



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrado

**CONSUMO DE PASTURA EN SISTEMAS COMERCIALES DE
PRODUCCIÓN DE LECHE: EFECTO DEL MANEJO DEL
PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN**

M^a NOEL MÉNDEZ PEREIRA

TESIS DE MAESTRIA EN NUTRICIÓN DE RUMIANTES

URUGUAY

2019



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrado

**CONSUMO DE PASTURA EN SISTEMAS COMERCIALES DE
PRODUCCIÓN DE LECHE: EFECTO DEL MANEJO DEL
PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN**

M^a NOEL MÉNDEZ PEREIRA

**Martín Aguerre, PhD
Director de Tesis**

**Pablo Chilibroste, PhD
Co-director de Tesis**

2019

INTEGRACIÓN DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

ACTA DE DEFENSA DE TESIS



FACULTAD DE VETERINARIA
Programa de Posgrados

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

DE MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DE RUMIANTES

“CONSUMO DE PASTURA EN SISTEMAS COMERCIALES DE
PRODUCCIÓN DE LECHE: EFECTO DEL MANEJO DEL
PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN”

Por: Dra. María Noel Méndez Pereira

Director de Tesis: Dr. Martín Aguerre
Codirector de Tesis: Dr. Pablo Chilibroste

Tribunal

Presidente: Dra. Mariana Carriquiry

Segundo Miembro: Dr. Santiago Fariña

Tercer Miembro: Dr. Diego Mattiauda

Fallo del Tribunal: *Aprobada con mención (SSS)*

Salón de Posgrados
Viernes 5 de abril de 2019

El Fallo de aprobación de la Tesis puede ser: Aprobada (corresponde a la nota BBB- en el Acta), o Aprobada con Mención (corresponde a la nota SSS- 12 en el Acta)

AGRADECIMIENTOS

Dedico este manuscrito en agradecimiento a los productores y sus familias, que me han abierto las puertas de sus casas y sus empresas a mí y a la ciencia con la esperanza de forjar juntos una Patria mejor.

Un especial agradecimiento a Carolina, quien despertó el interés por la investigación en mí y me ayudó en los primeros pasos. También a Martín, que más que un gran tutor ha sido un aliado en este camino. A todo el equipo de investigación (SPLuy), en especial a Ana y Pablo, que me han hecho sentir en casa aun estando lejos.

A aquellos familiares y amigos que siempre me han apoyado y me han estimulado a seguir desafiando mis límites. A Joaco, incondicional amigo, mi regocijo y mi sosiego.

A todos ustedes, gracias por esta maravillosa oportunidad...

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO.....	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
ABREVIATURAS	13
INTRODUCCIÓN	14
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	17
Factores que afectan la cosecha de pastura por vaca	17
I. Asignación de forraje	17
II. Estructura del tapiz vegetal	18
III. Manejo de tiempos de ayuno y horarios de acceso a la pastura ..	20
IV. Suplementación y tasa de sustitución.....	23
V. En resumen	27
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
HIPÓTESIS	32
OBJETIVOS	32
Objetivo General:.....	32
Objetivos Específicos:	32
MATERIALES Y MÉTODOS	33
Colecta de datos, mediciones y estimaciones	33
Análisis Estadístico.....	36
RESULTADOS.....	38
Caracterización de los tambos monitoreados.....	38
Categorización según consumo de pastura por vaca.....	40
DISCUSIÓN	47
Caracterización de los tambos monitoreados.....	47
Categorización según consumo de pastura.....	48

CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar en tambos comerciales de la cuenca sur de Uruguay cómo los factores asociados al manejo del pastoreo y de la suplementación afectan el consumo de materia seca (CMS) de pastura de cosecha directa por parte de los animales durante las diferentes estaciones del año. Entre junio de 2016 y mayo de 2017 se realizaron visitas quincenales a tambos comerciales para registrar el suplemento ofrecido, el tiempo de acceso al pasto (TAP), disponibilidad (DF) y asignación de forraje (AF), producción de leche por vaca, carga animal y precios de los alimentos y de la leche remitida a industria. Se realizó una caracterización general de los 28 tambos monitoreados y se seleccionaron los 16 tambos con el consumo de pastura por vaca más contrastante para compararlos como sistemas con alto ($>8,5$ kgMS/día; ACP, $N=8$) y bajo consumo de pasto por animal ($<7,0$ kgMS/día; BCP, $N=8$). El CMS de pastura se estimó por balance energético (NRC, 2001). El CMS de pastura potencial se estimó a partir de la AF registrada utilizando la ecuación de Baudracco *et al.* (2010) para vacas lecheras en pastoreo sin suplementación. Para las variables en estudio se analizó el efecto del grupo, la estación del año y su interacción con un procedimiento estadístico MIXTO. Las medias se consideraron diferentes cuando $P \leq 0,05$. El CMS de pastura y de reserva de forraje fueron afectados por el grupo ($P < 0,01$), la estación ($P < 0,01$) y por la interacción grupo*estación ($P < 0,01$). Las mayores diferencias de CMS de pasto entre grupos se registraron en primavera y verano ($4,9$ y $6,7$ kgMS/vaca/día más en el grupo ACP que BCP, $P < 0,01$) y las diferencias más bajas en invierno y otoño ($3,0$ y $3,8$ kgMS/vaca/día más en el grupo ACP, respectivamente, $P < 0,01$). El CMS de reserva fue inverso al de pastura, registrándose las mayores diferencias entre grupos en primavera y verano ($3,9$ y $3,2$ kgMS/vaca/día más en el grupo BCP, respectivamente, $P < 0,01$) y las menores diferencias en otoño e invierno ($1,4$ y $2,2$ kgMS/vaca/día más en el grupo BCP, $p \leq 0,06$). El grupo BCP ofreció $3,5$ kgMS/vaca/día más concentrado que el grupo ACP ($P < 0,01$). El CMS de concentrado fue más alto en invierno ($P < 0,01$). Durante la primavera, el verano y el otoño el CMS de concentrado fue similar. Para ambos grupos en todas las estaciones del año las condiciones de pastoreo en términos de TAP (horas), DF (kgMS/ha) y AF (kgMS/vaca/día) permitirían el consumo de una

mayor cantidad de pastura que la lograda. Para ambos grupos, la peor eficiencia en la gestión de la alimentación (complementariedad entre AF ofrecida y nivel de suplementación) se observó en invierno ($P<0,01$) y la mejor eficiencia en la gestión de la alimentación ocurrió durante el verano ($P<0,01$). En línea con la mayor inclusión de suplemento en la dieta, las vacas del grupo BCP produjeron más leche ($P<0,01$) con similar porcentaje de grasa y mayor porcentaje de proteína y lactosa ($P<0,05$) que las vacas del grupo ACP. A pesar del mayor nivel de producción individual en el grupo BCP, no hubo diferencias en el margen sobre costos de alimentación por vaca entre los grupos. Con similar nivel de carga entre grupos los resultados expresados en función de la hectárea siguieron la misma línea que la descrita por vaca. En conclusión, las condiciones de pastoreo en términos de tiempo, disponibilidad y asignación de forraje permitirían el consumo de una mayor cantidad de pastura que la lograda a lo largo del año en ambos grupos. La principal variable que afectó el CMS de pasto por vaca en los tambos comerciales monitoreados fue el efecto de sustitución de pastura por suplemento, siendo este efecto más marcado en el grupo BCP y durante las estaciones de invierno y otoño.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the factors linked to grazing management and supplementation that have major impact on pasture dry matter intake (DMI) in commercial dairy farms during the different seasons of the year. Biweekly visits to commercial dairies were carried out between June 2016 and May 2017 in order to record supplement on offer, pasture access time (PAT), herbage mass (HM) and allowance (HA), milk production per cow, stocking rate and feed and milk prices. A general characterization of the 28 monitored dairy farms was carried out. In addition, those dairy farms with the most contrasting pasture intake per cow were selected and compared as systems with high (>8.5 kgDM/cow; HPI, N=8) and low (<7.0 kgDM/cow; LPI, N=8) pasture DMI per cow, estimated by energy balance (NRC, 2001). Potential pasture DMI per cow was estimated from recorded HA using the equation of Baudracco *et al.* (2010) for dairy cows grazing without supplementation. For the variables under study, the effect of the group, the season of the year and its interaction were analysed with a MIXED statistical procedure. Means were considered different when $P \leq 0.05$. Pasture and reserved forage DMI were affected by group ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$) and by group*season interaction ($P < 0.01$). The greatest differences in pasture DMI between groups were registered in spring and summer (4.9 and 6.7 kgDM/cow/day more in the HPI than LPI group, $P < 0.01$) and the lowest differences in winter and autumn (3.0 and 3.8 kgDM/cow/day more in the HPI group, respectively, $P < 0.01$). Reserved forage DMI was inverse to pasture DMI, with the largest differences between groups in spring and summer (3.9 and 3.2 kgDM/cow/day more in the LPI group, respectively, $P < 0.01$) and the lowest differences in autumn and winter (1.4 and 2.2 kgDM/cow/day more in the LPI group, $p \leq 0.06$). The LPI group offered 3.5 kgDM/cow/day more concentrate than the HPI group ($P < 0.01$). Concentrate DMI was highest in winter ($P < 0.01$). Concentrate DMI was similar during spring, summer and fall. For both groups, grazing conditions in terms of PAT (hours), HM (kgDM/ha) and HA (kgDM/cow/day) would allow a greater pasture DMI than that achieved in all seasons of the year. For both groups, the worst feed management efficiency (complementarity between the HA and supplementation level) was observed in winter ($P < 0.01$) and the best feed management efficiency occurred during

summer ($P < 0.01$). In line with the greater dietary supplement inclusion, LPI group cows produced more milk ($P < 0.01$) with a similar fat percentage and higher protein and lactose percentage ($P < 0.05$) than cows from the HPI group. Despite the higher individual milk production level of the LPI group, there was no difference in the margin over feeding costs per cow between groups. With a similar stocking rate between groups, per hectare results followed the same pattern as that described by cow. In conclusion, grazing conditions in terms of PAT, HM and HA would allow a greater pasture DMI per cow than that achieved throughout the year in both groups. The main variable that affected pasture DMI per cow in the monitored commercial dairy farms was pasture by supplement substitution effect, being more marked in the LPI group and during winter and autumn seasons.

ABREVIATURAS

ACP: grupo con alto consumo de pasto

AF: asignación de forraje (kgMS/VO)

BCP: grupo con bajo consumo de pasto

CNE: carbohidratos no estructurales

EE: error estándar

ENL: energía neta de lactancia (MCal/kgMS)

haVM: hectárea VM. Incluye el área de pastoreo directo de VM y el área de reservas destinadas a VM.

haPP: hectárea de plataforma de pastoreo. Área potencial de pastoreo para vacas en ordeño, no considera el área de siembra de cultivos para ensilaje

FAD: fibra ácido detergente

FND: fibra neutro detergente

FNDf: fibra neutro detergente proveniente de forraje

MA: Margen sobre costo de alimentación; resultado de restarle al ingreso bruto los costos de alimentación.

MS: materia seca

PB: proteína cruda

PV: peso vivo

VM: vaca masa (VO + VS)

VO: vacas en ordeño

VO/haPP:

VS: vacas secas

TS: tasa de sustitución

SEP: superficie efectiva de pastoreo, área de forraje en crecimiento activo efectivamente disponible para ser pastoreada. No incluye barbechos ni áreas cerradas para cosecha mecánica de forraje para reserva.

INTRODUCCIÓN

Uruguay exporta más del 70% de la leche que produce (MGAP-DIEA, 2018), posicionándose en séptimo lugar en la exportación de leche industrializada en el mundo (INALE, 2017). La competitividad del sector lechero uruguayo con otros actores del mundo y su sustentabilidad están dadas por su bajo costo relativo de producción, asociado a una alta inclusión de forraje de cosecha directa en la dieta de los animales (Dillon *et al.*, 2008; Doyle *et al.*, 2001; Finneran *et al.*, 2010), al igual que en otros sistemas productivos de base pastoril como Irlanda, Nueva Zelanda o Australia. Sin embargo, en los últimos años la brecha existente entre los costos de producción de nuestros sistemas lecheros comerciales respecto a otros sistemas productivos del mundo ha disminuido, tanto comparándolo con sistemas pastoriles como con sistemas estabulados (Chilibroste, 2011). Esto se suma a la mayor competencia por la tierra con otros sistemas productivos nacionales de mayor rentabilidad (agricultura) y el consecutivo aumento en el precio de la tierra (Arbeletche & Carballo, 2009; DIEA, 2011). Estas circunstancias han obligado a nuestros sistemas lecheros comerciales a optimizar la eficiencia de utilización de los recursos en un intento de mantener la competitividad tanto a nivel interno como en el panorama internacional (Chilibroste, 2015; Fariña, 2016). En este sentido, la producción y cosecha de forraje inciden directamente sobre la eficiencia global del proceso productivo de sistemas lecheros de base pastoril (Aguerre *et al.*, 2017; Dillon *et al.*, 2005).

La producción de leche en Uruguay aumentó de 1766 a 2049 millones de litros al año entre 2009 y 2017 (DIEA, 2018) explicado esencialmente por un efecto sinérgico entre un aumento en la producción de leche individual y una mayor carga animal del sistema (Chilibroste *et al.*, 2015; Chilibroste y Battegazzore, 2014). El aumento en la producción de leche por vaca y por hectárea estuvo sustentado por un mayor consumo de concentrado y reserva de forraje (Chilibroste *et al.*, 2011; Chilibroste y Battegazzore, 2014). A pesar del alto valor nutricional de las pasturas templadas (Cajaville *et al.*, 2012; Chilibroste *et al.*, 2003; Repetto *et al.*, 2005), su relativo bajo nivel de materia seca y de energía metabolizable (EM) limitan su consumo y la producción de leche en animales de alto potencial (Kolver, 2003; Kolver and Muller, 1998). A su vez, la

alta variabilidad de la tasa de crecimiento y producción de pastura entre estaciones y años (Berretta *et al.*, 2000; Chilibroste *et al.*, 2003; Doyle *et al.*, 2001) forzó a los sistemas comerciales a asegurar una producción estable mediante el aporte de cantidades variables de suplementos en la dieta. Datos reportados por CONAPROLE (Proyecto Producción Competitiva; Proyecto Costos; Chilibroste & Battegazzore, 2014) señalan que en los últimos años la carga en los sistemas ha ido en aumento, sin embargo en términos promediales el aumento de la carga animal de los sistemas no estuvo sostenido por un mayor nivel de cosecha de pasto en la hectárea sino por un mayor nivel de suplementación con reservas y concentrado. Así, si bien el componente principal de la dieta de vacas lecheras de Uruguay continúa siendo el forraje de cosecha directa, éste componente ha caído del 71% de la dieta por vaca al 47% entre 2001 y 2015 (Battegazzore, comunicación personal). De acuerdo con Chilibroste y Battegazzore (2014), si bien hay una relación directa entre el consumo de forraje por hectárea y la carga del sistema, a un mismo nivel de carga animal existe una gran dispersión de valores estimados de cosecha de forraje por hectárea entre sistemas. Éstos datos hacen pensar que otros factores (manejo del pastoreo y de la suplementación, rutina de los animales) además de la carga animal estarían influenciando el consumo de pasturas por hectárea en los sistemas comerciales de producción de leche.

A pesar del fuerte peso que tiene la producción y utilización de pasturas sobre los costos de nuestros sistemas lecheros, no se dispone de información actualizada a nivel nacional que caracterice las condiciones de la pastura a la que acceden los animales y las vincule al consumo de pasto y a los niveles de inclusión de suplementos en la dieta. La variabilidad en la capacidad de cosecha de forraje de los sistemas con un mismo nivel de carga pareciera ser debido a una pobre utilización de pasturas más que a una baja producción de las mismas ya que, según fuentes nacionales, la producción anual de las pasturas ronda los 10.000 kgMS/ha (Camps *et al.*, 2009; Chilibroste, 2009). El relevamiento de información que permita determinar los factores vinculados al manejo del pastoreo, de la suplementación y de los animales que podrían estar influenciando el consumo de materia seca de forraje de cosecha directa, así como la identificación de las estrategias aplicadas en los sistemas que alcanzan un

mayor consumo de pastura, permitirá generar información para disminuir los costos alimenticios de producción, mejorando la competitividad.

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Factores que afectan la cosecha de pastura por vaca

En pastoreo, el consumo de materia seca de los animales (CMS) es producto del tiempo diario dedicado a la cosecha de forraje por los gramos consumidos por unidad de tiempo (tasa de ingestión). A su vez, la tasa de ingestión resulta de los gramos de alimento ingeridos en cada bocado multiplicado por el número de bocados por unidad de tiempo que da el animal (tasa de bocado, Allden y Whittaker, 1970). La relación entre estas variables y la ingesta total de alimento es compleja, ya que resulta del comportamiento que adoptan los animales para cada situación en particular, dependiendo de diversos factores como el estado fisiológico-productivo de los animales, la alimentación suplementaria y su motivación por consumir pasto, el sistema de pastoreo, la estructura (altura y disponibilidad) y oferta de forraje, el tiempo destinado a otras actividades e incluso de las condiciones ambientales y de infraestructura a las que son sometidos (Chilibroste *et al.*, 2015, 2005).

I. Asignación de forraje

La asignación forrajera (AF) hace referencia a los kilos de materia seca (kgMS) de pasto ofrecido a cada vaca por día y es resultado de la biomasa de pastura acumulada pre-pastoreo y el área ofrecida por animal. Como tal la AF incide directamente sobre la intensidad de pastoreo y el desempeño productivo animal (Bargo *et al.*, 2003a; Baudracco *et al.*, 2010; McEvoy *et al.*, 2009), así como en los niveles residuales de pastura, que influyen a su vez sobre el crecimiento y producción futura de hierba (McEvoy *et al.*, 2008; Stockdale, 2000). Se ha determinado una relación curvilínea entre consumo y asignación de forraje por animal (Peyraud *et al.*, 1996), donde a medida que la asignación se hace mayor el beneficio de su incremento sobre la ingestión de forraje es menor. Baudracco *et al.* (2010) cuantificaron la relación entre AF y CMS de pasto a través de un metanálisis de ensayos realizados en condiciones de pastoreo con vacas en lactación consumiendo pasturas predominantemente de raigrás perenne sin suplementación, y determinaron que la asignación necesaria para un consumo diario máximo de pastura por vaca (18,8 kgMS) se aproxima a los 80 kgMS/VO/d al ras del suelo. Es decir, para lograr un consumo máximo de

forraje por vaca la asignación diaria debe superar tres a cuatro veces el consumo potencial (Baudracco *et al.*, 2010; Chilibraste *et al.*, 2005), con la consecuente disminución de la eficiencia de utilización y un alto desperdicio de pastura (Holmes *et al.*, 2002a; Peyraud *et al.*, 1996), que podría perjudicar la producción futura de forraje (Stockdale, 2000).

Zibil *et al.* (2016) estudiaron el efecto de controlar la intensidad de defoliación sobre la producción y desaparición de forraje y concluyeron que si bien la utilización y el CMS de pasto están influenciados en mayor medida por la asignación de la pastura ($R^2=0,70$), otros factores como la estructura original de la pastura (disponibilidad y altura) y el tiempo de acceso a la misma mejoran significativamente la predicción. La información generada en dicho estudio está en concordancia con los trabajos de Stockdale *et al.*, 1999 y Cohen *et al.*, 2000.

II. Estructura del tapiz vegetal

La altura de forraje es el mayor determinante de la profundidad (McGilloway *et al.*, 1999) y el peso de bocado (Barrett *et al.*, 2001; Gibb *et al.*, 1997; Mayne *et al.*, 1997), y este último de la tasa de ingestión. De manera general, se ha descrito una relación curvilínea entre la altura de la pastura y el peso de bocado con incrementos sucesivamente menores de éste en la medida que la altura del forraje se hace mayor (McGilloway *et al.*, 1999, Orr *et al.*, 2004, Chilibraste *et al.*, 2005). El efecto benéfico de manejar pasturas con una altura adecuada (p. ej. 15-25 cm) sobre el peso de bocado cae en la medida que la densidad de plantas disminuye (Laca *et al.*, 1992; Laca and Ungar, 1994), especialmente cuando se pastorean los estratos inferiores del horizonte de pastoreo (McGilloway *et al.*, 1999). La densidad y la altura de la pastura componen la disponibilidad de biomasa en la hectárea (kgMS/ha), la cual afecta de manera similar el mecanismo de ingestión y el CMS de forraje.

Ante una altura y/o disponibilidad limitante (p. ej. menos de 15 cm o 1500 kgMS/ha), el peso de bocado se ve disminuido y los animales aumentan el tiempo dedicado al pastoreo como mecanismo compensatorio para alcanzar el consumo requerido, tanto en sistemas de pastoreo continuos (Gibb *et al.*, 1999) como rotacionales (Delagarde *et al.*, 2001; Orr *et al.*, 2004). No obstante, en pasturas de muy baja altura este “esfuerzo adaptativo” se hace insuficiente y el

consumo se ve disminuido, pudiendo incluso reducirse el tiempo dedicado al pastoreo como medida de ahorro energético (Hodgson, 1985). La alteración del patrón de pastoreo repercute directamente sobre el tiempo dedicado a otras actividades como la rumia y descanso (Pérez-Prieto *et al.*, 2013), pudiendo afectar el proceso digestivo del alimento ingerido y el bienestar de los animales (Gibb, 2006; Mezzalana *et al.*, 2012). Esta disminución del tiempo dedicado a otras actividades posee un umbral que corresponde al tiempo mínimo que los animales necesitan para la conminución del alimento (Gregorini, 2012).

La relación curvilínea existente entre consumo de forraje y altura/disponibilidad alcanza un punto de inflexión (p. ej. mayor a 30cm y/o 3500 kgMS/ha) donde el peso de bocado comienza a declinar ante un aumento de altura y/o disponibilidad, consecuente a una reducción del área de bocado. En pasturas con dichos atributos se observa una caída de la relación hoja:tallo (Holmes *et al.*, 2002b, 1992) y la aparición de inflorescencias (Forbes, 1988), especialmente en los horizontes superiores, lo que provoca una mayor actividad de búsqueda y selección por parte de los animales (Orr *et al.*, 2004, Mezzalana *et al.*, 2014). El incremento del porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) resultante de los cambios estructurales (Fulkerson and Donaghy, 2001), junto al aumento de material senescente (Bircham and Hodgson, 1983; Stakelum and Dillon, 2007), resultan además en un mayor número de movimientos mandibulares de manipulación en relación a movimientos de mordida para cosechar el alimento (Gregorini, 2012), reduciéndose también la tasa de bocado (Hodgson, 1985).

Existe entonces un rango de altura y disponibilidad donde la tasa de ingestión se maximiza; tanto por debajo como por encima de este rango óptimo las vacas deben modificar su comportamiento ingestivo para evadir la disminución del consumo de forraje. Las condiciones físicas estructurales de la pastura se tornan un elemento crítico en la capacidad de cosecha de pasto en vacas que transitan (al menos) las tres primeras semanas posparto, particularmente vacas en primíparas, ya que animales de esta categoría presentan una baja tasa (Battegazzore comunicación personal) de bocado y un bajo porcentaje del tiempo dedicado al pastoreo, con pobre o nula capacidad de adaptación, dependiendo principalmente de lograr mayores pesos de bocado para obtener el

consumo de materia seca diario requerido y evitar resentir la producción futura de leche (Chilibroste *et al.*, 2012).

III. Manejo de tiempos de ayuno y horarios de acceso a la pastura

Los rumiantes poseen por naturaleza un patrón circadiano de pastoreo, marcando de tres a cinco sesiones discretas a lo largo del día que se intercalan con períodos de rumia y descanso (Gregorini, 2012; Hafez & Schein, 1962; Hodgson, 1990). La mayor actividad de pastoreo ocurre durante las horas luz, y las sesiones más largas e intensas ocurren a primera hora de la mañana y fundamentalmente en la tardecita (Fraser & Broom, 1990; Gibb *et al.*, 1998; Orr *et al.*, 1997). En los predios lecheros comerciales el ganado debe cosechar varios kilos de forraje en sesiones finitas de comida concedidas en momentos puntuales del día, cada una de ellas antecedida por un período variable de ayuno, que dependerá del manejo del sistema (Chilibroste *et al.*, 2007). Estos estímulos externos se integran a las señalizaciones internas, dependientes de los requerimientos de cada individuo y del aporte de suplemento, e impactan sobre la motivación de los animales por el forraje y por ende sobre las estrategias de pastoreo que estos adoptan (Gregorini *et al.*, 2009a, 2009b).

Cuando el tiempo de acceso al pastoreo es acotado, los animales aumentan el porcentaje del tiempo total en la pastura dedicado a la actividad de cosecha, primordialmente la duración de la primera sesión de comida, así como la tasa de bocado (Mattiauda *et al.*, 2003; Pérez-Ramírez *et al.*, 2008; Soca *et al.*, 2014). En esta situación, los animales sacrifican un porcentaje del tiempo en la pastura destinado a rumiar y descansar. En general, cuando las condiciones de la pastura no son limitantes, los animales logran mantener el consumo de forraje y el desempeño productivo ante una disminución del tiempo de pastoreo (Kennedy *et al.*, 2009; Soca *et al.*, 2014). Sin embargo, cuando el tiempo en la pastura es menor a 9 horas diarias la adaptación de los animales sólo compensa parcialmente las limitantes, redundando en menores CMS de pastura (Pérez-Ramírez *et al.*, 2008; Mattiauda *et al.*, 2013). Si las condiciones de la pastura y la asignación de forraje no son las adecuadas, el consumo diario de forraje puede verse perjudicado aún ante mayores períodos de tiempo, a pesar de los mecanismos adaptativos utilizados (Kristensen *et al.*, 2007).

La capacidad observada en los estudios mencionados de consumir la pastura requerida en períodos acotados de pastoreo no sólo es resultado de una adaptación de los animales al tiempo ofrecido en la misma sino que responde también a la motivación por el alimento, generada a través de períodos de ayuno previo (Patterson *et al.*, 1998). El ayuno determina los niveles de distensión ruminal y el déficit nutricional relativo a la demanda energética animal al momento del ingreso al pastoreo (Chilibroste *et al.*, 2007, Baudracco *et al.*, 2010). Es decir; ante un mayor ayuno previo los animales presentan menor llenado ruminal (Chilibroste *et al.*, 2000, 1997), por lo que los efectos vagales inhibitorios de los tensorreceptores están disminuidos (Roche *et al.*, 2008). En contraparte, la ghrelina, hormona orexígena por excelencia, aumenta su concentración a medida que la distensión ruminal disminuye (Gregorini *et al.*, 2009a y 2009b). A su vez, los niveles sanguíneos de metabolitos procedentes de la oxidación hepática de los nutrientes absorbidos en el período de alimentación anterior, que actúan como señales inhibitorias del consumo (p. ej. propionato), están también disminuidos (Allen *et al.*, 2009). Para estudiar los efectos de la motivación por el alimento sobre el comportamiento ingestivo durante los primeros 60 minutos de acceso a la pastura, Patterson *et al.* (1998) sometieron a vacas multíparas alimentadas solamente a pastoreo a distintos períodos de ayuno (1, 3, 6 y 13 horas), y demostraron que vacas con 6 y 13 horas de ayuno presentaban mayores tasas de bocado que vacas con 1 y 3 horas de ayuno. Los autores señalaron como mecanismo secundario, y dependiente de las condiciones físicas de la pastura, el incremento del peso de bocado. A su vez, el tratamiento con mayor tiempo de ayuno (13 horas) mostró un enlentecimiento de la disminución de la tasa de bocado a lo largo de la sesión de pastoreo. La mayor motivación por el alimento de los animales ayunados por un período de tiempo más prolongado resultó en una diferencia de consumo de forraje de 1,5 kgMS en la primera hora de pastoreo (Patterson *et al.*, 1998).

Cuando la sesión de pastoreo es de corta duración, el momento del día en que se ubica define la calidad del alimento consumido y la intensidad con que los animales pastorean. Mattiauda *et al.* (2013) observaron que animales que accedían 4 horas a una parcela durante la tarde (p.m.) pastoreaban más intensamente (mayor tasa de ingesta) que animales que accedían el mismo

tiempo durante la mañana (a.m.), registrando menos bocados y movimientos mandibulares no relacionados a la ingesta de forraje (manipulación y/o masticación), y un mayor peso de bocado en los animales que ingresaban en la tarde al pastoreo. A pesar que el tratamiento p.m. dedicó 36 minutos menos a la cosecha de pasto que el tratamiento a.m., no hubo diferencias en los kilos de forraje consumido entre ambos, demostrando una mayor eficiencia de cosecha en el primero respecto al segundo. Las plantas realizan un ciclo diario metabólico en el cual, a medida que transcurren las horas luz y ocurre el proceso de fotosíntesis y evapotranspiración, las concentraciones de FDN, FDA y PC disminuyen, mientras que la concentración de MS, carbohidratos no estructurales (CNE. Delagarde *et al.*, 2000; Cajarville *et al.*, 2015; Pulido *et al.*, 2015) y ácidos grasos poliinsaturados no conjugados aumentan (Gregorini *et al.*, 2008b). Estos cambios en la composición de la pastura generan una disminución de la resistencia al corte y permite una conminución más fácil y eficiente del forraje por parte de los animales, alcanzando una mayor tasa de ingestión y aumentando la tasa de pasaje (Gregorini *et al.*, 2009c, 2008b). A su vez, la relación más equilibrada entre PC:CNE mejora la fermentación y también la tasa de pasaje (Cajarville *et al.*, 2015; Gregorini *et al.*, 2008a; Mattiauda *et al.*, 2013). Por otra parte, los rumiantes son especies crepusculares, con un patrón de comportamiento evolutivo marcado independiente de las condiciones de pastoreo, que estimula a los animales a consumir más intensamente al final de la tarde (Gibb *et al.*, 1998; Gregorini, 2012). De hecho, los niveles de ghrelina durante la alimentación no descienden a igual tasa en la mañana como en la tarde, sino que en el segundo caso se observa aumento en su concentración hasta la caída del sol, donde finalmente comienza a descender (Sheahan *et al.*, 2013a, 2013b). El pastoreo durante la tarde permite cosechar entonces no sólo una mayor cantidad de forraje a menor esfuerzo sino que también un alimento de mejor calidad y degradabilidad ruminal.

En suma, el manejo estratégico de períodos de ayuno y momentos de ingreso al pastoreo, tomando en cuenta las condiciones de la pastura, han sido identificados como las medidas de manejo de mayor impacto sobre la cantidad y calidad del forraje cosechado y en la eficiencia de cosecha del forraje (Chilibroste *et al.*, 2007; Gregorini, 2012). No debemos perder de vista a nuestros

sistemas como una conjunción animal-pastura-manejo donde debe alcanzarse el equilibrio entre aprovechamiento máximo posible del recurso alimenticio bajo una producción sostenible de forraje. En situaciones de escasez de forraje, tiempos de pastoreo moderados durante la tarde aumentan la eficiencia de cosecha de pastura y su utilización, a la vez que potencian la futura producción de forraje al atenuar los efectos adversos provocados por la presencia del ganado sobre el mismo, como el pisoteo y la deposición de heces (Mattiauda *et al.*, 2013).

IV. Suplementación y tasa de sustitución

A pesar que las pasturas templadas utilizadas en nuestros sistemas de producción de leche constituye el alimento de menor costo y una excelente fuente nutritiva para las vacas en ordeño, con alto porcentaje de proteína cruda y alta degradabilidad ruminal de la materia orgánica, fracciones fibrosas y nitrogenadas (Bargo *et al.*, 2003a; Cajarville *et al.*, 2015, 2012); su baja concentración energética y su alto contenido de humedad y fibra (Bargo *et al.*, 2003a; Fulkerson *et al.*, 2007; NRC, 2001) limitan el consumo de MS y energía, y por ende la producción de leche (Dohme-Meier *et al.*, 2014; Kolver, 2003; Kolver and Muller, 1998). Estos motivos, sumados a la alta variabilidad de la tasa de crecimiento y producción de pastura entre estaciones y años (Berretta *et al.*, 2000; Chilibroste *et al.*, 2003), han llevado a que los sistemas comerciales aumenten el uso de suplementos (reservas de forraje y/o concentrados) en la dieta, de manera de asegurar una producción estable a lo largo del año.

La suplementación, además de permitir cubrir las demandas energéticas del ganado de alta producción de leche, permite incrementar la carga animal sin sacrificar el desempeño individual. A la vez, posibilita cumplir con los tiempos adecuados para acumulación de forraje antes del pastoreo, optimizando el manejo de la pastura (Baudracco *et al.*, 2010; McEvoy *et al.*, 2008; Vaz Martins, 1997). Sin embargo, la inclusión de suplementos en la dieta de animales en pastoreo podría provocar una depresión del consumo de forraje debido a un efecto de sustitución de la pastura por el suplemento. La tasa de sustitución (TS) es entendida como la cantidad de pastura que los animales dejan de ingerir por cada kgMS de suplemento consumido. En bovinos en pastoreo la TS es influida por factores propios del animal, de la pastura, del suplemento, e incluso del

ambiente (Kellaway & Harrington, 2004; Bargo *et al.*, 2003; Dixon and Stockdale, 1999; Stockdale, 2000). La respuesta a la suplementación se expresa como los kilogramos de producto obtenidos por cada kilogramo de suplemento ofrecido, y está inversamente relacionada a la tasa de sustitución. A menor TS, la respuesta productiva a la suplementación será mayor, tornando económicamente más viable la inclusión de suplementos en la dieta animal (McEvoy *et al.*, 2008; Walker *et al.*, 2001).

La TS es dependiente del déficit energético en relación a los requerimientos de cada animal, por tanto, obedece al requerimiento energético de producción de leche que no es cubierto por el aporte de la pastura. Es decir; a menor déficit energético a cubrir mediante el aporte de suplementos, mayor será la tasa de sustitución de pasto por suplemento (Forbes *et al.*, 1995, 2007). En este sentido, el genotipo animal define el tamaño corporal y el potencial productivo, influyendo tanto sobre el costo energético de mantenimiento como sobre el nivel de producción. De manera general, a igual nivel de suplementación vacas de alto mérito genético sustituyen menos pastura por suplemento que vacas de bajo mérito genético (Fulkerson *et al.*, 2008; Kennedy *et al.*, 2003). A su vez, el estado fisiológico y la etapa de lactancia en la que se encuentran los animales inciden sobre los requerimientos, determinando que a un mismo nivel de suplementación vacas a inicio de lactancia sustituyan menos pasto por suplemento que vacas a mediados o fin de lactancia (Allen & Bradford, 2009; Penno *et al.*, 2006).

La TS está positivamente correlacionada con la calidad (Dixon and Stockdale, 1999; Penno *et al.*, 2006) y cantidad (Grainger & Mathews, 1989; Bargo *et al.*, 2002) de la pastura asignada. Stockdale (1999), trabajando con una asignación de forraje de 35 kgMS/vaca/día, reportó que la mayor respuesta productiva de vacas en lactancia media a una suplementación con 4,5 kgMS de concentrado durante las distintas estaciones del año fue obtenida durante verano y otoño temprano (1,1 kg leche/kgMS concentrado), cuando la concentración de energía metabolizable de la pastura fue menor, y decayó cuando la concentración energética de la pastura aumentó en la primavera (0,5 kg leche/kgMS concentrado). Éstos resultados coinciden con los reportados por Penno *et al.* (2006), quienes evaluaron la respuesta a la suplementación ante diferente cantidad y calidad de forraje de las diferentes épocas del año. Estos autores

reportaron una mayor TS y menor RS cuando la calidad y/o asignación de forraje permitió un mayor consumo de pastura en los animales sin suplementación (Penno *et al.*, 2006). McEvoy *et al.* (2008), estudiando el efecto del nivel de suplementación y la asignación de pastura en vacas lecheras, reportaron un aumento en la TS de 0,19 kg/kg a 0,39 kg/kg cuando los animales fueron suplementados con 6 kgMS de concentrado por día y pastorearon con una asignación sobre 4 cm de 14 vs. 18 kgMS/vaca/día respectivamente. A su vez, el incremento en los niveles de suplementación de 3 a 6 kg de concentrado determinó una mayor respuesta a la suplementación en animales manejados con menor asignación de pastura (McEvoy *et al.*, 2008). Bargo *et al.* (2002), trabajando con asignaciones más contrastantes (27 y 49 kgMS/vaca/día a nivel de suelo) y un mayor nivel de suplementación (10 kgMS/vaca/día), reportaron una mayor TS cuando la asignación fue más elevada (0,55 vs. 0,26 mayor y menor asignación respectivamente). Esto redundó en una menor eficiencia de utilización de la pastura (consumo del 62 vs. 42 % del forraje asignado respectivamente) y una menor respuesta a la suplementación en vacas suplementadas con alta asignación de forraje (1,36 vs. 0,96 kg leche/kg concentrado respectivamente). Se desprende de estos trabajos que con asignaciones bajas a moderadas la TS es menor y la respuesta a la suplementación es mayor que cuando se manejan animales con alta asignación de forraje, determinando un mejor aprovechamiento de la pastura. A su vez, la mayor concentración energética de la pastura determina que la TS sea mayor.

La inclusión de suplementos almidonosos en dietas de animales en pastoreo puede generar efectos sobre el ambiente ruminal y caídas en la digestibilidad de la fibra que podrían repercutir negativamente sobre el CMS de forraje (Dixon y Stockdale, 1999). Tanto la cantidad de suplemento ofrecido (Stockdale, 2000) como la velocidad de degradación de los carbohidratos almidonosos del suplemento (Kellaway & Porta, 1993; Cajarville *et al.*, 2006) pueden influir sobre la tasa de sustitución, ya que afectan la relación entre generación y absorción de ácidos grasos volátiles a nivel ruminal, alterando el pH. La disminución del pH puede perjudicar la flora bacteriana celulolítica y la producción de enzimas fibrolíticas, limitando por tanto la digestión de la FDN del forraje (Bargo *et al.*, 2002; Leddin *et al.*, 2009, 2010; Soca *et al.*, 2014). Esto, a su vez, enlentece la

evacuación del alimento hacia tractos posteriores afectando negativamente el CMS de forraje (Dixon y Stockdale, 1999; Oba y Allen, 1999).

Los mecanismos por los cuales el suplemento inhibe el consumo de forraje aún son discutidos. Según Sheahan *et al.* (2013b), el mecanismo de llenado ruminal no limitaría el consumo de forraje en vacas que pastorean sobre pasturas templadas de alta calidad, sino que predominan las señales neuroendócrinas como el aumento en la concentración de glucosa e insulina y la disminución de la concentración de ghrelina en sangre. Por otro lado, Allen *et al.* (2009) propusieron que los efectos hipofágicos se generan a nivel de sistema nervioso central en respuesta a metabolitos resultantes de la oxidación hepática de los nutrientes ingeridos, como los intermediarios del ciclo del ácido tricarboxílico derivados del propionato. Más específicamente, Dixon y Stockdale (1999) señalaron que la disminución del consumo de forraje en animales que consumen pasturas de alta digestibilidad responde a un feedback metabólico; mientras que el efecto asociativo negativo del suplemento a forrajes de media o baja digestibilidad (alto contenido de FND) se relaciona en mayor medida a una disminución de la degradabilidad de la fibra del forraje. Forbes (1995, 2007) aseveró que los efectos regulatorios sobre el consumo son multifactoriales y actúan simultáneamente de manera aditiva. En definitiva, estos efectos endócrino-metabólicos podrían repercutir sobre el comportamiento ingestivo de los animales; dedicando menos tiempo a la actividad de pastoreo en la medida que aumenta la cantidad suplemento consumido (Bargo *et al.*, 2003; Sheahan *et al.*, 2011). Bargo *et al.* (2002) reportan que, a asignaciones de forraje moderadas, la TS es explicada en su totalidad por un menor tiempo dedicado al pastoreo por parte de los animales, mientras que a altas asignaciones la reducción en el tiempo de pastoreo sólo explica un 80% de la caída en el consumo de forraje, siendo el 20% restante explicado por efectos asociativos negativos en el rumen.

Al-Marashdeh *et al.* (2016) reportaron que cuando la sesión de pastoreo es acotada, el momento de suplementación con silo de maíz (3 kgMS) en relación al ingreso al pastoreo puede favorecer el consumo de forraje y reducir la tasa de sustitución. Los autores estimaron una TS de 0,19 cuando el tiempo entre el suministro del suplemento y la entrada a la pastura fue de 9 horas y 0,47 cuando consumieron el silo 2 horas antes del pastoreo. Mattiauda *et al.* (2018) estudiaron

los efectos sobre el comportamiento ingestivo de administrar 3,8 kgMS de silo de maíz inmediatamente antes de entrar al pastoreo, a la salida del mismo o repartido pre y post pastoreo. Estos autores reportaron que el tratamiento que consumió el silo en dos comidas alcanzó el mayor consumo de pastura, el tratamiento a.m. obtuvo el menor CMS de pastura y el tratamiento p.m. fue intermedio. La actividad de rumia durante el período de acceso a la pastura estuvo lineal y positivamente correlacionada a la cantidad de silo de maíz que consumieron los animales previo al horario de pastoreo (7 minutos más de rumia por cada kgMS de silo consumido). Los autores atribuyeron el menor consumo de forraje en el tratamiento a.m. al mayor llenado ruminal al momento de entrada al pastoreo, que prontamente provocó un efecto de saciedad en los animales. Por otro lado, el consumo intermedio del tratamiento p.m. pudo estar dado por un ambiente ruminal más inestable, debido a una alta tasa de ingesta y menor actividad de rumia (Mattiauda *et al.*, 2018). Si bien es necesario un período de ayuno para lograr una utilización eficiente de los recursos (forraje y tiempo), un ayuno excesivo podría provocar cambios en el comportamiento ingestivo que repercutan en un menor consumo de forraje.

En suma, es posible reducir la tasa de sustitución y maximizar la respuesta a la suplementación si, para un determinado nivel de asignación y calidad de forraje, se administra una dieta suplementaria ajustada a los requerimientos específicos de los animales y al aporte nutricional de la pastura en cada circunstancia (ajustes periódicos continuos), de manera que permita un buen desempeño productivo a la vez que logra una buena eficiencia de utilización de la pastura; evitando efectos negativos en el comportamiento ingestivo y la degradabilidad ruminal, así como sobre la futura producción y persistencia de las pasturas.

V. En resumen

Los resultados presentados evidencian el comportamiento plástico del que se valen los animales en un intento de mantener su nivel de ingestión y desempeño productivo. El consumo de forraje de cosecha directa y la eficiencia de cosecha por parte de los animales dependen tanto de las características de la pastura, asignación de forraje por animal y tiempo de acceso al pastoreo como de la motivación de los animales por consumir el alimento (déficit relativo a sus

requerimientos). La altura y la disponibilidad de la pastura son componentes determinantes del peso de bocado y por ende de la tasa de ingestión y el consumo de forraje. En términos generales, cuando las condiciones de estructura del forraje son limitantes, los animales compensan total o parcialmente la caída de la tasa de consumo incrementando la proporción del tiempo efectivo de pastoreo, a costas de una disminución del tiempo de rumia y descanso en la pastura. En estas circunstancias, el tiempo de acceso a la pastura podría ser un factor crítico en la cosecha de forraje. En el otro extremo, cuando la pastura abandona el estado vegetativo, por ejemplo cuando presenta una disponibilidad mayor a 4000 kgMS/ha y/o altura superior a 30 cm, el comportamiento plástico selectivo de los animales les permite realizar una cosecha de forraje de mejor calidad que la ofrecida. En contrapartida, esto podría afectar el consumo diario total debido a un mayor porceso de selección. En situaciones de disponibilidad no limitante, la asignación presenta una relación curvilínea con el consumo de pastura, donde a mayor asignación de pastura mayor será el consumo y menor la utilización de forraje. Por otra parte, la predominancia de señales estimuladoras o inhibidoras de consumo a la entrada al pastoreo dependerá de la distensión ruminal y del déficit nutricional relativo a la demanda energética animal. A mayor llenado ruminal y mejor estatus energético hepático, las señales orexígenas se debilitan y los animales dedican menos tiempo a la actividad de cosecha afectando negativamente el CMS de forraje. Es así que la motivación de los animales por consumir la pastura será menor, y por ende la tasa de sustitución de forraje por suplemento será mayor, cuanto menor sea el déficit energético en relación a los requerimientos. A su vez, dependiendo del tipo y cantidad de suplemento ofrecido y de la asignación forrajera, la suplementación puede provocar efectos asociativos negativos sobre el ambiente ruminal que perjudican el consumo de pasto. Todos estos factores repercuten finalmente sobre la respuesta productiva animal a la suplementación y el resultado global del sistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un seguimiento de 37 predios comerciales, distribuidos en distintas regiones del país, Chilibróste *et al.* (2003) diagnosticaron bajos niveles de producción individual asociados a bajos consumos de materia seca. Los problemas de bajo consumo estuvieron dados por condiciones muy restrictivas para la cosecha directa de pastura por parte de los animales (baja altura, masa y asignación de forraje), particularmente en los meses de abril a julio, a consecuencia de demoras de los tiempos de laboreo y siembra, así como a fallas en la implantación de las pasturas. Esto llevó a una disminución de la superficie efectiva de pastoreo en otoño-invierno, momento donde la carga animal en la plataforma de pastoreo se maximizó debido al pico de parición de otoño. La alta presión de pastoreo y tendencia al sobrepastoreo afectó la tasa diaria de crecimiento de forraje, disminuyendo la persistencia de las pasturas, lo que continuó la problemática de escasez del recurso forrajero (Zibil *et al.*, 2016). Los predios que alcanzaban mayores niveles de producción (por encima de 22 L/vaca/día) manejaban los animales sistemáticamente en pasturas con mayor disponibilidad y altura promedio (1800 kgMS/ha y 18 cm, respectivamente), mientras que los sistemas de menor nivel de producción (por debajo de 18 L/vaca/día) manejaban las vacas bajo condiciones de pastoreo restrictivas (disponibilidad de 1300 kgMS/ha y 13 cm de altura). No existieron diferencias en los niveles de suplementación por vaca entre ambos tipos de sistemas (promedio anual de 3,0 kgMS/vaca/día de concentrado y 2,2 de reserva), lo que refleja el impacto que poseía la estrategia de manejo del pastoreo sobre la productividad por animal en dichos sistemas.

Con el pasar de los años la producción de pastura ha mejorado significativamente. Datos recabados por diversas instituciones nacionales desde 2009 (Camps *et al.*, 2009; Chilibróste, 2009) reportan producciones anuales de pastura cercanas a los 10.000 kgMS/ha tanto para especies forrajeras anuales como perennes. Sin embargo, se desconoce cómo los sistemas productivos lecheros han adaptado el manejo de estos recursos forrajeros a las mejoras en la productividad del mismo. Tanto la producción de pasturas como el control del proceso de pastoreo y el manejo de la alimentación en su conjunto son

elementos esenciales que definen gran parte de la eficiencia productiva de los sistemas lecheros, con impacto directo en los costos de producción (Aguerre *et al.*, 2017).

El Proyecto de Producción Competitiva, lanzado en el 2011, tuvo como intención dar explicación a esta interrogante. Los primeros resultados de este trabajo (monitoreo de 322 tambos durante tres años) arrojaron que a medida que la carga animal del sistema aumenta, la cosecha directa de forraje en la hectárea es mayor (Chilibroste y Battegazzore, 2014). A su vez, a mayor proporción de forraje en la dieta, menores son los costos de producción de leche. En consecuencia, la carga animal (VM/haVM) presentó una estrecha relación con el margen sobre costo de alimentación (MA, en U\$S/ha VM/día); un indicador que explica el estado de resultado del sistema productivo. El consumo promedio diario de pastura de cosecha directa estimado en los tambos monitoreados entre 2011 y 2014 fue 8,9 kgMS/vaca, acompañado de 4,7 y 3,8 kgMS/vaca de concentrados y reservas forrajeras. La carga animal promedió 1,05 VM/haVM, lo que significó un consumo anual por hectárea de 3412 kgMS/ha respectivamente. Estos niveles de consumo de forraje de cosecha directa son bajos para la cantidad de pastura producida anual mencionada previamente (10.000 kgMS/ha), y denotan una baja utilización del recurso forrajero. Según estos autores, los sistemas con mejores resultados de MA obtienen niveles de cosecha de forraje cercanos a los 5000 kgMS/haVM combinando más carga animal (54 % sobre el valor de la media) y mayor producción individual (19%) que los sistemas con márgenes inferiores. Si bien a mayor carga animal el consumo de forraje del sistema aumenta, en cada nivel de carga hay gran variabilidad en el consumo de pasto entre sistemas. Esto sugiere que otros factores podrían estar afectando el nivel de forraje cosechado por hectárea.

Como se mencionó en la sección anterior, diversos estudios demuestran que el consumo de forraje de cosecha directa y la eficiencia de cosecha por parte de los animales dependen además de la estructura de la pastura (McGilloway *et al.*, 1999, Chilibroste *et al.*, 2005), de la asignación de forraje (Bargo *et al.*, 2003a; Baudracco *et al.*, 2010), del nivel de suplementación (Kellaway & Harrington, 2004; Bargo *et al.*, 2003), de los tiempos de ayuno y del tiempo de acceso al pastoreo (Kennedy *et al.*, 2009; Mattiauda *et al.*, 2013; Soca *et al.*, 2014). Gran

parte de la información reportada proviene de ensayos experimentales a corto plazo, en condiciones controladas y en un número reducido de animales por tratamiento (Chilibroste *et al.*, 2015). Si bien, como se mencionó anteriormente, se realizó un diagnóstico de situación en sistemas productivos lecheros en el año 2003 y a través el Proyecto Producción Competitiva más recientemente, al día de hoy no se tiene información que posibilite evaluar el peso relativo de los factores antes mencionados sobre el consumo de pastura de los animales y la eficiencia de uso de la misma. Surge entonces la necesidad de llevar a cabo una investigación más integrada, que permita identificar a nivel comercial los principales factores asociados al manejo del pastoreo y de la alimentación en general que determinan el consumo y utilización del forraje bajo los diferentes escenarios estacionales de producción forrajera. La información que se genere será de interés fundamental para focalizar esfuerzos en levantar las restricciones al consumo de pasto a nivel comercial, piedra angular en el fortalecimiento de la competitividad de los sistemas productivos uruguayos.

HIPÓTESIS

La hipótesis establecida fue que en tambos comerciales de la cuenca sur de Uruguay no se logran altos consumos de cosecha directa de pastura por animal. Estos resultados están determinados por factores asociados al manejo del pastoreo y principalmente al manejo de la suplementación.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar en tambos comerciales de la cuenca sur de Uruguay cómo los factores asociados al manejo del pastoreo y de la suplementación afectan el consumo de pastura de cosecha directa por parte de los animales.

Objetivos Específicos:

1) Determinar cómo las decisiones que se toman en la rutina diaria del manejo de la alimentación como:

- a - estructura de forraje (disponibilidad y altura) a la entrada al pastoreo
- b - tiempo de acceso a la parcela a pastorear
- c - asignación diaria por animal
- d - nivel de suplementación

afectan la cosecha directa de pasto por vaca y por hectárea, el nivel de producción y el margen sobre alimentación de tambos comerciales de la cuenca sur de Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período junio de 2016 a mayo de 2017 se realizó un seguimiento y monitoreo de 28 tambos comerciales ubicados en la cuenca lechera tradicional de Uruguay (Colonia, San José, Canelones y Florida). El monitoreo consistió en visitas quincenales a cada tambo para recabar información de acuerdo a un protocolo pre-establecido. Los tambos fueron seleccionados en base a registros previos del Proyecto de Producción Competitiva (CONAPROLE) en función del nivel de carga y producción individual de los animales, por contar con un técnico asesor que visite el establecimiento periódicamente y por llevar registros confiables (muestreo no probabilístico por conveniencia).

Colecta de datos, mediciones y estimaciones

En cada visita se registró para cada lote en producción el número de animales, la producción individual y la rutina de alimentación (horario de acceso al pastoreo, al alimento suplementado y a las áreas de descanso). A su vez se documentó tipo, cantidad y costo del alimento suplementado (concentrado y reserva de forraje como heno, henilaje o ensilaje). Se realizó lectura de comedero para el ajuste del consumo de los suplementos según el nivel de rechazo de cada predio monitoreado. La información de los litros remitidos, composición (porcentaje de grasa, proteína y lactosa), calidad y precio de la leche se obtuvo mensualmente de la planta industrial a donde fue remitida la leche. La producción promedio de cada establecimiento se determinó como la suma de los litros de leche remitidos y desviada (leche descartada, utilizada para la alimentación de terneros y el consumo humano) en cada mes.

En cada visita, cuando los animales tenían acceso al pastoreo, se recorrió la parcela a la que accederían los animales en cada sesión de pastoreo (parcela asignada para el pastoreo en la mañana y/o en la tarde), para la determinación de la disponibilidad, altura del forraje ofrecido y asignación de forraje a los animales. Para tal fin, se recorrió una transecta en cada parcela a pastorear donde se registró cada 10 metros la presencia de pastura, suelo desnudo o malezas. En caso de observar presencia de pastura se estimó visualmente la disponibilidad (kgMS/ha) y con una regla graduada se midió la altura del forraje ofrecido (cm). Para la estimación de disponibilidad se realizaron entrenamientos

periódicos de calibración en establecimientos comerciales utilizando el método adaptado de Haydock y Shaw (1975). Para ello, en cada calibración se seleccionó de cada potrero un conjunto de cuadrantes de referencia que representaran zonas de alta, media y baja disponibilidad (tres repeticiones por zona), que fueron posteriormente cortados y secados para estimar su rendimiento de materia seca. Se promedió el rendimiento (kgMS) de cada conjunto de cuadrantes por zona. Para la determinación de la altura del forraje ofrecido se utilizó una regla graduada y se anotó la medida desde el nivel del suelo a la hoja viva más alta que contacte con la regla, sin extenderla. Se midió el tamaño de la parcela asignada en cada sesión de pastoreo y se ajustó el área descontando el porcentaje de maleza y áreas de suelo desnudo. La asignación por animal (AF; kgMS/VO) se estableció en función de la disponibilidad promedio de la parcela y la carga animal instantánea (número de vacas en el lote).

El consumo de suplemento se estimó en función de la oferta diaria de cada alimento y ajustando por los desperdicios estimados en cada establecimiento. Para esta determinación se tomaron muestras de granos húmedos, henilajes y ensilajes de todas las nuevas partidas utilizadas en los tambos monitoreados para la determinación del nivel de MS (Método 7.003; AOAC, 1997). El CMS de pastura (kgMS/vaca/d) se determinó por balance energético según NRC (2001), asumiendo que la diferencia entre los requerimientos de ENL para mantenimiento y producción de los animales y el aporte de energía de los alimentos suplementados fue aportado por la pastura. El aporte de energía de la pastura fue ajustado en base a la estación del año (1,45 Mcal/kgMS para otoño, invierno y primavera; y 1,25 Mcal/kgMS para el verano). Los requerimientos de energía promedio de las vacas se estimaron como la suma de los requerimientos de mantenimiento y producción de leche, suponiendo un rodeo adulto (sin requerimientos de crecimiento), no gestante, y un equilibrio entre las vacas que perdían y ganaban PV. Los requerimientos de mantenimiento para los animales de cada establecimiento se calcularon sobre la base de 80 kcal ENL/kgPV^{0.75} (NRC, 2001), con un ajuste del 20% por actividad de pastoreo (CSIRO, 1990). El PV promedio de las vacas de cada tambo se obtuvo del registro de peso de las vacas llevadas al matadero. Los requerimientos de producción se estimaron considerando la producción diaria de sólidos por vaca (NRC, 2001):

$$\text{ENL (Mcal/kg)} = 0.0929 \times \text{grasa\%} + 0.0547 \times \text{PC\%} + 0.0395 \times \text{lactosa\%}$$

Para la estimación del consumo potencial de pastura en función de la asignación de forraje a ras de suelo (AF) se utilizó la ecuación propuesta por Baudracco *et al.* (2010) para vacas lecheras en pastoreo sin suplementación:

$$\text{CMS Pastura} = 5,3216 + 0,3447\text{AF} - 0,00220\text{AF}^2 \quad (\text{CV}=13,4\%; \text{R}^2=0,80; \text{n}=49)$$

Para esta estimación se consideraron los registros quincenales cuya asignación de forraje fuera mayor a 5,3 (intercepto) y menor a 100 kgMS/vaca/d.

El consumo de pastura estimado por balance energético se tomó como referencia del consumo potencial de forraje asociado al nivel y tipo de suplemento utilizado y el consumo estimado en base a la oferta diaria de pastura se tomó como referencia del potencial de consumo de forraje de acuerdo a la asignación de la pastura para vacas en ordeño sin suplementación. La diferencia entre ambas estimaciones de consumo de pasto se determinó como un indicador de la eficiencia en la gestión de la alimentación (EGA). Una alta diferencia entre las estimaciones de consumo se interpretó como una mala EGA, y una baja diferencia entre las estimaciones se interpretó como una buena EGA.

La eficiencia de conversión (EC) del alimento fue definida como el CMS total (pastura y suplemento) necesario para producir un litro de leche (kg_{tot}/L). La EC del concentrado se expresó tanto en gramos de concentrado necesario para producir un litro de leche (g_{conc}/L) como kilogramos de concentrado por kilo de sólidos producidos (kg_{conc}/kg_{sol}). A mayor cantidad de alimento o concentrado requerido para producir un litro de leche o kilo de sólido, menor EC.

La concentración de nutrientes de las dietas se estimó considerando la cantidad y la calidad de los alimentos consumidos en cada visita. Se calculó el contenido de proteína cruda (%), fibra detergente neutro (%) y energía neta de lactancia (MCal/kgMS) del concentrado, del suplemento y de la dieta total usando valores de referencia de las tablas de composición química de alimentos del NRC (2001). El margen sobre costo de alimentación fue calculado para cada una de las visitas como la diferencia entre las entradas de dinero provenientes de la venta de la leche (ingreso bruto) y el costo de los diferentes componentes de la dieta (pastura, forraje reservado y concentrado).

Análisis Estadístico

Las medias generales de cada variable en estudio fueron determinadas para cada tambo. En los tambos con más de un lote de vacas en lactancia, las variables de producción individual y margen sobre costo de alimentación por vaca se analizaron como promedio de todos los lotes de vacas, mientras que el consumo de materia seca, la eficiencia en la gestión de la alimentación, la disponibilidad, la asignación de forraje, el tiempo en la pastura y las variables de eficiencia de conversión de alimento se analizaron para el lote de alta producción.

En orden de evaluar dos grupos contrastantes de tambos de acuerdo al consumo de pastura por vaca (estimado en base a balance energético), sólo 16 de los 28 tambos monitoreados fueron comparados. Los sistemas cuyas vacas consumieron menos de 7,0 kgMS/d en el promedio anual fueron considerados tambos de bajo consumo de pastura (BCP, N=8), y aquellos sistemas cuyas vacas alcanzaron un consumo de pastura mayor a 8,5 kgMS/d fueron considerados tambos de alto consumo de pastura (ACP, N=8). La Tabla 1 muestra una breve descripción de cada uno de los 16 tambos comerciales comparados.

La información fue analizada utilizando los procedimientos MIXTOS de SAS Systems programme (SAS Institute Inc., Cary, NC) siguiendo el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + G_i * E_j + e_{ij},$$

Donde Y_{ij} es el consumo de pasturas, μ es la media poblacional, G_i es el “grupo” (i = BCP o ACP), E_j es la “estación” (j = invierno, primavera, verano u otoño) y $G_i * E_j$ es su interacción tomados como efectos fijos, y e_{ij} es el error residual. Cada tambo fue tomado como unidad experimental y los datos generados en cada visita fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo. Para cada tambo, hubo al menos 6 observaciones por estación del año para el CMS, las características de la pastura (altura, disponibilidad) y del manejo (asignación, horas) y para la composición de la dieta. Hubo al menos 3 observaciones por tambo y por estación para producción individual de leche, EC del alimento y del concentrado y margen sobre costo de alimentación. Los datos fueron analizados en base anual y estacional. Las medias entre los grupos fueron

comparadas utilizando el test Tukey-Kramer, declarando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$ y tendencia cuando $0,05 < P \leq 0,10$. Los resultados se presentan como medias por mínimos cuadrados $\pm$ error estándar de la media (EEM).

Tabla 1 Características de los 16 tambos comerciales comparados

Grupo	Tambo	Número de vacas en ordeño	Peso vivo (kg)	Hectáreas ²	Carga animal ³	Número de lotes
ACP¹						
	1	94	550	108	0,87	1
	2	88	580	59	1,50	1
	3	113	650	91	1,24	1
	4	172	550	161	1,07	1
	5	149	500	168	0,88	1
	6	104	520	100	1,04	1
	7	166	570	137	1,21	2
	8	68	550	59	1,17	1
BCP¹						
	9	144	600	94	1,54	1
	10	117	550	87	1,34	1
	11	167	500	148	1,12	1
	12	358	590	302	1,19	3
	13	186	550	147	1,27	2
	14	202	600	104	1,94	1
	15	701	620	499	1,41	3
	16	783	585	642	1,22	3

¹Del monitoreo realizado en 28 tambos de la Cuenca lechera de Uruguay (Canelones, Colonia, Florida y San José), se seleccionaron los 16 tambos con mayor contraste en el consumo de materia seca (CMS) de pastura y fueron comparados como grupo de alto CMS (N=8) vs. bajo CMS (N=8) de pastura por vaca.

²Área de pastoreo para vacas en ordeño (plataforma de pastoreo)

³Número de vacas en ordeño por hectárea de plataforma de pastoreo

RESULTADOS

Caracterización de los tambos monitoreados

Los tambos monitoreados tuvieron 218 ± 28 (media $\pm$ DE) vacas en ordeño y 273 ± 19 vaca masa, que pesaron 563 ± 41 kg PV, sobre una superficie de $227 \pm 1,1$ hectáreas VM. Todos los sistemas estudiados poseían un rodeo predominantemente de raza Holando. Los sistemas se manejaron sobre una rotación pastoril compuesta por praderas permanentes de primer, segundo y tercer año, y cultivos anuales. Las praderas estaban compuestas por una gran variedad de especies de gramíneas y leguminosas, contando con dos a cinco de las siguientes especies: alfalfa (*Medicago sativa*), lotus (*Lotus corniculatus*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), achicoria (*Chicorium intybus*), festuca (*Festuca arundinacea*), cebadilla (*Bromus catharticus*) y dactylis (*Dactylis glomerata*). Las especies anuales utilizadas fueron raigrás (*Lolium perenne*), avena (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum bicolor*). El consumo promedio diario por vaca para los 28 tambos fue $7,5 \pm 3,4$; $5,7 \pm 1,2$ y $4,1 \pm 2,7$ kgMS/vaca de forraje, concentrado y reserva, respectivamente. La producción individual promedio fue $20,4 \pm 2,09$ L/vaca/d, con $4,78 \pm 0,10\%$ de lactosa, $3,79 \pm 0,16\%$ de grasa y $3,35 \pm 0,09\%$ de proteína láctea. Los sistemas tuvieron una carga promedio anual de $1,22 \pm 0,10$ VM/haVM, que determinó un CMS promedio de pastura, concentrado y reserva de 3325 ± 1520 ; 2604 ± 564 y 1851 ± 1163 kgMS/haVM/año respectivamente. La productividad anual por hectárea fue de 9245 ± 1117 L/haVM, y el margen de alimentación resultó en 1296 ± 399 U\$/haVM/año.

El CMS medio diario (en kgMS y como proporción del total de la dieta) de pastura, reserva y concentrado por vaca en ordeño y por estación se muestran en la figura 1. El CMS de concentrado a lo largo del año mostró poca variación (diferencias significativas entre invierno y otoño, intermedias en primavera y verano), representando entre un 30 y 37% del total de la dieta en las diferentes estaciones. El consumo de reserva constituyó entre el 15 y 35% de la dieta, siendo mayor en otoño-invierno y menor en primavera-verano. El consumo de pastura se comportó de manera inversa al de reservas; los menores consumos

se observaron otoño-invierno y los mayores en primavera-verano con una participación del 28 al 54% del total de la dieta.

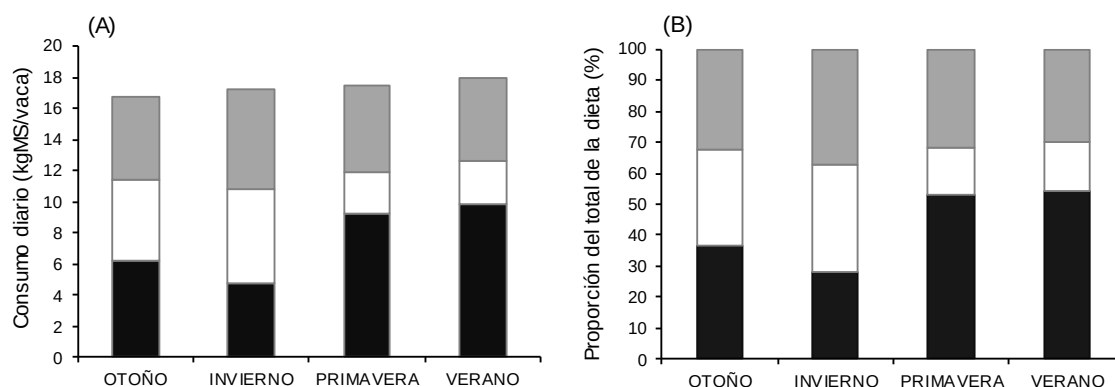


Figura 1 Consumo medio diario de materia seca de pastura (■), reserva de forraje (□) y concentrado (■), expresado en kgMS/vaca (A) y en porcentaje de la dieta total (B).

En promedio anual los animales accedieron al pastoreo de pasturas con $30,8 \pm 19$ cm de altura y 2408 ± 1203 kgMS/ha de disponibilidad, con una asignación de forraje de $31,3 \pm 19$ kgMS/vaca/día y $12,8 \pm 3,4$ horas de acceso al pastoreo. La figura 2 muestra cómo se comportaron estas variables de manejo de pastoreo durante cada estación del año.

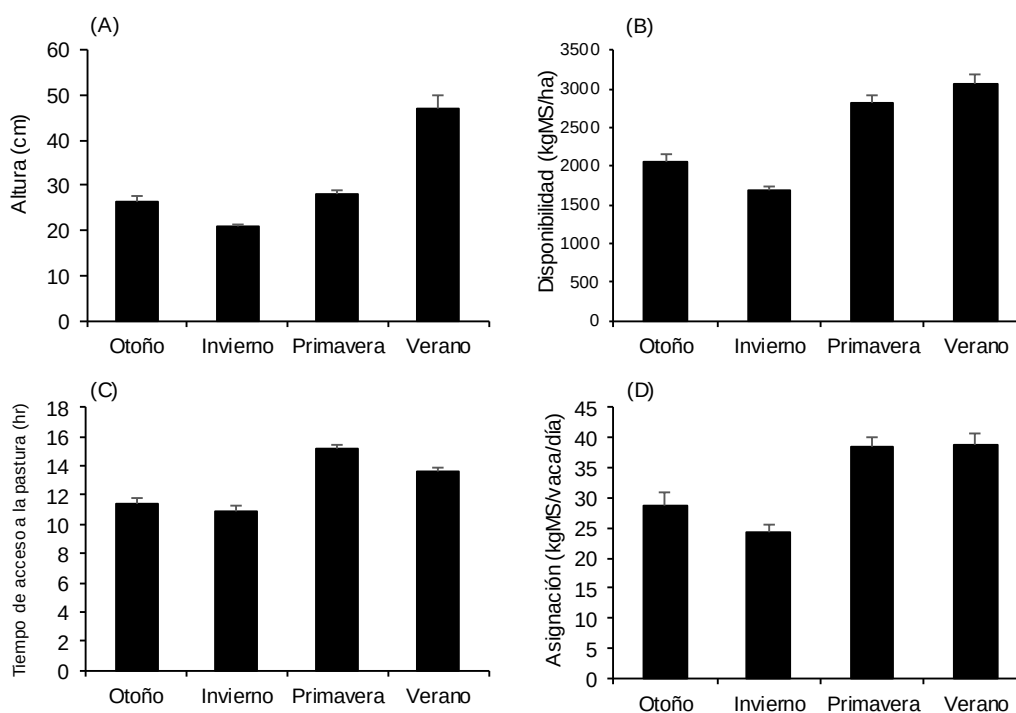


Figura 2 Media $\pm$ error estándar para estructura de la pastura en términos de altura (A) y disponibilidad (B) a la entrada al pastoreo, tiempo de acceso a la misma (C) y asignación de forraje por vaca (D) en las distintas estaciones del año para los 28 tambos monitoreados.

La figura 3 muestra el consumo medio diario de pastura estimado por balance energético (kgMS/VO) para cada tambo y estación en función a los kgMS de forraje asignados. En términos generales, a mayor asignación de forraje se observó mayor consumo de pastura. No obstante, para cada estación, hubo tambos que alcanzaron altos consumos de pastura en función de los kgMS asignados, y otros que alcanzaron bajos kgMS/vaca al mismo nivel de asignación.

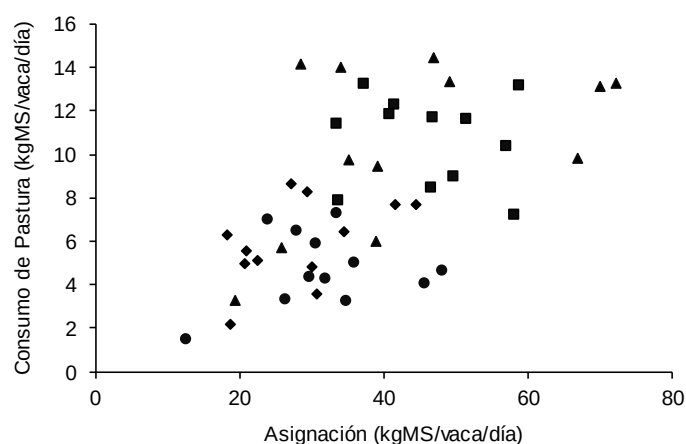


Figura 3 Consumo medio diario de pastura (kgMS/vaca) en función a los kgMS de forraje asignados, por tambo, en invierno (●), primavera (■), verano (▲) y otoño (◆).

Tanto el CMS de pastura como el de concentrados y reservas estuvieron influenciados por la estación del año ($P < 0,01$) y la producción de leche individual (L/vaca/día), sin efecto de la escala del tambo (número de VO y haPP). El CMS de pastura aumentó 0,10 kgMS por cada litro de leche producido ($P = 0,04$), el CMS de concentrado aumentó 0,17 kgMS/L ($P < 0,01$) y el de reservas 0,087 kgMS/L ($P = 0,03$).

Categorización según consumo de pastura por vaca

La tabla 2 presenta el consumo de alimento por vaca, las características de manejo del pastoreo, la producción de leche, la eficiencia de conversión del alimento, el margen sobre el costo de alimentación y la composición de la dieta por año y por estación de los tambos clasificados con bajo (BCP; $N = 8$) o alto

Tabla 2 Consumo individual de alimento, características del manejo del pastoreo, producción de leche por vaca, eficiencia de conversión del alimento, margen sobre costo de alimentación y composición química de la dieta en base anual y estacional para los 16 tambos comerciales, según la clasificación de consumo de pastura¹

	Año		Otoño		Invierno		Primavera		Verano		EEM	Valor p		
	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP		Grupo	Estación	Grupo x Estación
Consumo de alimento diario (kgMS/vaca)														
Total	19,0	17,3	18,3	16,7	19,2	16,4	18,9	17,3	19,7	18,6	0,37	<0,01	<0,01	0,12
Pastura ²	5,5	10,1	4,6 ^b	8,4 ^a	2,9 ^b	5,9 ^a	7,6 ^b	12,5 ^a	7,0 ^b	13,7 ^a	0,55	<0,01	<0,01	<0,01
Forraje reservado	4,9	2,2	5,2 ^a	3,0 ^b	7,3	5,9	3,2 ^a	0,0 ^b	4,0 ^a	0,1 ^b	0,42	<0,01	<0,01	0,05
Concentrado	7,1	3,6	6,3	3,2	7,8	4,7	7,2	3,2	7,1	3,3	0,38	<0,01	<0,01	0,45
Manejo del Pastoreo														
Time en la parcela (horas)	12,3	13,0	12,3	11,7	10,3	9,6	14,4 ^b	16,3 ^a	12,1 ^b	14,5 ^a	0,63	0,14	<0,01	0,03
Disponibilidad (kgMS/ha)	2398	2208	1827	1717	1817	1589	3037	2354	2909	3171	178	0,16	<0,01	0,13
Asignación (kgMS/vaca)	23,2	29,4	15,8	17,1	23,8 ^x	17,8 ^z	31,8	34,6	21,5 ^b	48,3 ^a	3,1	0,01	<0,01	<0,01
Producción diaria de leche														
l/vaca	23,3	19,0	21,9	17,1	24,0	19,7	24,6	20,1	22,7	19,1	0,80	<0,01	<0,01	0,74
Grasa (%)	3,73	3,81	3,83	3,81	3,82	3,81	3,53	3,65	3,66	3,86	0,07	0,35	<0,01	0,16
Proteína (%)	3,39	3,30	3,40	3,35	3,39	3,29	3,36	3,24	3,41	3,31	0,03	0,01	<0,01	0,19
Lactosa (%)	4,80	4,75	4,68	4,59	4,85	4,85	4,87	4,82	4,87	4,82	0,02	0,03	<0,01	0,09
Mcal ENL/vaca	16,7	13,7	15,9	12,5	17,5	14,3	17,2	14,2	16,2	13,9	0,55	<0,01	<0,01	0,57
Eficiencia de conversión														
kgMS total / l	0,79	0,90	0,83 ^b	0,97 ^a	0,78 ^b	0,84 ^a	0,74 ^b	0,85 ^a	0,82 ^b	0,97 ^a	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
gMS concentrado / l	283	204	267	208	317	258	263	164	285	184	15	<0,01	0,24	0,58
kgMS concentrado / kg sólidos	3,80	2,82	3,26	2,68	4,11	3,62	3,79 ^a	2,39 ^b	4,05 ^a	2,59 ^b	0,24	<0,01	<0,01	0,09
Margen sobre costos de alimentación (U\$S/VM/día)														
	2,93	3,07	3,03	2,69	2,54	2,59	3,33	3,57	2,84 ^z	3,41 ^x	0,21	0,53	<0,01	0,08
Composición Química														
Suplemento ofrecido														
Energía (Mcal ENL/kg MS)	1,60	1,63	1,59	1,57	1,55	1,54	1,65	1,72	1,62	1,70	0,03	0,39	<0,01	0,28
PC (%MS)	14,4	12,0	14,8 ^a	11,9 ^b	13,3 ^a	10,8 ^b	14,7 ^a	11,7 ^b	14,7	13,6	0,49	<0,01	<0,01	0,06
FND (%MS)	35,7	36,7	37,7	36,0	37,9 ^b	47,2 ^a	32,9	35,0	34,1	28,6	2,17	0,60	<0,01	<0,01
Dieta total ofrecida														
Energía (Mcal ENL/kg MS)	1,55	1,49	1,54 ^a	1,44 ^b	1,56	1,55	1,59	1,55	1,50 ^a	1,41 ^b	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
PC (%MS)	15,4	15,0	15,3	14,2	14,8	14,6	16,6	16,9	14,7	14,4	0,38	0,31	<0,01	0,23
FND (%MS)	40,5	47,0	40,4	46,3	39,4	46,3	38,7	43,9	43,5	51,4	1,11	<0,01	<0,01	0,60

¹Del monitoreo realizado en 28 tambos de la Cuenca lechera de Uruguay (Canelones, Colonia, Florida y San José), se seleccionaron los 16 tambos con mayor contraste en el consumo de materia seca (CMS) de pastura y fueron comparados como grupo de alto CMS (N=8) vs. bajo CMS (N=8) de pastura por vaca.

²Estimado por balance energético (NRC, 2001).

(ACP; N=8) consumo de pasto. Todas las variables, excepto la EC del alimento en gMS concentrado/L de leche, fueron afectadas por la estación. El CMS de pastura también se vio afectado el grupo ($P<0,01$) y por la interacción grupo*estación ($P<0,01$); con las mayores diferencias de CMS de pasto entre grupos en verano (6,7 kgMS/vaca/día más en el grupo ACP que BCP, $P<0,01$), las diferencias más bajas de CMS entre los grupos en invierno y otoño (3,0 y 3,8 kgMS/vaca/día más en el grupo ACP, respectivamente, $P<0,01$), y diferencias intermedias de CMS en la primavera (4,9 kgMS/vaca/día más en el grupo ACP, $P<0,01$). Para el consumo de reservas forrajeras se encontró un efecto de grupo ($P<0,01$) y de la interacción grupo*estación ($P=0,05$), las mayores diferencias entre grupos fueron encontradas en verano y primavera (3,9 y 3,2 kgMS/vaca/día más en el grupo BCP, respectivamente, $P<0,01$), las diferencias más bajas (tendencia) entre grupos en invierno (1,4 kgMS/vaca/día más en el grupo BCP, $P=0,06$), y diferencias intermedias en otoño (2,2 kgMS/vaca/día más en el grupo BCP, $p<0,01$). El CMS de concentrado se vio afectado por el grupo ($P<0,01$) y la estación ($P<0,01$), sin efecto de interacción grupo*estación. El grupo BCP ofreció 3,5 kgMS/vaca/día más concentrado que el grupo ACP ($P<0,01$). El CMS de concentrado fue más alto en invierno ($P<0,01$). Durante la primavera, el verano y el otoño el CMS de concentrado fue similar.

Hubo un efecto de interacción grupo*estación en el tiempo en la pastura ($p=0,03$), sin diferencias entre los grupos ni en otoño ni en invierno, pero con un mayor tiempo de acceso al pastoreo en el grupo de ACP en la primavera ($P=0,02$) y verano ($P<0,01$). Se observó un efecto de la estación sobre la disponibilidad ($P<0,01$), sin efecto de grupo ni de la interacción grupo*estación. La disponibilidad de forraje en otoño fue similar a la de invierno y ambas fueron más bajas ($P<0,01$) que en primavera y verano (similares entre sí). La asignación de forraje se vio afectada por la estación del año ($P<0,01$), el grupo ($P=0,01$) y su interacción ($P<0,01$). Las diferencias diarias de asignación entre los grupos se explicaron por una mayor asignación diaria en verano en el grupo ACP en comparación al grupo BCP ($P<0,01$) y una tendencia a una menor asignación diaria en invierno en el grupo ACP en comparación a BCP ($P=0,10$). No se detectaron diferencias en la AF diaria de primavera y otoño entre los grupos.

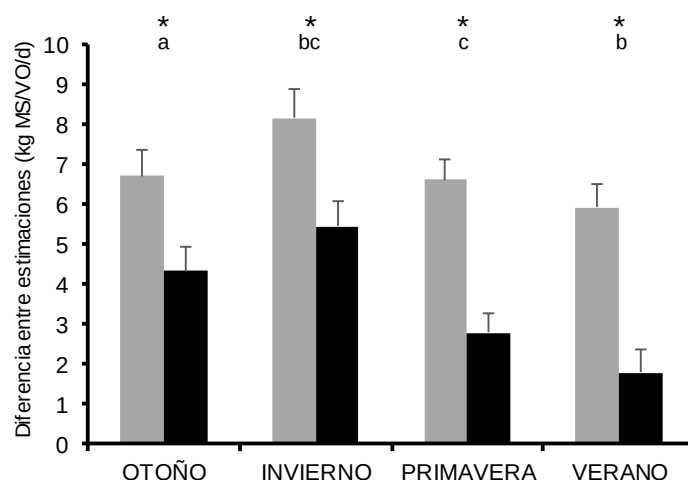


Figura 4 Diferencia media ($\pm$ EE) entre estimación de CMS de pastura estimado según balance energético (NRC, 2001) y el potencial en relación a la asignación de forraje según Baudracco *et al.* (2010), para el grupo de bajo (■) y alto (■) consumo de pasto para cada estación del año. Asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($P \leq 0.01$). Letras a, b y c indican diferencias significativas entre estaciones ($P \leq 0.05$). La diferencia entre ambas estimaciones se determinó para cada visita como un indicador de la eficiencia de la gestión de alimentación (EGA); altas diferencias entre estimaciones indican mala EGA y viceversa.

La Figura 4 muestra las variaciones en la eficiencia en la gestión de la alimentación (diferencia entre CMS de pastura estimado por balance de energía; NRC, 2001, y el potencial CMS de pastura según asignación diaria de forraje; Baudracco *et al.*, 2010), en cada estación del año para el grupo de BCP y ACP. La eficiencia en la gestión de la alimentación fue afectada por la estación del año (4,7; 3,9; 5,5 y 6,8 $\pm$ 0,42 kgMS/vaca/día en primavera, verano, otoño e invierno respectivamente, $P < 0,01$) y por el grupo (6,9 vs. 3,6 $\pm$ 0,3 kgMS/vaca/día para BCP y ACP respectivamente, $P < 0,01$), sin efecto de interacción grupo*estación. Para ambos grupos, la peor eficiencia en la gestión de la alimentación se observó en invierno ($P < 0,01$) y la mejor eficiencia en la gestión de la alimentación ocurrió durante el verano. La eficiencia en la gestión de la alimentación en primavera fue intermedia entre verano y otoño.

Ni la producción de leche ni la composición de la misma se vieron afectadas por la interacción grupo*estación. La producción de leche, el contenido de proteína y lactosa se vieron afectados por el grupo y la estación, mientras que el contenido de grasa solo se vio afectado por la estación (Tabla 2). La producción

de leche en invierno fue intermedia entre la primavera y el verano (diferentes entre sí, $P<0,01$) y más alta que en otoño ($P<0,01$). Las vacas del grupo BCP produjeron más leche con similar porcentaje de grasa y mayor porcentaje de proteína y lactosa que las vacas del grupo ACP. Como consecuencia, la energía excretada en la leche fue mayor en los animales del grupo BCP que ACP (Tabla 2).

A pesar de que el grupo BCP tuvo una mayor EC de alimento total (kg tot/L) que las vacas en el grupo ACP ($P<0,01$), la EC del concentrado expresada tanto en g conc/L como en kg conc/kg sólidos fueron menores en el grupo BCP que en ACP ($P<0,01$). La EC expresada como g conc/L no se vio afectada por la estación ni por la interacción grupo*estación. La EC expresada como kg conc/kg sólidos estuvo influenciada por la estación ($P<0,01$) y tendió a estar influenciada por la interacción grupo*estación ($P=0,09$); siendo el grupo ACP más eficiente que el grupo BCP en el uso de concentrado durante primavera y verano ($P<0,01$), pero con similar EC en otoño e invierno.

No hubo diferencias en el margen sobre costos de alimentación por vaca entre los grupos en el escenario de precios registrado en el período monitoreado. El margen sobre costos de alimentación estuvo afectado por la estación de año ($P<0,01$), siendo el margen en otoño ($2,86\pm0,14$ U\$/vaca/día) similar al de verano ($3,13\pm0,15$ U\$/vaca/día) y diferente al del invierno y primavera ($2,56\pm0,15$ y $3,45\pm0,14$ U\$/vaca/día respectivamente, $P<0,05$). El margen sobre costos de alimentación tendió a verse afectado por la interacción grupo*estación ($P=0,08$); sin diferencias entre los grupos en el margen durante el otoño, invierno y primavera, pero con una tendencia a mayor margen en el grupo ACP que el grupo BCP durante el verano ($3,41$ vs. $2,84 \pm 0,21$ U\$/vaca/día, respectivamente, $P=0,07$).

No se detectaron diferencias en la concentración de energía y FND del suplemento entre los grupos (Tabla 2). Sin embargo, el grupo ACP ofreció una menor concentración de PC en el suplemento que el grupo BCP. De acuerdo con los niveles más altos de suplementación, la dieta total del grupo BCP tuvo mayor concentración de energía y menor concentración de FND que la dieta del grupo ACP. No se detectaron diferencias entre los grupos en la concentración de PC de la dieta total ofrecida (Tabla 2).

Ambos grupos tuvieron similar carga animal (VM/haVM) y ésta no fue afectada por la estación ni por la interacción grupo*estación (Tabla 3). El CMS de pastura en la hectárea fue mayor en el grupo ACP que BCP ($P<0,01$). A su vez, el CMS de pastura en la hectárea fue afectado por la estación ($P<0,01$) y hubo una tendencia a un efecto de la interacción grupo*estación ($P=0,06$). El CMS de pastura entre grupos no difirió durante el invierno, tendió a diferir en el otoño ($P\leq 0,10$) y fue mayor en el grupo ACP en primavera y verano ($P<0,05$). El CMS de reserva y concentrado fue diferente entre los grupos ($P<0,01$) y las estaciones ($P<0,01$), siendo mayor en el grupo BCP que ACP en ambos casos. No se detectó interacción grupo*estación para esta variable. La producción de leche en la hectárea varió según la estación del año ($P<0,01$) y fue superior en el grupo BCP que ACP ($P<0,01$), sin efecto de la interacción grupo*estación. Al igual que lo reportado en el margen sobre costos de alimentación por vaca, el margen sobre costos de alimentación en la hectárea no difirió entre grupos, siendo afectado por la estación del año ($P=0,02$), pero no por la interacción grupo*estación.

Tabla 3 Carga animal, consumo de alimento, producción de leche y margen sobre costo de alimentación en la hectárea vaca masa (haVM), en base anual y estacional, para los 16 tambos comerciales, según la clasificación de consumo de pastura¹

	Año		Otoño		Invierno		Primavera		Verano		EEM	Valor p		
	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP	BCP	ACP		Grupo	Estación	Grupo x Estación
Carga animal (VM/haVM)	1,26	1,10	1,27	1,13	1,29	1,11	1,25	1,10	1,24	1,07	0,07	0,12	0,20	0,54
Consumo de alimento por hectárea (kgMS/haVM)														
Pastura	2666	3540	641 ^z	794 ^x	498	561	758 ^b	987 ^a	759 ^b	1180 ^a	66,7	<0,01	<0,01	0,06
Forraje reservado	2122	1249	602	384	712	543	400	208	418	127	62,2	<0,01	<0,01	0,66
Concentrado	2908	1534	642	349	842	485	724	379	702	323	49,0	<0,01	<0,01	0,49
Producción de leche por hectárea (l/haVM)	11604	7894	2694	1738	3270	2217	3009	2119	2636	1819	195	<0,01	<0,01	0,86
Margen sobre costos de alimentación (U\$S/haVM)	1354	1230	358	279	312	265	363	349	321	337	30	0,35	0,02	0,18

¹Del monitoreo realizado en 28 tambos de la Cuenca lechera de Uruguay (Canelones, Colonia, Florida y San José), se seleccionaron los 16 tambos con mayor contraste en el consumo de materia seca (CMS) de pastura y fueron comparados en como grupo de alto CMS (N=8) vs. bajo CMS (N=8) de pastura por vaca.

DISCUSIÓN

Caracterización de los tambos monitoreados

El presente trabajo busca comprender cuáles de los múltiples factores que influyen en el consumo de pastura tienen mayor impacto sobre los sistemas lecheros comerciales bajo las condiciones actuales de intensificación de la producción lechera en las diferentes estaciones del año. Los resultados obtenidos a partir del monitoreo de 28 tambos pertenecientes a la cuenca lechera tradicional revelan cambios en las condiciones de la pastura ofrecida a los animales para la cosecha directa de forraje en pie respecto a décadas anteriores. Las condiciones medias anuales de baja altura, disponibilidad y asignación de forraje ofrecido a los animales para el pastoreo a principios de los 2000 implicaban un gran esfuerzo energético para la cosecha, y concluía en bajos consumos de forraje y baja producción de leche (Chilibroste *et al.*, 2004a, 2004b). De acuerdo a los datos reportados en esta tesis, estas restricciones han sido levantadas incluso en las estaciones del año en donde el forraje es más escaso (otoño e invierno). Los valores medios de altura y disponibilidad de la pastura a la que accedieron los animales indican que las vacas no tendrían limitantes desde la estructura del forraje disponible para formar un bocado con buena profundidad (McGilloway *et al.*, 1999) y peso (Laca *et al.*, 1992). A su vez, el tiempo ofrecido en la parcela no fue limitante para que los animales logaran un buen nivel de consumo (Alliden y Whittaker, 1970; Gibb *et al.*, 1997) permitiendo a los animales cumplir con los tiempos requeridos de descanso, rumia y pastoreo (Gregorini, 2012).

Chilibroste y Battezzato (2014) analizando una serie de datos que surgen del Proyecto de Producción Competitiva (CONAPROLE) reportan un consumo promedio de pastura de cosecha directa por vaca algo mayores a los del presente seguimiento (8,9 kgMS/día), con una menor carga animal (1,05 VM/haVM) y menor consumo de suplemento (4,7 y 3,8 kgMS/vaca/día de concentrado y reserva), alcanzando valores de cosecha de forraje en la hectárea similares (3412 kgMS/ha) a los reportados en el presente estudio. Los niveles de CMS de pastura alcanzados por las vacas de los tambos monitoreados (7,5 kgMS/VO/d) están muy por debajo de su potencial cuando se contrastan con los valores de asignación registrados. Según Baudracco *et al.* (2010), vacas alimentadas solamente a pastoreo, bajo condiciones de altura y

disponibilidad no limitantes, cuando se le ofrecen 32,6 kgMS/VO/día de asignación forrajera alcanzarían un CMS por vaca de pastura aproximado de 14,0 kgMS/d, 6,5 kgMS más que los reportados en este trabajo. Esto hace suponer que otros factores vinculados al manejo de la alimentación estarían afectando el consumo de forraje en pie y generando una baja utilización de la pastura ofrecida.

Las marcadas variaciones en el consumo de forraje entre invierno-otoño y primavera-verano no fueron acompañadas de cambios significantes en el CMS de concentrado, denotando que la inclusión de este tipo de alimentos es un componente más estructural de las dietas y no un factor de corrección de desbalances nutricionales. En cambio, los niveles de reserva consumida sí acompañaron las fluctuaciones observadas en el consumo de pastura, actuando como factor de ajuste en los momentos donde la producción y disponibilidad de pastura varían.

Categorización según consumo de pastura

Los grupos conformados en el presente trabajo denotan claramente dos estrategias productivas diferentes; sistemas que apuntaron a una mayor producción por vaca basado en un mayor nivel de suplementación (BCP) *versus* sistemas con el objetivo de producir bajo una cantidad limitada de suplemento y con costos de alimentación controlados (ACP). La mayor producción de leche y mayor eficiencia de conversión del alimento (kg tot/l) en el grupo BCP fue coherente con un mayor CMS de concentrado y, por lo tanto, un menor contenido de FND y mayor contenido de energía por kilogramo de MS total (Reis y Combs, 2000). Los sistemas BCP balancearon la concentración de PC del suplemento a la contribución del pasto, logrando un contenido de PC total en la dieta similar al del ACP y alcanzando los niveles de PC recomendados para la alta producción de leche (15%; NRC, 2001). Sin embargo, la eficiencia de conversión de concentrado a leche (tanto g conc/l como kg conc/kg sólidos) fue menor en el grupo BCP. Dado el mayor costo por kg de MS del alimento suplementado en relación a la pastura, la menor EC de concentrado no permitió que el grupo BCP alcanzara mejor margen económico, lo que expone a estos sistemas a un mayor riesgo para ante aumento en los precios de concentrados. Aún con un menor nivel de producción individual, los sistemas con una mayor inclusión de pasturas en la dieta igualaron el margen económico alcanzado por los sistemas con mayor producción de leche por vaca, en concordancia a lo reportado en estudios

anteriores (White *et al.*, 2002; Fontaneli *et al.*, 2005). En ninguno de los grupos el CMS de pasto logrado estuvo condicionado por el manejo del pastoreo, ya que las vacas podrían haber cosechado más pastura según la estructura de la misma (disponibilidad y altura), el tiempo de acceso al pastoreo y la asignación de forraje (Baudracco *et al.*, 2015; Chilibroste *et al.*, 2015).

El análisis por hectárea demostró que, a un mismo nivel de carga animal, las diferencias en el consumo de pastura entre sistemas estuvieron debidas a diferencias en los niveles de suplementación. Esto reafirma la idea que la productividad de forraje y las condiciones para la cosecha de pastura no fueron limitantes en los sistemas monitoreados, sino que fueron los altos niveles de suplementación que restringieron la capacidad de cosecha de forraje en pie por parte de los animales. Los sistemas BCP tampoco alcanzaron mayor margen económico por hectárea que los sistemas ACP, a pesar de la mayor productividad de leche por hectárea registrada.

Dado que el manejo del pastoreo y la alimentación, así como el contraste de éstos entre grupos variaron a lo largo de las diferentes estaciones del año, se analizarán por separado en las siguientes secciones.

Otoño-invierno

Durante los momentos del año de menor tasa de crecimiento de la pastura (invierno y otoño), el manejo del pastoreo y el nivel de suplementación fueron menos contrastantes entre los grupos que en aquellos momentos en que el crecimiento de la pastura se aceleró (primavera y verano). Además, ambos grupos lograron una peor eficiencia en la gestión de la alimentación en invierno y otoño respecto a primavera y verano, lo que indica una desconexión entre el manejo del pastoreo (es decir, los kg de pasto diarios ofrecidos por vaca) y de la suplementación (kg de suplemento ofrecido) en estas estaciones. De hecho, los mayores niveles de suplementación en otoño e invierno ocurrieron en un contexto de condiciones satisfactorias para una alta cosecha de pasturas por parte de las vacas, ya que el tiempo de acceso al pastoreo, la masa de pastura y la asignación permitirían un consumo aproximado de 10,5 kgMS/vaca/día (Baudracco *et al.*, 2010). Según Dixon y Stockdale (1999), la suplementación causa efectos asociativos con la pastura afectando el ambiente y la digestibilidad del rumen (Bargo *et al.*, 2002; Leddin *et al.*, 2010), a la vez que generan señales metabólicas (Allen *et al.*, 2009) y señales neuroendocrinas (Gregorini *et al.*,

2009; Sheahan *et al.*, 2013) con efectos hipofágicos. Estos mecanismos podrían tener un impacto en el comportamiento de consumo de los animales, lo que resultaría en menos tiempo dedicado a la actividad de pastoreo, lo que provocaría la sustitución del pasto por el consumo de suplementos (Bargo *et al.*, 2002).

En sistemas productivos a cielo abierto, los altos niveles de suplementación en momentos en que el crecimiento del forraje disminuye o se detiene es altamente influenciado por las condiciones climáticas (lluvias y anegación del suelo) y podría responder a un criterio de estabilidad que intenta lograr una dieta lo menos fluctuante posible, a la vez que protege a las pasturas del pisoteo para su mayor persistencia. De hecho, el otoño e invierno de 2016 fueron estaciones particularmente lluviosas, que superaron en 400 mm la precipitación que se produce en el semestre de marzo-agosto según el valor de la mediana histórica reportada por INIA-GRAS (2018). Esta podría ser otra razón por la que ninguno de los dos grupos fue eficiente en la cosecha directa de pasto en invierno donde la asignación fue casi cinco veces mayor que el CMS de pastura logrado. La utilización de pasturas y la eficiencia en la gestión de la alimentación durante el otoño de 2017, con niveles de precipitación dentro de los valores normales, fueron mejores que en el invierno de 2016. Además, las diferencias en la utilización de la pastura y en la eficiencia en la gestión de la alimentación entre los grupos fueron mayores en otoño que en invierno, en acuerdo con las mayores diferencias observadas en el consumo de pastura y reservas de forraje entre ACP y BCP.

Primavera-verano

En los momentos del año donde hubo un crecimiento activo de forraje y mejores condiciones climáticas para el manejo intensivo de las pasturas, se registró el mayor contraste en los CMS de pastura por vaca, en los niveles de suplementación y en la eficiencia en la gestión de la alimentación entre grupos. Aunque las vacas de ambos grupos disminuyeron el CMS de suplemento en primavera y verano con respecto al invierno y el otoño, los sistemas con BCP solo redujeron el suministro de suplementos en un 22%, mientras que los sistemas con ACP, incluso con una base de suplementos más baja en otoño e invierno, redujeron el suplemento en un 59% en estas estaciones. Esto indicaría que la sustitución de pasturas por suplemento continuó causando un CMS bajo de pastura en el grupo de BCP. La disponibilidad contrastante (2353 vs. 3037 ± 184 kgMS/ha) entre el grupo ACP y BCP durante la primavera, aunque no

significativo, podría denotar el manejo de una pastura de menor calidad (Stakelum y Dillon, 2007; Wims *et al.*, 2010), y consecuente una menor tasa de ingestión y CMS de pastura en el grupo BCP (Fulkerson y Donaghy, 2001; McEvoy *et al.*, 2009; Mezzalana *et al.*, 2014).

Durante el verano, las diferencias en el CMS de pastura entre grupos fueron más contrastantes que en la primavera. Las diferencias anuales de asignación de forraje entre grupos se explicaron por diferencias de la asignación entre grupos durante el verano. No obstante, la alta asignación de forraje observado en el grupo ACP se complementó con una reducción clave en el CMS de reservas y un mayor tiempo en la pastura que en el grupo BCP; forjando el mayor CMS diario de pastura y mejor eficiencia en la gestión de la alimentación del año. Se debe considerar que una mayor cantidad de forraje pastoreado en esta estación está asociada al uso de especies forrajeras tropicales, que contienen una menor concentración energética (NRC, 2001), y requieren un manejo de pastoreo diferente respecto a las pasturas templadas. En ambas estaciones, los sistemas del grupo ACP hicieron un buen aprovechamiento de los recursos pastoriles, logrando valores de CMS de pastura cercanos a su potencial de acuerdo con la asignación de forraje registrada. En contraparte, los sistemas del grupo BCP demostraron una desconexión entre el manejo del pastoreo y los niveles de suplementación.

CONCLUSIONES

Las condiciones de pastoreo que se ofrecieron a las vacas para la cosecha de forraje en pie en los tambos monitoreados muestran mejoras sustanciales respecto a décadas anteriores (altura, disponibilidad y asignación de forraje). Sin embargo, estos tambos no han sabido acoplar el manejo de la suplementación a los objetivos de consumo de pastura, obteniendo baja eficiencia de utilización del forraje producido. Según este estudio, aunque hubo mayores oportunidades de pastorear en primavera y verano, también se dieron condiciones para mayores consumos de pastura en otoño e invierno. En estas últimas estaciones, las diferencias entre los grupos analizados fueron menos contrastantes, lo que significa que tanto los sistemas BCP como ACP desaprovecharon buena parte del pasto disponible por ofrecer altos niveles de suplementación. En cambio, durante la primavera y el verano, con una estructura de forraje (disponibilidad) similar a la de BCP, los sistemas ACP realizaron un manejo más estricto del nivel de suplementación con respecto a la asignación de forraje ofrecida, logrando mayor consumo de pastura y un uso más eficiente del recurso pastoril disponible. El principal problema que provocó el bajo CMS de pasto por vaca en los tambos comerciales monitoreados, principalmente en el grupo BCP y durante las estaciones de invierno y otoño, fue el efecto de sustitución de pastura por suplemento. El beneficio de una mayor inclusión de pastura de cosecha directa en la dieta sobre el costo de alimentación en sistemas ACP permitió, a pesar de una menor producción de leche, igualar el margen económico logrado en sistemas con menor inclusión de pastura y mayor inclusión de suplementos. El resultado fue consistente en el análisis tanto a nivel individual (por vaca) como de sistema (en la hectárea). Esto refuerza la importancia de un manejo eficiente del pastoreo, aplicando la suplementación como una herramienta complementaria para equilibrar la dieta y no como un alimento aislado, desconectado del forraje ofrecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguerre M, Cajarville C, La Manna A, Cavestany D, Mattiauda D A, Carriquiry M, *et al.* (2017). Estrategias de alimentación en vacas lecheras en pastoreo: ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay?. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-57907.aspx> Fecha de consulta: 17 de marzo de 2019.

Allden W G, Whittaker I A (1970). The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Science* 21, 755–766.

Allen M S, Bradford B J, Oba M (2009). Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science* 87, 3317–3334. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1779>.

Allen M S, y Bradford B J, (2009). Strategies to Optimize Feed Intake in Lactating Cows (HOT). *WCDS Advanced Dairy Science and Technology* 21, 161–172.

Al-Marashdeh O, Gregorini P, Edwards G R (2016). Effect of time of maize silage supplementation on herbage intake, milk production, and nitrogen excretion of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99, 7123–7132. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10681>

AOAC, Association of Official Analytical Chemists 1997. Official methods of analysis, 17th edition, 3rd revision. Gaithersburg, MD, USA.

Arbeletche P, Carballo C (2009). La expansión agrícola en Uruguay: algunas de sus principales consecuencias. *Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario* 7–20.

Bargo F, Muller L D, Delahoy J E, Cassidy T W (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science* 85, 1777–1792. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74252-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5)

Bargo F, Muller L D, Kolver E S, Delahoy J E (2003). Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* 86, 1–42. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4)

Barrett P D, Laidlaw A S, Mayne C S, Christie H (2001). Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science* 56, 362–373. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00286.x>

Baudracco J, Lopez-Villalobos N, Holmes CW, Macdonald K A (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agriculture Research* 53, 109–133. <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>

Berretta E, Risso D, Montossi F, Pigurina G (2000). Campos in Uruguay. En: Lemaire, G., Hodgson J., de Moraes, A., Nabinger, C., de F. Carvalho, P. (Ed.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CABI, Wellingfor UK, pp. 377–394.

Bircham J, Hodgson, J (1983). The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science* 38, 323–331.

Cajarville C, Aguerre M, Repetto J L (2006). Rumen pH, NH₃-N concentration and forage degradation kinetics of cows grazing temperate pastures and supplemented with different sources of grain. *Animal Research* 55, 511–520. <https://doi.org/10.1051/animres:2006036>

Cajarville C, Britos A, Errandonea N, Gutiérrez L, Cozzolino D, Repetto J L (2015). Diurnal changes in water-soluble carbohydrate concentration in lucerne and tall fescue in autumn and the effects on in vitro fermentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 58, 281-291. <https://doi.org/10.1080/00288233.2015.1018391>

Cajarville C, Britos A, Garciarena D, Repetto J L (2012). Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology* 171, 14–19 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.016>

Camps G, Castro M, Boggiano P (2009). Revisión de la red de ensayos de evaluación de cultivares de especies forrajeras. *Resultados Experimentales*. La

Estanzuela, INASE-INIA-Facultad de Agronomía, 113 p. Disponible en: http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/fpta222.pdf Fecha de consulta: 27 de febrero del 2019.

Chilibroste P (2009). Incorporación de las TICs en el proceso de gestión, monitoreo y control de sistemas pastoriles de producción de leche. [s.n.], Facultad de Agronomía-Facultad de Ciencia-LART, 29 p. Disponible en: <http://www.spluy.com/documentos/proyectosejecutados/informeincorporaciondelastics.pdf> Fecha de consulta: 27 de febrero del 2019.

Chilibroste P (2015) Ruta de cambio técnico en la lechería uruguaya: rol de la carga, la producción individual, la cosecha de forraje, el uso de concentrados y la eficiencia de conversión. 3º Simpósio de Produção animal a pasto. Dois Vizinhos, Brasil, p. 123-139.

Chilibroste P, Battegazzore G, (2014). Proyecto Producción Competitiva. Montevideo, pp 31.

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, 328–338. <https://doi.org/10.1071/AN14484>

Chilibroste P, Gibb M J, Tamminga S (2005). Pasture Characteristics and Animal Performance. En: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. pp. 681–706.

Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S, Laborde D (2003). Proyecto Interacción Alimentación-Reproducción, Informe final 2003. Informe Técnico Área Producción Lechera y RR.CC., Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE), Montevideo, Uruguay, pp. 1-52.

Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S, Laborde D (2004b). Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales. 3. Consumo de forraje. *Revista Argentina de Producción Animal* 24, 364.

Chilibroste P, Ibarra D, Zibil S, Laborde D, (2004a). Monitoreo de vacas de parición de otoño en sistemas comerciales. 2. Condición de las pasturas. *Revista Argentina de Producción Animal* 24, 362.

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, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.001>

Chilibroste P, Soca P, Mattiauda D A, Bentancur O, Robinson P H (2007). Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47, 1075–1084.

Chilibroste P, Tamminga S, Boer H (1997). Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake, ingestive behaviour and dry-matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science* 52, 249–257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02355.x>

Chilibroste P, Tamminga S, Boer H, Gibb M J, den Dikken G (2000). Duration of regrowth of ryegrass (*Lolium perenne*) effects on grazing behavior, intake, rumen fill, and fermentation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83, 984–995. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74963-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74963-0)

CHILIBROSTE, P (2011). IFCN Dairy Report, International Farm Comparisson Network. Editorial: IFCN Dairy Research Center, Kiel. Co-editor y Co- autor. Vol: 1, pp. 210, Edición: 1. Disponible en: <https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2017/07/Dairy-Report-2011.pdf>

Cohen D C, Doyle P T, Stockdale C R, Wales W J (2000). Pasture allowance x pasture intake relationships: Victorian and overseas data. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 13, B119.

CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1990. *Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants*. East Melbourne, Victoria, Australia. CSIRO Publications.

Delagarde R, Peyraud J L, Delaby L, Faverdin P (2000). Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: Interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology* 84, 49–68. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00114-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00114-0)

Delagarde R, Prache S, d'Hour P, Petit M (2001). Ingestion de l'herbe par les ruminants au pâturage. *Fourrages* (166), 189-212.

Dillon P, Hennessy T, Shalloo L, Thorne F, Horan B (2008). Future outlook for the Irish dairy industry: A study of international competitiveness, influence of international trade reform and requirement for change. *International Journal of Dairy Technology* 61, 16–29. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00374.x>

Dillon P, Roche J R, Shalloo L, Horan B (2005). Optimising financial return from grazing in temperate pastures. Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. *Proc. a Satell. Work. XXth Int. Grassl. Congr. Cork, Ireland, July 2005*, 131–147.

Dixon R M, Stockdale C R (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 757–73.

Dohme-Meier F, Kaufmann L D, Görs S, Junghans P, Metges C C, Van Dorland H A, Bruckmaier R M, Münger A (2014). Comparison of energy expenditure, eating pattern and physical activity of grazing and zero-grazing dairy cows at different time points during lactation. *Livestock Science* 162, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.006>

Doyle P T, Stockdale C R, Wales W J, Walker G P, Heard J W (2001). Limits to and optimising of milk production and composition from pastures. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 13, 9–17.

Fariña S (2016). Desafíos futuros para los sistemas de producción de leche de Uruguay. *XLIV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay* 65–69.

Finneran E, Crosson P, O'Kiely P, Shalloo L, Forristal D, Wallace M (2010). Simulation Modelling of the Cost of Producing and Utilising Feeds for Ruminants. *Journal of Farm Management* 14, 95–116.

Fontaneli R S, Sollenberger L E, Littell R C, Staples C R (2005). Performance of lactating dairy cows managed on pasture-based or in freestall barn-feeding systems. *Journal of Dairy Science* 88, 1264–1276. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72793-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72793-4)

Forbes J M (1995). Voluntary intake: a limiting factor to production in high-yielding dairy cows?. *Breeding and Feeding the High Genetic Merit Dairy Cow* 19, 13-19. <https://doi.org/10.1017/S0263967X0003175X>

Forbes J M (2007). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2nd Edition. Wallingford, CABI, 453 p.

Forbes, T.D.A., 1988. Researching the Plant-Animal Interface: The investigation of Ingestive Behavior in Grazing Animals. *Journal of Animal Science* 66, 2369–2379.

Fraser A F, Broom D M (1990). *Farm animal behavior and welfare*. London: Balliere Tiddall. 3rd edition, 437 pp.

Fulkerson W J, Davison T M, Garcia S C, Hough G, Goddard M E, Dobos R, Blockey M (2008). Holstein-Friesian Dairy Cows Under a Predominantly Grazing System: Interaction Between Genotype and Environment. *Journal of Dairy Science* 91, 826–839. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0147>

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, 261–275. <https://doi.org/10.1071/EA00062>

Fulkerson W J, Neal J S, Clark C F, Horadagoda A, Nandra K S, Barchia I (2007). Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science* 107, 253–264. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.013>

Gibb M (2006). Grassland management with emphasis on grazing behaviour, in: Elgersma, A., Dijkstra, J., Tamminga, S. (Eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*. Springer, The Netherlands, pp. 141–157.

Gibb M J, Huckle C A, Nuthall R (1998). Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 53, 41–46. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.00102.x>

Gibb M J, Huckle C A, Nuthall R, Rook A J (1997). Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science* 52, 309–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02361.x>

Gibb M J, Huckle C A, Nuthall R, Rook A J (1999). The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 63, 269–287. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00014-3)

Grainger C, Mathews G L (1989). Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29, 355 – 360.

Gregorini P (2012). Diurnal grazing pattern: Its physiological basis and strategic management. *Animal Production Science* 52, 416-430. <https://doi.org/10.1071/AN11250>

Gregorini P, Clark C E F, Jago J G, Glassey C B, McLeod K L M, Romera A J (2009a). Restricting time at pasture: Effects on dairy cow herbage intake, foraging behavior, hunger-related hormones, and metabolite concentration during the first grazing session. *Journal of Dairy Science* 92, 4572–4580. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2322>

Gregorini P, Gunter S A, Beck P A (2008a). Matching plant and animal processes to alter nutrient supply in strip-grazed cattle: Timing of herbage and fasting allocation. *Journal of Animal Science* 86, 1006–1020. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0432>

Gregorini P, Soder K J, Kensinger R S (2009b). Effects of rumen fill on short-term ingestive behavior and circulating concentrations of ghrelin, insulin, and glucose of dairy cows foraging vegetative micro-swards. *Journal of Dairy Science* 92, 2095–2105. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1803>

Gregorini P, Soder K J, Sanderson M A (2008b). Case Study: A Snapshot in Time of Fatty Acids Composition of Grass Herbage as Affected by Time of Day. *Professional Animal Scientist* 24, 675–680. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30921-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30921-9)

Gregorini P, Soder K J, Sanderson M A, Ziegler G R (2009c). Toughness, particle size and chemical composition of meadow fescue (*Festuca pratensis* Hud.) herbage as affected by time of day. *Animal Feed Science and Technology* 151, 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.02.004>

Hafez E S E, Schein M W (1962). The behaviour of cattle. En: Behaviour of Domestic Ruminants, pp. 247–296 [ESE Hafez, editor]. London: Bailliere, Tindall and Cox Ltd.

Haydock K P, Shaw N H (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal Experimental Agriculture 15, 663-670

Hodgson J (1985). The control of herbage intake in the grazing ruminant. Proceedings of the Nutrition Society 44, 339–346.
<https://doi.org/10.1079/PNS19850054>

Hodgson J (1990). Grazing Management: Science into Practice. Long- man Scientific and Technical, Harlow, UK.

Holmes C W, Brookes I M, Garrick D J, Mackenzie D D S, Parkinson T J, Wilson G F (2002a). Feeding the herd: Growth and utilisation of pasture. En: Milk Production from Pasture. pp. 33–68.

Holmes C W, Brookes I.M., Garrick, D.J., Mackenzie, D.D.S., Parkinson, T.J., Wilson., G.F., 2002b. Milk production from pasture-HOLMES 2002-Cap.15 P. 263 C.pdf.

Holmes C W, Hoogendoorn C J, Ryan M P, Chu A C P (1992). Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 1. Milk production in early spring: effects of different regrowth intervals during the preceding winte. Grass and Forage Science 47, 309–315.

INALE (2017) Situación y perspectivas de la lechería uruguaya. Informes INALE N^a 16. Disponible en: <file:///C:/Users/Biblioteca/Downloads/revista-n16-edicion-2017-web.pdf>. Fecha de consulta: 24 de enero de 2018.

Kellaway R, Harrington T (2004). Feeding Concentrates: Supplements for Dairy Cows. CSIRO Publ., ed. Land- links Press, Collingwood, Australia.

Kellaway R, Porta S (1993). Factors affecting the response to supplementation. Feeding concentrates: Supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Ed. R. Hopkins, pp. 117-147. Australia.

Kennedy E, McEvoy M, Murphy J P, O'Donovan M (2009). Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior, and dry matter intake. *Journal of Dairy Science* 92, 168-176. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1091>

Kennedy J, Dillon P, Delaby L, Faverdin P, Stakelum G, Rath M (2003). Effect of Genetic Merit and Concentrate Supplementation on Grass Intake and Milk Production with Holstein Friesian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 86, 610–621. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73639-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73639-X)

Kolver E S (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society* 62, 291–300. <https://doi.org/10.1079/PNS2002200>

Kolver E S, Muller L D (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 81, 1403–1411. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75704-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2)

Kristensen T, Oudshoorn F, Munksgaard L, Sørensen K (2007). Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behaviour in dairy cows. *Animal* 1, 439–448. <https://doi.org/10.1017/S1751731107694117>

Laca E A, Ungar E D, 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science* 39, 3-19. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90011-6)

Laca E A, Ungar E D, Seligman N, Demment M W (1992). Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science* 47, 91–102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02251.x>

Leddin C M A, Stockdale C R A, Hill J B, Heard J W A, Doyle P T A (2010). Increasing amounts of crushed wheat fed with Persian clover herbage reduced ruminal pH and dietary fibre digestibility in lactating dairy cows. *Animal Production Science* 50, 837–846. DOI: 10.1071/AN09157

Leddin C M, Stockdale C R, Hill J, Heard J W, Doyle P T (2009). Increasing amounts of crushed wheat fed with pasture hay reduced dietary fiber digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 2747–2757. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1504>

Mattiauda D A, Tamminga S, Elizondo F, Chilbroste P (2003). Effect of the length and moment of the grazing session on milk production and composition of grazing dairy cows. En: Proceedings of the Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Universidad Autónoma de Yucatan, Yucatan, México, pp. 87–90.

Mattiauda D A, Tamminga S, Gibb M J, Soca P, Bentancur O, Chilbroste P (2013). Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: Ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science* 152, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.010>

Mayne C S, McGilloway D, Cushnahan A, Laidlaw S (1997). The effect of sward height and bulk density on herbage intake and grazing behaviour of dairy cows. En: *Animal Intake and Grazing Systems*. pp. 15–16.

McEvoy M, Kennedy E, Murphy J P, Boland T M, Delaby L, O'Donovan M (2008). The Effect of Herbage Allowance and Concentrate Supplementation on Milk Production Performance and Dry Matter Intake of Spring-Calving Dairy Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science* 91, 1258–1269. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0710>

McEvoy M, O'Donovan M, Kennedy E, Murphy J P, Delaby L, Boland T M (2009). Effect of pregrazing herbage mass and pasture allowance on the lactation performance of Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 414–422. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1313>

McGilloway D A, Cushnahan A, Laidlaw A S, Mayne C S, Kilpatrick D J (1999). The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science* 54, 116–126. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1999.00158.x>

Mezzalira J C, Bremm C, Da Trindade J K, Nabinger C, Carvalho P C F (2012). The Ingestive Behaviour of Cattle in Large-scale and Its Application to Pasture Management in Heterogeneous Pastoral Environments. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 909–916.

Mezzalira J C, Carvalho P C F, Fonseca L, Bremm C, Cangiano C, Gonda H L, Laca E A (2014). Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. *Applied Animal Behaviour Science* 153, 1-9.

MGAP-DIEA, 2011. Anuario Estadístico Agropecuario.
<http://www.mgap.gub.uy/dieaanterior/anuario2011/diea-anuario-2011-web.pdf>

MGAP-DIEA, 2018. Anuario Estadístico Agropecuario.
<Http://Www.Mgap.Gub.Uy/Sites/Default/Files/Diea-Anuario2017Web01a.Pdf> 214.
[https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00066-7)

NRC, 2001. Requirements of Dairy Cattle, Seventh Revised Edition, 2001, National Research Council Board on Agriculture and Natural Resources Committee on Animal Nutrition Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition.
<https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2011.06.003>

Oba M, Allen M S (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, 589-596. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9

Orr R J, Penning P D, Harvey A, Champion R A (1997). Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. *Appl. Animal Behaviour Science* 52, 65–77. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01120-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01120-3)

Orr R J, Rutter S M, Yarrow N H, Champion R A, Rook, A J (2004). Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. *Applied Animal Behaviour Science* 87, 205–222. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.01.009>

Patterson D M, McGilloway D A, Cushnahan A, Mayne, C S, Laidlaw, A S, 1998. Effect of duration of fasting period on short-term intake rates of lactating dairy cows. *Animal Science* 66, 299–305. <https://doi.org/10.1017/S1357729800009425>

Penno J W, Macdonald K A, Holmes C W, Davis S R, Wilson G F, Brookes I M, Thom, E R (2006). Responses to supplementation by dairy cows given low pasture allowances in different seasons 1. Pasture intake and substitution. *Animal Science* 82, 661–670. <https://doi.org/10.1079/ASC200675>

Pérez-Prieto L A, Peyraud J L, Delagarde R (2013). Does pre-grazing herbage mass really affect herbage intake and milk production of strip-grazing dairy cows? *Grass and Forage Science* 68, 93–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00876.x>

Pérez-Ramírez E, Delagarde R, Delaby L (2008). Herbage intake and behavioural adaptation of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding regimes. *Animal* 2, 1384–1392. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002486>

Peyraud J, Comeron E, Wade M, Lemaire G (1996). The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de Zootechnie* 45, 201–217. <https://doi.org/10.1051/animres:19960301>

Pulido R G, Ruiz-Albarrán M, Balocchi O A, Nannig P, Wittwer F (2015). Effect of timing of pasture allocation on production, behavior, rumen function, and metabolism of early lactating dairy cows during autumn. *Livestock Science* 177, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.04.002>

Reis R B, Combs D K (2000). Effects of Increasing Levels of Grain Supplementation on Rumen Environment and Lactation Performance of Dairy Cows Grazing Grass-Legume Pasture. *Journal of Dairy Science* 83, 2888-2898. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75189-7

Repetto J L, Cajaville C, Lessandro J D A, Urbelo A C, Oto C S, Arín D G (2005). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Animal research* 54, 73–80. <https://doi.org/10.1051/animres>

Roche J R, Blache D, Kay J K, Miller D R, Sheahan A J, Miller D W (2008). Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutrition Research Reviews* 21, 207. <https://doi.org/10.1017/S0954422408138744>

Sheahan A J, Boston R C, Roche J R (2013a). Diurnal patterns of grazing behavior and humoral factors in supplemented dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96, 7818–7829 <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6201>

Sheahan A J, Kay J K, Roche J R (2013b). Carbohydrate supplements and their effects on pasture dry matter intake, feeding behavior, and blood factors associated with intake regulation. *Journal of Dairy Science* 96, 1–12. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6981>

Sheahan A J, Kolver E S, Roche J R (2011). Genetic strain and diet effects on grazing behavior, pasture intake, and milk production. *Journal of Dairy Science* 94:3583–3591. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6981>

Soca P, González H, Manterola H, Bruni M, Mattiauda D, Chilbroste P, Gregorini P (2014). Effect of restricting time at pasture and concentrate supplementation on herbage intake, grazing behaviour and performance of lactating dairy cows. *Livestock Science* 170, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.07.011>

Soriano F D, Polan C E, Miller C N (2001). Supplementing pasture to lactating Holsteins fed a total mixed ration diet. *Journal of Dairy Science* 84, 2460–2468. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74696-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74696-6)

Stakelum G, Dillon P (2007). The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring / early summer on the performance of dairy cows in the summer / autumn period. *Irish Journal of Agricultural Food Research* 46, 29–46.

Stockdale C R (1999). The nutritive characteristics of herbage consumed by grazing dairy cows affect milk yield responses obtained from concentrate supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39, 379–387.

Stockdale C R (2000). Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40, 913–921. <https://doi.org/10.1071/EA97144>

Vaz Martins D (1997). Jornada Técnica sobre "Suplementación Estratégica para el Engorde de Ganado". (Mayo 1996: INIA La Estanzuela, Uruguay). 54 pp.

Walker G P, Stockdale C R, Wales W J, Doyle P T, Dellow D W (2001). Effect of level of grain supplementation on milk production responses of dairy cows in mid–late lactation when grazing irrigated pastures high in paspalum (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41, 1–11. <https://doi.org/10.1071/EA97144>

White S L, Benson G A, Washburn S P, Green J T (2002). Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science* 85, 95–104. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74058-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74058-7)

Wims C M, Deighton M H, Lewis E, Loughlin B O, Delaby, L, Boland T M, Donovan M O (2010). Effect of pregrazing herbage mass on methane production, dry matter intake, and milk production of grazing dairy cows during the mid-season period. *Journal of Dairy Science* 93, 4976–4985.

Zibil S, Zanoniani R, Bentancur O, Ernst O, Chilbroste P (2016). Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. Revista Agro Sur 44, 13-21.

ANEXO

Se anexa mail de recibo por parte de la revista ANIMAL del manuscrito denominado "Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management" y el cuerpo del manuscrito:

Noe MP <noemp21@gmail.com>

Receipt of ANIMAL manuscript

1 mensaje

Editorial Office <em@editorialmanager.com>

8 de marzo de 2019, 18:50

Responder a: Editorial Office <editorialoffice@animal-journal.eu>

Para: Maria Noel Mendez Pereira <noemp21@gmail.com>

Dear Mrs Mendez Pereira,

Thank you for submitting your manuscript entitled "Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management" to Animal: An International Journal of Animal Bioscience.

You will be able to check on the progress of your paper by logging in to Editorial Manager as an author at the following URL: <https://www.editorialmanager.com/animal/>.

Please note: Your manuscript will be pre-reviewed at submission. Articles that do not meet the standards of the journal will be returned to the authors for correction or rejected without further review.

Once the manuscript is ready for peer-review, you will receive an email with your manuscript reference number.

Thank you for submitting your work to Animal: An International Journal of Animal Bioscience.

Yours sincerely,

Editorial Office

Animal: An International Journal of Animal Bioscience

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/animal/login.asp?a=r>) Please contact the publication office if you have any questions.

Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management

M.N. Méndez ^{1,a}, P. Chilibroste ² and M. Aguerre ¹

¹ *Red Tecnológica Sectorial de Lechería, Magallanes 1871, CP 11800, Montevideo, Uruguay*

² *Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, EEMAC, Ruta 3 km 363, CP 60000, Paysandú, Uruguay*

Corresponding author: Maria Noel Méndez. Email: noemp21@gmail.com

Short title: Grazing and feeding management in commercial dairy systems

Abstract

We aimed to assess the major factors linked to feeding and grazing management in commercial dairy farms affecting pasture dry matter intake per cow (**DMI**) in the different seasons of the year. Fortnightly visits to commercial dairies were carried out between June 2016 and May 2017 to record individual milk production and price, supplement offered and price, pasture access time (PAT), herbage mass (HM) and allowance (HA). Dairy farms were categorized in two groups by pasture DMI, estimated by energy balance. Low pasture DMI group (**LPI**, N=8) was conformed by farms that achieved less than 7.0 kg DM/cow of pasture DMI per day, and high pasture DMI group (**HPI**, N=8) was conformed by farms that achieved more than 8.5 kg DM/cow per day. Despite a lower individual milk production in HPI than LPI (19.0 vs. 23.3 ± 0.7 l/cow, P<0.01), daily margin over feeding cost was not different between groups (3.07 vs.

2.93 ± 0.15 U\$S/cow for HPI and LPI, respectively). Both groups achieved lower pasture DMI (5.5 and 10.1 kgDM/cow for LPI and HPI, respectively) than the potential based on PAT, HM and HA (11.0±0.6 hours, 1738±178 kg DM/ha and 18.6±3.1 kg DM/cow per day, respectively). During autumn and winter HPI ingested more pasture than LPI (8.3 vs. 4.6 and 5.9 vs. 2.9 ±0.55 kg DM/cow per day respectively). High supplementation levels were observed at these seasons in both groups, although greater in LPI than HPI (14.7 vs. 9.7 ±0.7 kg DM supplement/cow per day respectively). Contrasting feeding strategies were observed for pasture and supplement DMI during spring and summer (13.1 vs. 7.3 ±0.5 and 4.0 vs. 11.4 ±0.4 kg DM/cow per day for the HPI and LPI group respectively), with higher PAT in both seasons (15.4 vs. 13.2 ±0.5 hr/day) and higher HA in HPI than LPI during summer (48.3 vs. 21.5 ±4.0 kg DM/cow per day respectively). During spring and summer, the HPI group made a tighter management of supplement offered with respect to HA, achieving a more efficient use of available pastoral resource than LPI group. As there was no grazing limiting condition for pasture harvesting in either group, the main factor affecting pasture DMI was a substitution effect of pasture by supplement.

Keywords: grazing management, pasture intake, supplementation, substitution, commercial dairy systems

Implications

This work attempt to define the major factors that determine individual pasture intake by cows in commercial dairies. The results demonstrate that farms could get a better benefit according to grazing conditions not only in spring and summer but also in winter and autumn. Pasture intake was limited by the substitution effect of supplements. Due

to high supplementation, dairies with greater individual milk production did not achieved higher economic profit. This reinforces the importance of an efficient grazing management, applying supplementation as a complementary tool to balance the diet and not as an isolated food, disconnected from the offered forage.

Introduction

The competitiveness of low input cost dairy production systems is generally supported by efficient use of pasture in the diets (Dillon *et al.*, 2005). Nonetheless, the relatively low dry matter (**DM**) and metabolizable energy (**ME**) content of pastures often constrains DM and ME intake and, therefore, milk production of high potential dairy cows (Kolver and Muller, 1998). At the same time, pasture growth rate, and therefore herbage production, vary among seasons and are limiting in some periods of the year (Penno *et al.*, 2006). Thus, pasture based dairy production systems generally increase supplementation of conserved forage and concentrate in order to ensure high DM and ME intake by cows all year. Efficiency of pasture and supplement use will often determine the success of pasture based dairy production systems.

Pasture DM intake (**DMI**) by cows depends on sward state (i.e. sward height, herbage mass), access time to grazing pasture, and herbage allowance (**HA**). Sward height and herbage mass (**HM**; kg DM/ha) determine bite mass (Laca *et al.*, 1992) and hence, intake rate (McGilloway *et al.*, 1999). At low sward height and mass (i.e. less than 18 cm and/or 1800 kg DM/ha at ground level) pasture DMI could be constrained by low bite mass (Chilibroste *et al.*, 2000). In contrast, tall swards or high HM (i.e. more than 30 cm and/or 4000 kg DM/ha) leads to heavy selective grazing behaviour, therefore reducing bite mass and intake rate (Mezzalana *et al.*, 2014). In general terms, if sward structure constrains bite mass, cows can compensate totally or partially by increasing

grazing time (Gibb *et al.*, 1999; Chilibraste *et al.*, 2000). In such circumstances, access time to grazing is a key factor influencing the quantity of forage harvested (Chilibraste *et al.*, 2015). If grazing time and sward structure are not limiting, a curvilinear relationship between DMI and HA has been reported (Peyraud *et al.*, 1996). According to Baudracco *et al.* (2010), to achieve maximum pasture DMI, HA should be equivalent to two to four-fold potential DMI. However, a high HA per cow could result in a low harvest efficiency and high amount of wasted pasture (Peyraud *et al.*, 1996; Holmes *et al.*, 2002), which could impair future pasture production (Stockdale, 2000).

Ingestive behaviour and consequently pasture DMI also depends on feeding motivation. The predominance of stimulatory or inhibitory signals of intake when starting a grazing session is determined by ruminal distension and/or nutritional deficit related to ME demand (Chilibraste *et al.*, 2007; Baudracco *et al.*, 2010). As ruminal fill increases, orexigenic signals become weaker (Gregorini *et al.*, 2009), consequently, pasture DMI is reduced because grazing time decreases (Stockdale, 2000). In addition, metabolites from hepatic oxidation of absorbed nutrients might act as inhibitory signals of intake (Allen, 2014). Thus the motivation to graze will decrease, and the substitution rate of pasture by supplements will increase as smaller were the relative ME deficit at the start of the grazing session (Allen, 2014). Moreover, although DM digestibility and total nutrient supply usually improve with supplementation (Dixon and Stockdale, 1999), inclusion of cereal grains in forage-based diets often reduce ruminal pH (Leddin *et al.*, 2010), fibre digestibility (Van Soest, 1994) and pasture intake (Elizalde *et al.*, 1999). The magnitude of these effects largely depends on supplementation levels (Dixon and Stockdale, 1999; Elizalde *et al.*, 1999). As the substitution rate increases, the productive response to supplementation decreases (Walker *et al.*, 2001). Ultimately, pasture DMI and animal response to feeding

management is not only explained by sward structure and pasture management but also by cow motivation to harvest forage.

Much of the information available in the literature was generated in short-term trials, under control conditions (i.e. mono-specific uniform swards) and with a low number of cows per treatment (Chilibroste *et al.*, 2015). The objective was to determine the main factors associated with pasture DMI per cow in commercial dairy systems in various seasonal herbage production scenarios. The hypothesis was that systems that have higher pasture DMI per cow have better conditions for grazing, in terms of pasture access time, herbage mass and allowance, and require lower amounts of supplement.

Material and methods

Study design

An exploratory study was completed between June 2016 and May 2017 using 28 commercial dairy farms situated in the traditional dairy areas of Uruguay. The criteria for selecting farms were to have a technical consultant who visited the farms periodically and keeps reliable records. Monitored dairy farms had in average 228 ± 201 (mean $\pm$ standard deviation) lactating cows, which weighed 563 ± 41 kg and grazed on upon 191 ± 127 hectares (haPP, grazing area for lactating cows). All systems studied had a high proportion of Holstein cows in the herd. Mean stocking rate was 1.28 ± 0.35 milking cow/haPP. In all systems, cows had access to grazing temperate pastures along all the year. Pastures were composed of a variety of species of grasses and legumes, with two to five of: lucerne (*Medicago sativa*), bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus*), red clover (*Trifolium pretense*), white clover (*Trifolium repens*), chicory (*Cichorium intybus*), tall fescue (*Festuca arundinacea*), brome grass (*Bromus catharticus*) and orchard grass (*Dactylis glomerata*). Annual species included ryegrass

(*Lolium perenne*), oat (*Avena sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Daily DMI per cow (annual average) for the 28 dairy farms was 7.5 ± 4.0 , 4.1 ± 3.2 and 5.8 ± 2.1 kg DM of grazed forage, conserved forage and concentrate, respectively. Mean daily milk production was 20.5 ± 4.3 litres, with 4.78 ± 0.12 , 3.78 ± 0.24 and 3.35 ± 0.12 percentage of lactose, fat and protein, respectively.

Data collection, measurements and estimates

Every two weeks each dairy farm was visited to collect data according to a pre-established protocol. In each visit the number of producing cows per herd, milk production, cows daily routine (i.e., time of access to grazing plots, feedbank, rest areas) and type, quantity and costs of supplement offered (i.e., concentrate and conserved forage as hay, haylage and silage) were recorded. Monthly data of milk composition (i.e., fat, protein, lactose) and milk price were obtained.

When cows had access to pasture a transect on each paddock to be grazed was walked to determine presence of pasture, bare soil or weeds every 10 meters. The HM (kg DM/ha) was determined visually with periodic calibration training in commercial establishments using the method of Haydock and Shaw (1975). Reference quadrants of paddocks representing high, medium and low herbage mass were cut and dried to estimate pasture mass. The size of the allocated paddock in each grazing session was measured and the area was adjusted by discounting the percentage of weeds and areas of bare soil. Daily HA per cow was established based on the average HM of the paddock and the instantaneous animal stocking rate (i.e., number of milking cows in the adjusted area).

Supplement intake was determined as the difference between offered and rejected feed at the feeder. Actual pasture DMI per day (kg DM/cow) was estimated based on

NRC (2001) and potential pasture DMI was estimated based on Baudracco *et al.* (2010). Pasture DMI according to NRC (2001) was determined as the amount of pasture necessary to supply the difference between net energy (NE) requirements and that provided by supplements in the diets. The average NE requirements of the cows were estimated as the sum of maintenance and milk production requirements, assuming no growth nor pregnancy requirements, and a balance between cows losing and gaining body weight (BW). Average BW data of the cows of each dairy farm were obtained by weighing culling cows taken to the slaughterhouse. Maintenance requirements were computed on the basis of 80 kcal of NE/kgBW^{0.75} (NRC, 2001), with an increase of 20% due to grazing activity (CSIRO, 1990). Production NE requirements were estimated considering the herd daily average of solids production by milking cows (NRC, 2001):

$$\text{NEL (Mcal/kg)} = 0.0929 \times \text{Fat \%} + 0.0547 \times \text{Crude Protein \%} + 0.0395 \times \text{Lactose \%}$$

The NE provided by supplements was estimated as the sum of NE supplied by the intake of each supplement in the diet. The NE density of pasture was adjusted based on the season of the year (1.45 Mcal/kg DM for autumn, winter and spring and 1.25 Mcal/kg DM for summer).

Potential pasture DMI per cow was estimated from HA using the equation of Baudracco *et al.* (2010) for dairy cows grazing without supplementation. It was determined when HA was greater than 5.3 (intercept) and less than 100 kg DM/cow per day:

$$\text{Pasture DMI} = 5.3216 + 0.3447 \times \text{HA} - 0.00220 \times \text{HA}^2 \quad (R^2 = 0.80; n = 49)$$

where HA is herbage allowance at ground level expressed as kg DM/cow per day. Differences between both pasture DMI estimates were determined for each visit as an indicator of feeding management efficiency (**FME**), where high difference between estimates indicate low FME and low difference between estimates indicate high FME.

Feed conversion efficiency (**CE**) was defined as feed DMI (pasture plus supplement) necessary to produce a litre of milk (**kg tot/l**). Concentrate CE was expressed both in grams of concentrate necessary to produce a litre of milk (**gconc/l**) and kilograms of concentrate per kilogram of solid (**kgconc/kgsolid**).

Nutrient concentration in the diets was determined considering the quantity and quality of each feed supplied to the cows at each visit. Samples of wet grains, haylages and silages from all the new batches used were analysed for DM by drying at 105°C to constant weight (Method 7.003; AOAC, 1997) in order to estimate the kilograms of DM daily offered to the cows. Crude protein (CP, %), neutral detergent fibre (NDF, %) and NE for lactation (NEL, MCal/kg DM) content of concentrate, supplement and total diet were calculated based on chemical composition tables (NRC, 2001). The margin over feeding costs was calculated for each of the visits as the difference between milk incomes and cost of the different components of the diet (i.e., grazed forage, conserved forage, concentrate).

Statistical analysis

The overall means of each variable studied were determined for each farm. In order to evaluate two contrasting groups of farms according to pasture DMI per cow (estimated by NE balance), only 16 of the 28 monitored dairy farms were compared. Farms that achieved a pasture DMI per cow less than 7.0 kg DM/d were classified as low pasture DMI per cow (**LPI**, N=8), and farms that achieved more than 8.5 kg DM/cow per day were considered as high pasture DMI per cow (**HPI**, N=8). Table 1 show a brief description of each of the 16 commercial dairy farms.

Data were analysed using the MIXED procedures of SAS Systems programme (SAS Institute Inc., Cary, NC) following the model:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + S_j + G_i * S_j + e_{ij}$$

Where: Y_{ij} is pasture DMI, μ is the population mean, G_i is the “group” (i = LPI or HPI) and S_j is the “season” (j = winter, spring, summer or autumn) fixed effects, $G_i * S_j$ is their interaction, and e_{ij} is the residual error term. Dairy farm was considered the experimental unit. Data obtained from fortnightly visits was analysed as repeated measures in time. Each season included at least six observations for all the variables. Data was analysed annually and by season (considering August, September and October as spring, November, December and January as summer, February, March and April as autumn and May, June and July as winter). Mean comparisons were performed by Tukey-Kramer analysis. On dairy farms that owned more than one herd of lactating cows, the variables of individual production and margin over feeding cost per cow were analysed as the average of all cow herds, while DMI, difference between estimates, HM, HA, time at pasture and feed conversion efficiency variables were analysed for the high-producing herd. Mean differences were considered significant at $P \leq 0.05$ and tendency when $0.05 < P \leq 0.10$. Results are presented as least square means $\pm$ standard error of the mean (SEM).

Results

Table 2 presents feed intake per cow, grazing management characteristics, milk production, feed conversion efficiency, margin over feeding cost and diet composition of dairy farms with low ($N=8$) or high ($N=8$) individual pasture DMI classification by year and by season. All the variables, except feed CE in gDM concentrate/l milk, were affected by season. Grazed forage and conserved forage DMI was also affected by group ($P < 0.01$) and group*season interaction ($P \leq 0.05$). Cows of HPI group graze on average +4.6 kg DM per day more than cows of LPI group. The greatest herbage DMI

differences between groups were observed in summer and spring (+6.7 and +4.9 more kg DM/cow per day in HPI than LPI group for summer and spring, respectively; $P<0.01$). The lowest DMI differences between groups were observed in winter and autumn (+3.0 and +3.8 more kg DM/cow per day in HPI than LPI group for winter and autumn respectively; $P<0.01$). With regard to conserved forage DMI, HPI group cows ate on average -2.7 kg DM per day less conserved forage than cows on LPI group. The greatest conserved forage DMI differences between groups were observed in summer and spring (-3.9 and -3.2 kg DM/cow per day less in the HPI than LPI group, summer and spring respectively, $P<0.01$) and the lowest DMI differences were observed in winter and autumn (1.4 and 2.2 kg DM/cow per day less in the HPI than LPI group, winter and autumn respectively, $P\leq 0.06$). Concentrate DMI was affected by group ($P<0.01$) and season ($P<0.01$), with no group*season interaction effect. Cows of HPI group ate 3.5 kg DM/cow per day less concentrate than LPI group cows ($P<0.01$). Concentrate DMI was higher in winter than in the other seasons ($P<0.01$). During spring, summer and autumn cows ate similar amount of concentrate.

There was a group*season interaction effect on time at pasture ($P=0.03$), with no differences between groups neither in autumn nor in winter, but with a greater time at pasture in the HPI group in spring ($P=0.02$) and summer ($P<0.01$). An effect of the season on HM was observed ($P<0.01$), with no group neither group*season interaction effect. Herbage mass in autumn was similar than in winter and both were lower ($P<0.01$) than in spring and summer (similar to each other). Herbage allowance was affected by season of the year ($P<0.01$), group ($P=0.01$) and their interaction ($P<0.01$). Daily HA differences between groups in the year was explained by a higher summer daily HA in the HPI than in the LPI group ($P<0.01$). A tendency for lower winter daily

HA in the HPI than LPI group ($P=0.10$) was observed, and no differences between groups in spring and autumn daily HA were detected.

Figure 2 show the variations in the FME (difference between pasture DMI estimated by energy balance and HA) in each season of the year for the LPI and HPI group. Feed management efficiency was affected by season of the year ($4.7, 3.9, 5.5$ and 6.8 ± 0.42 kg DM/cow per day in spring, summer, autumn and winter respectively, $P<0.01$) and group (6.9 vs. 3.6 ± 0.3 kg DM/cow for LPI and HPI respectively, $P<0.01$), without group*season interaction effect. For both groups, the worst FME was observed in winter ($P<0.01$) and the best FME occurred during summer. Spring FME was intermediate between summer and autumn. The smallest differences between groups in FME were observed in autumn and winter ($P<0.01$), while the highest differences in FME between groups were observed during spring and summer ($P<0.01$). The best FME was detected in the HPI group during summer (lowest differences between pasture DMI estimates; Figure 2).

Neither milk production nor milk composition was affected by group*season interaction. Group and season affected milk production, protein and lactose content, while fat content was only affected by season (Table 2). Daily milk production in winter (21.8 ± 0.57 l/cow) was intermediate between spring and summer (22.3 and 20.9 ± 0.57 l/cow, $P<0.01$), and higher than autumn (19.5 ± 0.57 l/cow, $P<0.01$). Cows of the LPI group produced more milk with similar fat and higher protein and lactose concentration than cows of the HPI group. As a consequence, energy excreted in milk was higher in animals of the LPI than the HPI group (Table 2).

Despite the LPI group had higher feed CE (kg tot/l) than cows in the HPI group ($P<0.01$), concentrate CE expressed both in g conc/l and kg conc/kg solid were lower in the LPI than in the HPI cows ($P<0.01$). Feed CE was also affected by season ($P<0.01$)

and group*season interaction ($P<0.01$), with winter feed CE being similar to spring (0.80 ± 0.01 kgtot/l), and autumn feed CE being similar to summer (0.90 ± 0.01 kgtot/l), with more accentuated differences between groups during autumn and summer than during winter and spring (table 2). Concentrate CE expressed as gconc/l was not affected by season neither group*season interaction, while CE expressed as kgconc/kgsolid was influenced by season ($P<0.01$) and tended to be influenced by group*season interaction ($P=0.09$). The HPI group was more efficient than the LPI group converting concentrate to milk in spring and summer ($P<0.01$) but similar in autumn and winter.

There were no differences in the margin over feeding cost per cow between groups under the price scenario registered in the monitoring period. It was affected by season ($P<0.01$), with autumn (2.86 ± 0.14 U\$/cow per day) similar to summer (3.13 ± 0.15 U\$/cow per day) and different from winter and spring (2.56 ± 0.15 and 3.45 ± 0.14 U\$/cow per day respectively, $P<0.05$), and tended to be affected by group*season interaction ($P=0.08$), with no differences between groups in margin over feeding costs during autumn, winter and spring, but a tendency for higher margin in the HPI than LPI group during summer (3.41 vs. 2.84 ± 0.21 U\$/cow per day respectively, $P=0.07$).

No differences were detected in supplement energy and NDF concentration between groups (Table 2). However, the HPI group offered lower supplemental concentration of CP than the LPI group. In accordance with higher levels of supplement in the diet, the total diet of LPI had greater concentrations of energy and less concentrations of NDF than diets of HPI. No differences in CP concentration in the total diet offered were detected between groups (Table 2).

Discussion

The present work attempts to understand which of the multiple factors that influence pasture intake have the greatest impact on pastoral commercial dairy systems in the different seasons of the year. The conformed groups clearly denote two different productive strategies, systems that aimed for a higher yield per cow based on a greater supplementation level (LPI group) versus systems that aimed to produce under a limited amount of supplement and controlled feeding cost (HPI group). The higher milk production and feed conversion efficiency (kg tot/l) in the LPI group was coherent with a higher concentrate DMI and therefore a higher energy and lower NDF content per kilogram of total DM (Reis and Combs, 2000). The LPI group systems balanced supplement CP concentration to pasture contribution, achieving similar total diet CP content than the HPI group and reaching the recommended CP levels for high milk production (15%; NRC, 2001). However, concentrate to milk conversion efficiency (both g conc/l and kg conc/kg solid) was lower in the LPI group. As supplementation costs highly exceed pasture feeding costs, the lower concentrate CE did not allow the LPI group to enhance economic profit, what subject these systems to an increased risk to concentrate price increases. Therefore, systems with a greater inclusion of pasture in the diet equalled the economic margin achieved by systems with more milk production per cow, as reported in previous studies (White *et al.*, 2002; Fontaneli *et al.*, 2005).

In both groups, although at different intensities, pasture DMI was conditioned by supplementation level and not by grazing management, since cows could have harvested higher amounts of pasture according to sward structure (HM), pasture access time and HA (Baudracco *et al.*, 2010; Chilibroste *et al.*, 2015). Differences in grazing and feeding management between both groups varied along the different seasons of the year, so they will be discussed separately in the next sections.

Autumn-winter

During moments of the year of less pasture growth rate (winter and autumn), grazing management and supplementation level were less contrasting between groups than in those times when pasture growth accelerates (spring and summer). Moreover, both groups achieved worst FME in winter and autumn indicating a disconnection between grazing management (i.e. HA) and supplement level offered. In fact, this situation occurred in a context of high levels of supplementation, although under satisfactory conditions for a high pasture harvest by cows, as grazing access time, herbage mass and allowance would allow an intake of 10.5 kg DM/cow per day (Baudracco *et al.*, 2010). Supplementation causes negative associative effects with pasture (Dixon and Stockdale, 1999), affecting rumen environment and digestibility (Bargo *et al.*, 2002; Leddin *et al.*, 2010), while generating metabolic (Allen, 2014) and neuroendocrine signals (Gregorini *et al.*, 2009; Sheahan *et al.*, 2013) that have hypophagic effects. These mechanisms could have an impact on the ingestive behaviour of animals, resulting in less time spent in grazing activity, leading to substitution of pasture by supplement intake as reported by Bargo *et al.* (2002).

The high levels of supplementation in times where forage growth decreases or stops, in open-sky productive systems is highly influenced by climatic conditions. In times of rainfalls and soil flooding the inclusion of high amount of supplement in the diet could be a consequence of a stability criterion that attempts to achieve a less fluctuating diet, while protecting pastures from trampling, for greater persistence. In fact, according to the value of the historical median (INIA-GRAS, 2018) autumn and winter of 2016 were particularly rainy seasons, exceeding by 400 mm the rainfall that occurs in the March-August semester. This could be a reason why neither of the two groups was efficient

harvesting pasture in winter (HA was almost five times greater than achieved pasture DMI). Pasture utilization and FME during autumn 2017, with precipitation levels within normal values, were higher than in winter 2016. Additionally, pasture utilization and FME differences between groups were higher in autumn than winter, in accordance with the greater differences observed in pasture and conserved forage intake between HPI and LPI.

Spring-summer

In the moments of the year where there was active forage growth and better climatic conditions for intensive pasture management, we recorded the highest contrast in pasture DMI per cow, supplementation levels and FME between the LPI and HPI groups. Although both groups decreased supplement DMI in spring and summer with respect to winter and autumn, the LPI group only reduced supplement supply by 22%, while the HPI group reduced supplement by 59% in these seasons, even with a lower supplementation base in autumn and winter. This would indicate that pasture substitution by supplement continued to cause low pasture DMI in the LPI group.

A contrasting HM of 2353 vs. 3037 ± 184 kg DM/ha for the HPI and LPI group during spring, although not significant, could mean that the animals of the LPI group faced a lower quality pasture (Stakelum and Dillon, 2007; Wims *et al.*, 2010), impairing ingestion rate and pasture DMI (Fulkerson and Donaghy, 2001; McEvoy *et al.*, 2009; Mezzalira *et al.*, 2014).

During summer, differences in pasture DMI between groups were even more contrasting than in spring. Annually differences in HA between groups were explained by summer differences in HA between groups. Notwithstanding, the high HA observed in the HPI group was complemented by a key reduction in conserved forage DMI, and

a higher time at pasture than in the LPI group; achieving the highest daily pasture DMI and FME of the year. It should be considered that a greater extent of the forage grazed at this season were tropical grass species, which contain lower energetic concentration (NRC, 2001), and require a different grazing management with respect to temperate pastures. In both seasons, HPI group systems made a good pastoral resource exploitation, achieving pasture DMI values close to their potential according to HA. While, LPI group systems demonstrated a lack of control over pasture management and its combination with supplementation.

Conclusions

According to this study, although there were higher opportunities to graze in spring and summer, conditions for large amounts of grazed pasture were given in autumn and winter as well. At these latter seasons, differences between groups were less contrasting, meaning that both groups misspent available pasture. Instead, during spring and summer, with similar sward condition (HM) for pasture harvest than LPI, HPI made a tighter management of supplement offered with respect to HA, and gave more pasture access time, achieving a higher pasture DMI and therefore a more efficient use of available pastoral resource. The major issue that provoked the low pasture DMI per cow in the monitored commercial dairy farms, mainly in the LPI group and during winter and autumn seasons, was pasture by supplement substitution effect. The benefit of greater inclusion of direct-harvested pastures in the diet over the feeding cost in the HPI group allowed to equalize the economic margin achieved in systems with less inclusion of grass and more supplements, in spite of the greater individual milk production. This reinforces the importance of an efficient grazing management,

applying supplementation as a complementary tool to balance the diet and not as an isolated food, disconnected from the offered forage.

Acknowledgements

This work was supported by ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación) with the project numbers RTS_1_2014_1 and POS_NAC_2016_1_130671. The authors thank the research agency for supporting the project and funding the postgraduate scholarship awarded to M.N. Méndez. Special thanks should be given to Ph.D. Peter Robinson for his valuable contribution on this paper. The authors would also like to thank agricultural engineer Santiago Torterolo for his participation in the monitoring of the dairy farms.

Declaration of interest

The authors declare that there is no conflict of interest that could be perceived as prejudicing the impartiality of the research reported.

Software and data repository resources

Data is not deposited in an official repository.

References

- Allen MS 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science* 54, 1513–1524.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists 1997. *Official methods of analysis*, 17th edition, 3rd revision. Gaithersburg, MD, USA.

- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science* 85, 1777–1792.
- Baudracco J, Lopez-Villalobos N, Holmes CW, Macdonald KA 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53, 109–133.
- Chilibroste P, Gibb MJ, Soca P, Mattiauda DA 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science* 55, 328–338.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA, Bentancur O, Robinson PH 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47, 1075–1084.
- Chilibroste P, Tamminga S, Boer H, Gibb MJ, den Dikken G 2000. Duration of regrowth of ryegrass (*Lolium perenne*) effects on grazing behaviour, intake, rumen fill, and fermentation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83, 984–995.
- CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1990. Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants. East Melbourne, Victoria, Australia. CSIRO Publications.
- Dillon P, Roche JR, Shalloo L, Horan B 2005. Optimising financial return from grazing in temperate pastures. Paper presented at the nature of the Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, July 2005, Cork, Ireland, 131–148.
- Dixon RM, Stockdale CR 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 757–773.

- Elizalde JC, Merchen NR, Faulkner DB 1999. Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fibre, and starch. *Journal of Animal Science* 77, 457–466.
- Fontaneli RS, Sollenberger LE, Littell RC, Staples CR 2005. Performance of lactating dairy cows managed on pasture-based or in freestall barn-feeding systems. *Journal of Dairy Science* 88, 1264–1276.
- Fulkerson WJ, Donaghy DJ 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41, 261–275.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 63, 269–287.
- Gregorini P, Soder KJ, Kensinger RS, 2009. Effects of rumen fill on short-term ingestive behaviour and circulating concentrations of ghrelin, insulin, and glucose of dairy cows foraging vegetative micro-swards. *Journal of Dairy Science* 92, 2095–2105.
- Haydock KP, Shaw NH, 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 15, 663–670.
- Holmes CW, Brookes IM, Garrick DJ, Mackenzie DDS, Parkinson TJ, Wilson GF 2002. Feeding the herd: Management of feed demand in the pastoral dairy farm system. In *Milk Production from Pasture*. Massey University, Palmerston North, pp. 33–68.
- INIA-GRAS, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - Unidad de Agro-clima y Sistemas de información. Síntesis de la situación agroclimática. Retrieved on 5th January 2019, from <http://www.inia.uy/gras/Clima/informes-agroclim%C3%A1ticos>
- Kolver ES, Muller LD 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 81, 1403–1411.

- Laca EA, Ungar ED, Seligman N, Demment MW 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass Forage Science* 47, 91–102.
- Leddin CMA, Stockdale CRA, Hill JB, Heard JWA, Doyle PTA 2010. Increasing amounts of crushed wheat fed with Persian clover herbage reduced ruminal pH and dietary fibre digestibility in lactating dairy cows. *Animal Production Science* 50, 837–846.
- McEvoy M, O'Donovan M, Kennedy E, Murphy JP, Delaby L, Boland TM 2009. Effect of pregrazing herbage mass and pasture allowance on the lactation performance of Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 414–422.
- Mezzalana JC, De Faccio Carvalho PC, Fonseca L, Bremm C, Cangiano C, Gonda HL, Laca EA 2014. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. *Applied Animal Behaviour Science* 153, 1–9.
- NRC, National Research Council 2001. *Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition.* National Academy of Sciences. Washington, DC.
- Penno JW, Macdonald KA, Holmes CW, Davis SR, Wilson GF, Brookes IM, Thom ER 2006. Responses to supplementation by dairy cows given low pasture allowances in different seasons 1. Pasture intake and substitution. *Animal Science* 82, 661–670.
- Peyraud JL, Comeron EA, Wade MH, Lemaire G 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de Zootechnie INRA/EDP Sciences*, 45, 201–217.
- Reis RB, Combs DK 2000. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83, 2888–2898. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75189-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75189-7)
- Sheahan AJ, Kay JK, Roche JR 2013. Carbohydrate supplements and their effects on pasture dry matter intake, feeding behaviour, and blood factors associated with intake regulation. *Journal of Dairy Science* 96, 1–12.

- Stakelum G, Dillon P 2007. The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring/early summer on subsequent sward characteristics. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 46, 15–28.
- Stockdale CR, 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40, 913–921.
- Van Soest PJ, 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ed. Cornell University Press. 2nd ed. New York.
- Walker GP, Stockdale CR, Wales WJ, Doyle PT, Dellow DW 2001. Effect of level of grain supplementation on milk production responses of dairy cows in mid–late lactation when grazing irrigated pastures high in paspalum (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41, 1–11. <https://doi.org/10.1071/EA97144>
- White SL, Benson GA, Washburn SP, Green JT 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science* 85, 95–104.
- Wims CM, Deighton MH, Lewis E, Loughlin BO, Delaby L, Boland TM, Donovan MO 2010. Effect of pregrazing herbage mass on methane production, dry matter intake, and milk production of grazing dairy cows during the mid-season period 1. *Journal of Dairy Science* 93, 4976–4985.

Table 1 *Some characteristics of the 16 commercial dairy farms utilized*

Group	Farm	Number of lactating cows	Body weight (kg)	Hectares ²	Stocking rate ³	Number of herds
HPI¹						
	1	94	550	108	0.87	1
	2	88	580	59	1.50	1
	3	113	650	91	1.24	1
	4	172	550	161	1.07	1
	5	149	500	168	0.88	1
	6	104	520	100	1.04	1
	7	166	570	137	1.21	2
	8	68	550	59	1.17	1
LPI¹						
	9	144	600	94	1.54	1
	10	117	550	87	1.34	1
	11	167	500	148	1.12	1
	12	358	590	302	1.19	3
	13	186	550	147	1.27	2
	14	202	600	104	1.94	1
	15	701	620	499	1.41	3
	16	783	585	642	1.22	3

¹From the monitoring carried out in 28 farms from the dairy basin of Uruguay, those dairy farms with the most contrasting forage intake were selected and compared as systems with high (HPI, N=8) and low (LPI, N=8) forage intake per cow.

²Grazing area for lactating cows (grazing platform)

³Number of lactating cows per hectare of grazing platform

1 **Table 2** Feed intake per cow, grazing management characteristics, milk production per cow, feed conversion efficiency, margin over feeding cost
2 and diet composition by year and by season in the 16 commercial dairy farms according to pasture intake classification¹

	Year		Autumn (A)		Winter (W)		Spring (Sp)		Summer (Su)		SEM	P-value		
	LPI	HPI	LPI	HPI	LPI	HPI	LPI	HPI	LPI	HPI		Group	Season	Group x season
Feed intake per day (kgDM/cow)														
Total	19.0	17.3	18.3	16.7	19.2	16.4	18.9	17.3	19.7	18.6	0.37	<0.01	<0.01	0.12
Grazed Forage ²	5.5	10.1	4.6 ^b	8.4 ^a	2.9 ^b	5.9 ^a	7.6 ^b	12.5 ^a	7.0 ^b	13.7 ^a	0.55	<0.01	<0.01	<0.01
Conserved Forage	4.9	2.2	5.2 ^a	3.0 ^b	7.3	5.9	3.2 ^a	0.0 ^b	4.0 ^a	0.1 ^b	0.42	<0.01	<0.01	0.05
Concentrate	7.1	3.6	6.3	3.2	7.8	4.7	7.2	3.2	7.1	3.3	0.38	<0.01	<0.01	0.45
Grazing management														
Time at pasture (hour)	12.3	13.0	12.3	11.7	10.3	9.6	14.4 ^b	16.3 ^a	12.1 ^b	14.5 ^a	0.63	0.14	<0.01	0.03
Herbage mass (kgDM/ha)	2398	2208	1827	1717	1817	1589	3037	2354	2909	3171	178	0.16	<0.01	0.13
Herbage allowance (kgDM/cow)	23.2	29.4	15.8	17.1	23.8 ^x	17.8 ^z	31.8	34.6	21.5 ^b	48.3 ^a	3.1	0.01	<0.01	<0.01
Milk production per day														
l/cow	23.3	19.0	21.9	17.1	24.0	19.7	24.6	20.1	22.7	19.1	0.80	<0.01	<0.01	0.74
Fat (%)	3.73	3.81	3.83	3.81	3.82	3.81	3.53	3.65	3.66	3.86	0.07	0.35	<0.01	0.16
Protein (%)	3.39	3.30	3.40	3.35	3.39	3.29	3.36	3.24	3.41	3.31	0.03	0.01	<0.01	0.19
Lactose (%)	4.80	4.75	4.68	4.59	4.85	4.85	4.87	4.82	4.87	4.82	0.02	0.03	<0.01	0.09
Mcal NEL/cow	16.7	13.7	15.9	12.5	17.5	14.3	17.2	14.2	16.2	13.9	0.55	<0.01	<0.01	0.57
Feed conversion efficiency														
kgDM total feed / l milk	0.79	0.90	0.83 ^b	0.97 ^a	0.78 ^b	0.84 ^a	0.74 ^b	0.85 ^a	0.82 ^b	0.97 ^a	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
gDM concentrate / l milk	283	204	267	208	317	258	263	164	285	184	15	<0.01	0.24	0.58
kgDM concentrate / kg solid	3.80	2.82	3.26	2.68	4.11	3.62	3.79 ^a	2.39 ^b	4.05 ^a	2.59 ^b	0.24	<0.01	<0.01	0.09
Margin over feeding cost per day (U\$/VM)	2.93	3.07	3.03	2.69	2.54	2.59	3.33	3.57	2.84 ^z	3.41 ^x	0.21	0.53	<0.01	0.08
Chemical composition														
Supplement offered														
Energy (Mcal NEL/kg DM)	1.60	1.63	1.59	1.57	1.55	1.54	1.65	1.72	1.62	1.70	0.03	0.39	<0.01	0.28
CP (%DM)	14.4	12.0	14.8 ^a	11.9 ^b	13.3 ^a	10.8 ^b	14.7 ^a	11.7 ^b	14.7	13.6	0.49	<0.01	<0.01	0.06
NDF (%DM)	35.7	36.7	37.7	36.0	37.9 ^b	47.2 ^a	32.9	35.0	34.1	28.6	2.17	0.60	<0.01	<0.01
Total diet offered														
Energy (Mcal NEL/kg DM)	1.55	1.49	1.54 ^a	1.44 ^b	1.56	1.55	1.59	1.55	1.50 ^a	1.41 ^b	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
CP (%DM)	15.4	15.0	15.3	14.2	14.8	14.6	16.6	16.9	14.7	14.4	0.38	0.31	<0.01	0.23
NDF (%DM)	40.5	47.0	40.4	46.3	39.4	46.3	38.7	43.9	43.5	51.4	1.11	<0.01	<0.01	0.60

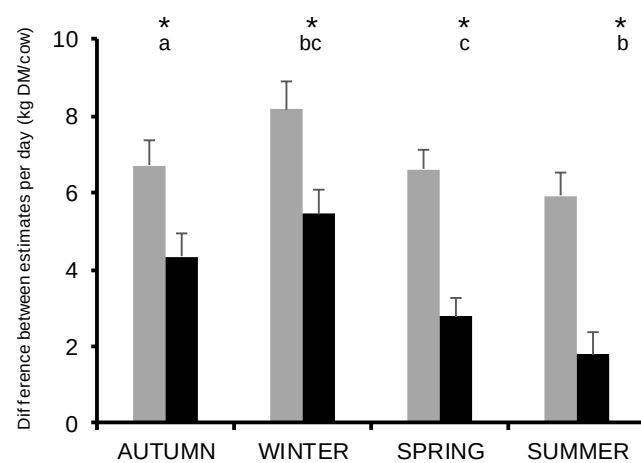
3 ¹From the monitoring carried out in 28 farms from the dairy areas of Uruguay, those dairy farms with the most contrasting pasture intake were selected and compared as systems with high (N=8) or low (N=8) pasture intake per cow.

²Pasture DMI estimated by energy balance (NRC, 2001).

a,b means within season with different superscripts differ (P<0.05)

Figure captions

Figure 1 Mean ($\pm$ SE) of difference between pasture DMI estimated by energy balance (NRC, 2001) and considering herbage allowance per cow in accordance with Baudracco *et al.* (2010), for the low () and high () pasture intake groups, according to the season of the year. Asterisks indicates significant differences between groups ($P \leq 0.01$). Letters a, b and c indicates significant differences between seasons ($P \leq 0.05$). Difference between both pasture DMI estimates were determined for each visit as an indicator of efficiency of feeding management (**FME**); high difference between estimates indicate low FME, while low difference between estimates indicate high FME.



ACTA DE EXAMEN

CURSO: Defensa de Tesis de Maestría

LUGAR Y FECHA DE LA DEFENSA: Montevideo, 5 de abril de 2019

Tribunal: Dra. Mariana Carriquiry (Presidente), Dr. Santiago Fariña, Dr. Diego Mattiauda

CI ESTUDIANTE	NOMBRE	CALIFICACIÓN	NOTA
4.471.975-8	MÉNDEZ PEREIRA, María Noel	SS	12

PRESENTADOS	NO PRESENTADOS	APROBADOS	APLAZADOS	INSCRIPTOS
1	0	1	0	1

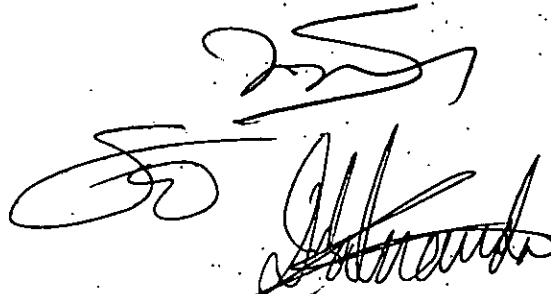
TRIBUNAL

Dra. Mariana Carriquiry (Presidente)

Dr. Santiago Fariña

Dr. Diego Mattiauda

FIRMA



NOTA: Las calificaciones de aprobación de la Tesis de Maestría pueden ser:
B.B.B. - 6 , o S.S.S. - 12



FACULTAD DE VETERINARIA
Programa de Posgrados

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

DE MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DE RUMIANTES

**"CONSUMO DE PASTURA EN SISTEMAS COMERCIALES DE
PRODUCCIÓN DE LECHE: EFECTO DEL MANEJO DEL
PASTOREO Y LA SUPLEMENTACIÓN"**

Por: Dra. María Noel Méndez Pereira

Director de Tesis: Dr. Martín Aguerre
Codirector de Tesis: Dr. Pablo Chilbroste

Tribunal

Presidente: Dra. Mariana Carriquiry

Segundo Miembro: Dr. Santiago Fariña

Tercer Miembro: Dr. Diego Mattiauda

Fallo del Tribunal: Aprobada con mención (SSS)

Salón de Posgrados
Viernes 5 de abril de 2019

El Fallo de aprobación de la Tesis puede ser: Aprobada (corresponde a la nota BBB- en el Acta), o Aprobada con Mención (corresponde a la nota SSS- 12 en el Acta)

rebat