Gastal, F., Nelson, C. J., & Coutts, J. M. (1992). *Role of N on leaf growth of grasses: Assessment of root signal hypothesis* [Contribución]. Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of Agronomy, Minneapolis.
- Gibb, M. (2006). Grassland management with emphasis on grazing behaviour. En A. Elgersma, J. Dijkstray, & S. Tamminga (Eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle: The Key to a Sustainable Food Chain* (pp. 141-157). Springer.
- Gibb, M. J., Huckle, C. A., Nuthall, R., & Rook, A. J. (1997). Effect of sward surface height on intake and grazing behavior by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*, 52(3), 309-321.
- González Barrios, P. M. (2010). *Productividad de vacas lecheras pastoreando praderas con diferentes gramíneas perennes* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/23636>
- Gordon, I. J. (1995). Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research*, 16(3), 203-214. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(95\)00635-X](https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00635-X)
- Groot, J. C., & Neuteboom, J. H. (1997). Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75, 227-236.  
[https://www.academia.edu/14531915/Composition\\_and\\_digestibility\\_during\\_agein\\_g\\_of\\_Italian\\_ryegrass\\_leaves\\_of\\_consecutive\\_insertion\\_levels](https://www.academia.edu/14531915/Composition_and_digestibility_during_ageing_of_Italian_ryegrass_leaves_of_consecutive_insertion_levels)
- Hamilton, S. A., Kallenbach, R. L., Bishop-Hurley, G. J., & Roberts, C. A. (2013). Stubble height management changes the productivity of perennial ryegrass and tall fescue pastures. *Agronomy Journal*, 105(3), 557-562.  
<https://doi.org/10.2134/agronj2012.0293>
- Haydock, K. P., & Shaw, N. H. (1975). The Comparative Yield Method for Estimating Dry Matter Yield of Pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9750663>

- Haynes, R. J. (1980). Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy*, 33, 227-261. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60168-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60168-6)
- Hopkins, A. (Ed). (2000). *Grass: Its production and utilization* (3<sup>rd</sup> ed.). Wiley-Blackwell.
- Hoveland, C. S. (1997). Problems in establishment and maintenance of mixed swards. En J. G. Buchanan-Smith, L. D. Bailey, & P. McCaughey (Eds.), *Proceedings of the XVIII International Grasslands Congress* (pp. 411-416). Winnipeg.
- Insua, J. R., Agnusdei, M. G., & Di Marco, O. N. (2012). Calidad nutritiva de láminas de dos cultivares de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(2), 190-195.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142012000200014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000200014&lng=en&nrm=iso)
- Insua, J. R., Agnusdei, M. G., & Di Marco, O. N. (2017). Leaf morphogenesis influences nutritive-value dynamics of tall fescue (*Lolium arundinaceum*) cultivars of different leaf softness. *Crop and Pasture Science*, 68(1), 51-61.  
<https://doi.org/10.1071/CP16254>
- 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 and Pasture Science*, 69(11), 1165-1172.
- Insua, J. R., Di Marco, O. N., & Agnusdei, M. G. (2014). Longitud de la vaina como determinante de la calidad de hojas de festuca arundinacea durante un período de rebrote. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40(2), 202-207.
- Jung, H. G., & Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2774-2790.  
<http://dx.doi.org/10.2527/1995.7392774x>

- Kaufononga, S., Donaghy, D. J., Hendriks, S. J., Matthew, C., Kemp, D., & Cranston, L. M. (2017). Comparative response of tall fescue and perennial ryegrass swards to variation in defoliation interval and height. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 60(4), 363-375. <http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2017.1354893>
- Kemp, P. D., Tavakoli, H., & Hodgson, J. (2001). *Physiological and morphological responses of tall fescue and perennial ryegrass to leaf defoliation* [Contribución]. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart.
- King, J. R., Scott, J. M., & Boschma, S. P. (1997). *Forage persistence under extremes of cold and drought* [Contribución]. Proceedings of the XVIII International Grasslands Congress, Winnipeg.
- Kloster, A., Bertram, N., Chiacchiera, S., Amigone, M., & Garis, M. (2013). *Efecto del intervalo de defoliación otoño invernal y de la fertilización con N sobre la productividad de forraje de una asociación de alfalfa y festuca alta*. INTA.
- Kloster, A. M., & Zurbriggen, G. A. (2019). Producción y persistencia de una mezcla de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) bajo intensidades y frecuencias de pastoreo contrastantes. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 44-51. [https://www.researchgate.net/publication/346942099\\_Produccion\\_y\\_persistencia\\_de\\_unamezcla\\_de\\_alfalfa\\_Medicago\\_sativa\\_L\\_y\\_festuca\\_alta\\_Festuca\\_arundinacea\\_Schreb\\_bajo\\_intensidades\\_y\\_frecuencias\\_de\\_pastoreo\\_contrastantes](https://www.researchgate.net/publication/346942099_Produccion_y_persistencia_de_unamezcla_de_alfalfa_Medicago_sativa_L_y_festuca_alta_Festuca_arundinacea_Schreb_bajo_intensidades_y_frecuencias_de_pastoreo_contrastantes)
- Laca, E. A. (2008). Ganadería de precisión. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bemhaja, H. Saravia, D. Formoso & P. Boggiano, P. (Eds.). *Bioma campos: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad* (pp. 93-95). Grupo Campos.
- Lechería del 2030: Sin pasto no hay negocio. (2019). *Revista Oficial ANPL*, 5(32), 10-14. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13285/1/Revista-ANPL-2019.v.5.n.32-Farina-Chilibroste.pdf>

- Lee, J. M., Donaghy, D. J., & Roche, J. R. (2008). Short communication: Effect of postgrazing residual pasture height on milk production. *Journal of Dairy Science*, 91(11), 4307-4311. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1188>
- Lee, J. M., Matthew, C., Thom, E. R., & Chapman, D. F. (2012). Perennial ryegrass breeding in New Zealand: A dairy industry perspective. *Crop and Pasture Science*, 63(2), 107-127. <http://dx.doi.org/10.1071/CP11282>
- Lemaire, G., & Agnusdei, M. (2000). Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. En G. Lemaire, J. Hodgsonm, A. de Moraes, C. Nabinger, & P. C. de F. Carvalho (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 265-287). CABI Publishing.
- Lemaire, G., & Belanger G. (2020). Allometries in Plants as Drivers of Forage Nutritive Value: A Review. *Agriculture*, 10(1), Artículo e5. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010005>
- Lemaire, G., & Chapman, D. F. (1996). Tissue flows in grazed plant communities. En J. Hodgson & A. W. Illius (Eds), *The ecology and management of grazing systems* (pp. 3-36). CABI International.
- Lemaire, G., Da Silva, S. C., Agnusdei, M. G., Wade, M., & Hodgson, J. (2009). Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: A review. *Grass and Forage Science*, 64(4), 341-353. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2009.00707.x>
- MacAdam, J. W., & Nelson, C. J. (1987). Specific leaf weight in zones of cell division, elongation and maturation in tall fescue leaf Blades. *Annals of Botany*, 59(4), 369-376. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087326>
- Matches, A. G. (1966). Influence of intact tillers and height of stubble on growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Crop Science*, 6(5), 484-487. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600050029x>

- Matthew, C., Assuero, S. G., Black, C. K., & Sackville, N. R. (2000). Tiller dynamics of grazed swards. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P.C. de F. Carvalho & C. Nabinger (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 127-150). CABI Publishing.
- 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 Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 96-103).  
[https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/55/JB2009\\_96-103.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/55/JB2009_96-103.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maurice, I., Gastal, F., & Durand, J. L. (1997). Generation of form and associated mass deposition during leaf development in grasses: A kinematic approach for nonsteady growth. *Annals of Botany*, 80(5), 673-683. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0514>
- Meikle, A., Cavestany, D., Carriquiry, M., Adrien, M. L., Artegoitia, V., Pereira, I., Ruprecht, G., Pessina, P., Rama, G., Fernández, A., Breijo, M., Laborde, D., Pritsch, O., Ramos, J. M., de Torres, E., Nicolini, P., Mendoza, A., Dutour, J., Fajardo, M., ... & Chilibroste, P. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: Un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 141-152. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.528>
- Menegazzi Conceição, G. (2020). *Efecto de la altura postpastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche de vacas Holando* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/30008>
- Milne, G. D. (2009). Management in New Zealand, Australia, and South America. En H. A. Fribourg, D. B. Hannaway & C. P. West (Eds.), *Tall fescue for the Twenty-first Century* (pp. 101-118). American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science of America.

Nave, R. L. G., Sulc, R. M., & Barker, D. J. (2013). Relationships of forage nutritive value to cool-season grass canopy characteristics. *Crop Science*, 53(1), 341-348.

<https://doi.org/10.2135/cropsci2012.04.0236>

Oba, M., & Allen, M. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(3), 589-596.

Parsons, A. J. (1988). The effects of season and management on the growth of grass swards. En M. B. Jones & A. Lazenby (Eds.), *The Grass Crop* (pp. 129-177). Springer.

Parsons, A. J., Newman, J. A., Penning, P. D., Harvey, A., & Orr, R. J. (1994). Diet preference of sheep: Effects of recent diet, physiological state and species abundance. *Journal of Animal Ecology*, 63, 465-478.

Parsons, A. J., & Penning, P. D. (1988). The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02137.x>

Raeside, M. C., Friend, M. A., Behrendt, R., Lawson, A. R., & Clark, S. G. (2012). Evaluation of tall fescue (*Festuca arundinacea*) as a forage for sheep in the temperate high-rainfall zone of south-eastern Australia. *Grass Forage Science*, 67(3), 411-425. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00859.x>

Reich, P. B., Walters, M. B., & Ellsworth, D. S. (1992). Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs*, 62(3), 365-392. <http://dx.doi.org/10.2307/2937116>

Robson, M. J., & Deacon, M. J. (1978). Nitrogen deficiency in small closed communities of S24 ryegrass: II. Changes in the weight and chemical composition of single leaves during their growth and death. *Annals of Botany*, 42(5), 1199-1213. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085561>

- Roche, J. R., Blache, D., Kay, J. K., Miller, D. L., Sheahan, A. J., & Miller, D. W. (2008). Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutrition Research Reviews*, 21(2), 207-234. <https://doi.org/10.1017/s0954422408138744>
- Romera, A. J., Gregorini, P., & Beukes, P. C. (2010). A simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliations. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3074-3078. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2846>
- Romero, N. A. (2011). Producción y persistencia de gramíneas perennes de invierno asociadas con alfalfa. INTA.
- Romero, N. A., & Juan, N. A. (1997). Efecto del manejo del pastoreo, distancia entre hileras y grado de latencia sobre la producción y persistencia de pasturas de alfalfa y festuca alta. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17(Supl. 1), 135.
- Saldanha, S., Boggiano, P., & Cadenazzi, M. (2010). Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(1), 44-54. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.639>
- Scheneiter, J. O., & Améndola, C. (2012). Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. *Grass and Forage Science*, 67(3), 426-436. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00861.x>
- Scheneiter, J. O., Camarasa, J., Carrete, J. R., & Amendola, C. (2016). Is the nutritive value of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) related to the accumulated forage mass? *Grass and Forage Science*, 71(1), 102-111. <http://dx.doi.org/10.1111/gfs.12154>
- Scheneiter, J. O., Carrete, J. R., & Amendola, C. (2006). Utilización de pasturas de alfalfa-festuca alta con dos sistemas de pastoreo: I. Disponibilidad, composición y digestibilidad del forraje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 3-18. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86435301.pdf>

- Schnyder, H., Nelson, C. J., & Coutts, J. H. (1987). Assessment of spatial distribution of growth in the elongation zone of grass leaf Blades. *Plant Physiology*, 85(1), 290-293. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.85.1.290>
- 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(Suppl. 1), 604-605.
- 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. *Scientific Reports*, 10(1), Artículo e11786. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-68827-0>
- Velasco Zebadúa, M. A., Hernández Garay, A., & González Hernández, V. A. (2005). Rendimiento y valor nutritivo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 43(2), 274-258. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61343211>
- Wilson, J. R. (1976). Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller: I. Development rate, chemical composition and quality and dry matter digestibility. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27(3), 343-354. <https://doi.org/10.1071/AR9760343>
- Wilson, J. R., & Mertens, D. R. (1995). Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science*, 35(1), 251-259. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010046x>
- Zanoniani, R., & Lattanzi, F. (2017). Rol de las pasturas cultivadas en sistemas de producción basados en campo natural. En O. Álvarez (Ed.), *XXIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical* (pp. 24-28). INIA.
- Zanoniani, R. A. (2010). Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3), 26-30. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.697>

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), 45-53.

<https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n2-06>