

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE
BOVINA Y OVINA A PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN DEVON,
REINO UNIDO**

POR

MARTA ANDREA MARTIN BÓRQUEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN, CHILE
2023**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS DE INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE
BOVINA Y OVINA A PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN DEVON,
REINO UNIDO**

POR

MARTA ANDREA MARTIN BÓRQUEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

CONCEPCIÓN, CHILE

2023

Aprobada por:

Profesor Asistente, Verónica Merino P.
Ing. Agrónomo, Dr.

Guía

Senior Research Scientist, M. Jordana Rivero V.
Ing. Agrónoma, Dr.

Guía externo

Profesor Asociado, Marcelo Doussoulin G.
Ing. Agrónomo, Mg. Sc., Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Jorge Campos P.
Profesor de Est. en Mat., Mg. Ecs., Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Sc.

Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen	1
Summary	2
Introducción	2
Materiales y Métodos.....	4
Resultados y Discusión.....	10
Conclusiones.....	20
Referencias.....	20
Anexos.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Identificación del sitio de estudio	5
Tabla 1	Temperatura mensual promedio (Temp) y pluviometría (Pluv) mensual en el período de pastoreo.....	5
Tabla 2	Porcentajes de peso vivo (% PV) utilizado para estimar el consumo diario de praderas en ovejas y corderos, según estado fisiológico (ovejas) y edad (corderos).....	10
Tabla 3	Composición botánica de las praderas a pastoreo evaluada como porcentaje de presencia	12
Tabla 4	Composición química promedio de las praderas pastoreadas por bovinos y ovinos en los distintos tratamientos durante el período en estudio	13
Tabla 5	Productividad promedio de las diferentes categorías de animales de los distintos tratamientos	15
Tabla 6	Producción de fitomasa de las praderas en los distintos tratamientos estimada a partir de la cantidad de material seco (MS) consumida por los animales a pastoreo y de la cantidad cosechada para ensilaje.....	19

PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA Y OVINA A PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN DEVON, REINO UNIDO

PRODUCTIVITY OF INTENSIVE PRODUCTION SYSTEMS OF BOVINE AND OVINE MEAT IN PERMANENT PASTURES IN DEVON, UNITED KINGDOM

Palabras índices adicionales: Producción de forraje, ganancia de peso, ballica perenne alta en azúcares.

RESUMEN

Una forma de aumentar el aporte energético para los animales en sistemas pastoriles es el uso de cultivares forrajeros de ballica perenne (*Lolium perenne* L.; BP) con alto contenido de azúcares. Con datos obtenidos por Rothamsted Research, se comparó la ganancia diaria de peso de bovinos de carne y ovinos, y la producción de materia seca (MS) en el período de pastoreo, en praderas naturalizadas (NAT) y praderas con cultivar de BP alto en azúcares; puras (BAA) y en mezcla con trébol blanco (*Trifolium repens* L.; TB) (MIX). La ganancia diaria de peso se estimó a partir de los pesos vivos de los animales, y la producción de MS de las praderas se determinó a partir de la estimación de MS consumida por los animales y del excedente de forraje cosechado para ensilaje. Las praderas del tratamiento MIX permitieron la mayor ganancia diaria de peso en todas las categorías de animales, con un promedio de 0,97 kg día⁻¹ en bovinos y de 0,19 kg día⁻¹ en corderos, mientras que las praderas del tratamiento NAT produjeron una cantidad de MS 8% superior al tratamiento MIX y 20% al tratamiento BAA. Se concluye que, en los sistemas de producción de rumiantes a pastoreo en Devon, se obtienen mayores ganancias diarias de peso en animales que consumen praderas mixtas de cultivares de BP ricos en azúcar con TB, y que las praderas naturalizadas producen mayor cantidad de MS.

SUMMARY

One way to increase energy input from pastoral systems, is the use of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L., PR) with high sugar content. Using the data obtained from Rothamsted Research, we compared the daily animal body weight gain on beef cattle and sheep, and the dry matter (DM) production over the grazing period, on naturalized pastures (NAT), pure pastures with high sugar PR (BAA) and with white clover (*Trifolium repens* L., WC) (MIX). The daily body weight gain was estimated through the animals' live weight data, and the DM production was determined through the animals' estimated DM intake and the forage harvested to make silage. MIX was the treatment that allowed the greatest body weight gain for all the animals, with 0,97 kg día⁻¹ for bovines and 0,19 kg día⁻¹ for lambs, meanwhile NAT produced 8% more DM than MIX and 20% more than BAA. It was concluded that in ruminant pasture-based production systems in Devon, the association of high sugar PR and WC allows to obtain the greatest results of body weight gain for all the animals, and that naturalized pastures produce the highest amount of forage.

INTRODUCCIÓN

En zonas de clima templado como son el sur de Chile, las tierras bajas del Reino Unido y la zona sur de Australia, los sistemas predominantes de producción de carne bovina y ovina son los sistemas a pastoreo (Moloney *et al.*, 2018). Estos sistemas implican un menor costo de producción en relación con los sistemas con alto uso de alimentos concentrados, y pueden cubrir hasta el 90% de los requerimientos energéticos de bovinos de carne y ovejas (Buckingham *et al.*, 2013; O'Donovan *et al.*, 2011). En particular en el Reino Unido, los bovinos y ovinos son manejados bajo un sistema mixto de producción que combina períodos en los cuales los animales se encuentran a pastoreo con otros en los que permanecen en confinamiento, usualmente en invierno (Chesterton, 2009; CPRE, s.f; NSA, s.f).

Las especies forrajeras dominantes en los sistemas pastoriles de Reino Unido son la ballica perenne (*Lolium perenne* L.; BP) y el trébol blanco (*Trifolium repens* L.; TB) (Andrews *et al.*, 1997; Rath y Peel, 2005), debido a su tolerancia al pisoteo de los animales, alta productividad de MS y calidad nutritiva (Teuber *et al.*, 2007;

Wilkins, 1991), junto a la menor dependencia de fertilización nitrogenada debido a la fijación de nitrógeno (N) en el suelo que resulta de la relación simbiótica del TB con bacterias del género *Rhizobium* (López-Alcocer *et al.*, 2017).

Una de las limitaciones de este tipo de praderas, es su desbalance en el aporte proteína cruda (PC) y energía, siendo su contenido energético bajo en la mayor parte del año (Taweel *et al.*, 2005), con un contenido promedio anual de carbohidratos solubles en agua (CSA) de 20,5% de la MS (Cheng *et al.*, 2017). Esto genera que la síntesis de proteína a nivel ruminal se encuentre limitada por el bajo aporte de energía (Lee *et al.*, 2003), lo que podría ocasionar bajas eficiencias en el uso del N cuyas pérdidas alcanzan un 60% del N consumido, y bajas ganancias de peso en los animales que las consumen (Ledgard, 2006; Lee *et al.*, 2001).

Desde los años 70, los programas de mejoramiento genético en BP se han enfocado en desarrollar cultivares con una mayor concentración de CSA (McDonagh *et al.*, 2016), pasando de una concentración de CSA de 12,6% de la MS de los cultivares tradicionales (Miller *et al.*, 2001), a concentraciones que fluctúan entre 20% y 40% de la MS (Lee *et al.*, 2018). Sin embargo, la característica de alto contenido de CSA de dichos cultivares no necesariamente será expresada, pues esto depende de la interacción genotipo – ambiente (Cosgrove *et al.*, 2007; Parsons, 2011), es decir, no se puede asumir que estos expresarán dicha característica bajo todas las condiciones. Por otro lado, al ser expresada dicha característica se podría generar la disminución de otros nutrientes como la fibra detergente neutro (que las variedades de BP altas en azúcares sean utilizadas en asociación FDN), la PC o ambos, donde la disminución de PC puede llegar hasta 11% (Cosgrove *et al.*, 2009; Miller *et al.*, 2001). Generalmente, para corregir el aporte de PC se recomienda con especies leguminosas de mayor contenido de PC, lo que además permite reducir la dependencia de fertilización nitrogenada de los sistemas ganaderos, (Cosgrove *et al.*, 2009).

Esta investigación tuvo por objetivo comparar la productividad de tres sistemas pastoriles de producción de carne bovina y ovina del Reino Unido en términos de la ganancia diaria de peso de los animales durante el período de pastoreo y de la producción de MS de praderas de BP altas en azúcares (praderas puras y en mezcla

con TB) y en praderas naturalizadas con dominio de especies gramíneas.

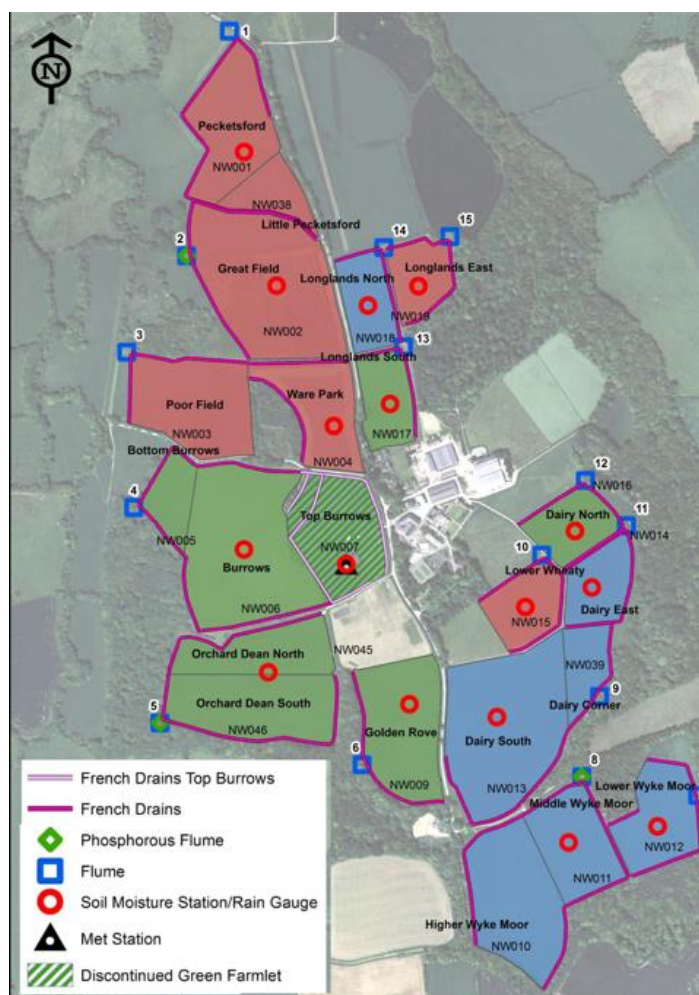
MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó con información obtenida de la base de datos de Rothamsted Research, que provenían de evaluaciones realizadas en el período de pastoreo del año 2016 en la estación experimental North Wyke ubicada en el suroeste de las tierras bajas del Reino Unido (50°46'10" N, 3°54'05" O). Los datos se encuentran disponibles gratuitamente en el Data Portal de Rothamsted Research (<https://nwfp.rothamsted.ac.uk/>).

Se compararon tres sistemas de producción de carne bovina y ovina (NAT, MIX y BAA, tratamientos) durante un período de pastoreo de 10 meses (18 de marzo a 31 de diciembre del 2016), los que diferían en las especies herbáceas presentes en sus praderas, y que fueron diseñados para comparar su productividad y sustentabilidad ambiental (Orr *et al.* 2019). Cada sistema productivo contaba con siete potreros para pastoreo y conservación de forraje, que en conjunto comprendían un total de 21,3 hectáreas en promedio (Figura 1). Los potreros del tratamiento NAT tenían praderas naturalizadas con dominio de especies gramíneas que no habían sido resembradas desde hace más de 20 años (Takahashi *et al.* 2018). Los potreros del tratamiento MIX presentaban praderas mixtas de BP alta en azúcares (*L. perenne* L., cultivar 'Abermagic') y TB (*T. repens* L., cultivar 'Aberherald'), mientras que los potreros del tratamiento BAA tenían praderas puras de BP alta en azúcares (cultivar 'Abermagic'). Las praderas de MIX y BAA fueron sembradas entre los años 2013 y 2015 (Anexo 1), con una dosis de siembra de 25 kg ha⁻¹ de BP y 3,5 kg ha⁻¹ de TB para el caso de MIX, y 30 kg ha⁻¹ de BP en las praderas de BAA (Hawkins, 2021).

Cada sistema productivo contaba con un galpón para el alojamiento de los animales en el período invernal y no compartían insumos agrícolas ni recursos alimenticios (Griffith y Orr, 2021).

Figura 1. Identificación del sitio de estudio.



Potreros de color verde corresponden al tratamiento NAT. Potreros de color azul corresponden al tratamiento MIX. Potreros de color rojo corresponden a tratamiento BAA. French drain: desagüe francés, Flume: canal, Met station: estación meteorológica.

Respecto del clima, durante el período de estudio se registró una temperatura mensual promedio fue de 11°C (temperatura mínima de 3°C y máxima de 20°C), y una precipitación acumulada fue de 368 mm (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura mensual promedio (Temp) y pluviometría (Pluv) mensual en el período de pastoreo.

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp (°C)	5,8	7,3	12,1	14,4	15,7	16,0	15,1	10,1	6,4	7,2
Pluv (mm)	89,3	18,4	10,2	66,5	19,5	48,3	50,4	55,0	78,5	21,3

*Datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en el lugar de estudio (North Wyke, Devon)

Animales

Las praderas de todos los tratamientos fueron pastoreadas por tres categorías de animales, en base a la especie animal (bovinos de carne y ovinos) y a la edad en ovinos (ovejas y corderos). Los animales estaban distribuidos en forma balanceada entre los distintos tratamientos, en términos de número de animales por categoría animal, razas, edad y estado fisiológico. Cada tratamiento contaba con 3 rebaños de animales que pastorearon simultáneamente en distintos potreros conformados por: i) 30 bovinos de razas provenientes de la cruce de vacas Holstein Friesian x Hereford con toros Charolais, Hereford o Limousin, los cuales ingresaron a pastorear las praderas con una edad y peso promedio de 12 meses y 415 kilogramos (kg); ii) 70 ovejas Suffolk x Mule que ingresaron con un peso promedio de 72,5 kg y un día post parto (DPP), y sus 130 corderos que nacieron con un peso promedio de 5,2 kg (cruza de las ovejas Suffolk x Mule con carneros Charolais que permanecieron junto a sus madres hasta su destete el 31 junio), además de 21 borregas de reemplazo que entraron al pastoreo el 5 de octubre, unas semanas antes que empezara el servicio reproductivo, con un promedio de peso de 74,9 kg; iii) 130 corderos post destete, con una edad y peso promedio de 13 semanas y 33,4 kg, respectivamente. Los animales tuvieron una alimentación basada exclusivamente en las praderas cosechadas por pastoreo, sin ningún tipo de suplementación durante el período en estudio. Además, las diferentes categorías de animales pastorearon de manera simultánea en diferentes potreros, sin tener contacto entre ellos.

Los animales permanecieron en las praderas hasta su salida del sistema productivo debido a su muerte, de su venta (cuando éstos cumplieron con los estándares de nivel de engrasamiento, peso vivo y condición corporal específicos para cada categoría animal), o al término de período de pastoreo. En el caso de los bovinos, el período de pastoreo se extendió por 195 días, mientras que en ovejas fue de 289 días y en los corderos destetados fue de 153 días. Durante este tiempo, se registró el peso vivo de los animales a intervalos no constantes, variando mayoritariamente entre 2 a 4 semanas.

Manejo del pastoreo y de las praderas

Los animales se manejaron bajo un sistema de pastoreo rotativo. Los bovinos se mantuvieron la mayor parte del tiempo en los potreros de mayor superficie, mientras que las ovejas fueron rotando entre los potreros de menor extensión. En cada tratamiento se seleccionaron cuatro potreros, que en promedio comprendían 11,9 hectáreas, los que fueron rezagados para conservación de forraje. Los rendimientos de MS de las praderas cosechadas para conservación como ensilaje fueron evaluados con la cosechadora marca Haldrup (Orr *et al.*, 2019).

Se realizaron diferentes manejos de fertilización entre los distintos tratamientos en virtud de las especies herbáceas componentes de las praderas y de los resultados de los análisis de suelos. Sin embargo, la aplicación de estiércol orgánico de granja que fue similar para todos los tratamientos, con una dosis anual de 141 toneladas, equivalentes en promedio a 136 kg N ha⁻¹ y 38,9 kg P ha⁻¹ (AHDB, 2021). En los potreros de MIX, no se aplicó fertilización nitrogenada inorgánica, considerando la fijación de nitrógeno que resulta de la asociación entre TB y las bacterias de género *Rhizobium*, pero se aplicó una dosis anual por hectárea de 97 kg de P₂O₅, 101 kg de K₂O, y 465 kg de carbonato de calcio (CaCO₃). Para los potreros de NAT, se aplicó una dosis anual por hectárea de 204 kg de N, 31 kg de P₂O₅, 117 kg de K₂O y 463 kg de CaCO₃. Los potreros de BAA recibieron dosis anuales por hectárea de 202 kg de N, 97 kg de P₂O₅, 113 kg de K₂O y 566 kg de CaCO₃). Además, se realizaron aplicaciones de herbicidas en algunos potreros para el control de malezas de hoja ancha, aplicando en dosis comercial los productos que se indican a continuación: Tifensulfuron-metil (FMC) y 2,4-DB (Headland) en mezcla en el tratamiento MIX; Acetoclor (Greenlife) en los tratamientos NAT y BAA; y Fluroxypyr (Certis) en el tratamiento BAA.

Evaluaciones

La composición botánica de las praderas en el año 2016 se determinó a partir de los valores de dominio de las diferentes especies existentes en los sistemas productivos reportados por el Data Portal de Rothamsted Research, los que fueron determinados mediante el método de cobertura, de acuerdo a lo descrito por Harris

(2021). El promedio de cobertura por especie se estimó mediante una fórmula condicional de Excel, otorgándole a cada valor de dominio (1 a 10) un porcentaje de cobertura (0,5 a 95,5), según la escala de dominio descrita por Rodwell (1992).

La composición química de las praderas, se determinó calculando el promedio de las concentraciones de MS, PC, CSA, energía metabolizable (EM), FDN y cenizas publicados en el Data Portal de Rothamsted Research, los que fueron determinados a partir de muestras recogidas en un período de 6 meses, analizándose, en el caso de las praderas pastoreadas por bovinos, 10 mediciones por tratamiento (entre mayo y octubre) y, en el caso de las praderas pastoreadas por ovinos, un promedio de 29 mediciones por tratamiento (entre abril y septiembre).

La ganancia diaria de peso (GDP) de bovinos y corderos se estimó a partir de la diferencia en los pesos registrados entre dos pesajes consecutivos para todos los días del período de pastoreo. Se asumió un aumento de peso lineal entre dos pesajes consecutivos para estimar el peso vivo individual de los animales para cada día transcurrido entre los pesajes realizados (14 pesajes en bovinos y 21 en corderos). En corderos la GDP fue estimada para los días previos y posteriores al destete (GDP pre-destete y post-destete). La pérdida de peso (PDP) previo al destete de las ovejas, se estimó a partir de la diferencia entre el peso de los animales al finalizar la lactancia de sus corderos (destete) respecto del peso al inicio del pastoreo, mientras que su ganancia de peso (GP) post-destete se estimó mediante la diferencia entre el peso al término del período de pastoreo y el peso al día siguiente del destete de sus corderos. Las ganancias de peso acumuladas (GPA) de bovinos y corderos, se estimaron a partir de las diferencias entre el peso inicial (peso al ingreso al pastoreo) y el peso final (peso a la salida del pastoreo, por su venta o su retiro del sistema). El peso final, para todas las categorías de animales (bovinos, corderos y ovejas), se determinó a partir del promedio de los pesos finales de los animales al momento de la venta o cuando estos fueron retirados de las praderas al término del período de pastoreo. En ovejas se consideró como peso inicial de los animales, el peso promedio de estos al ingresar al pastoreo al día siguiente del parto.

La producción total de forraje de cada sistema productivo se estimó en base al

consumo estimado de MS de pradera (estimado a partir del consumo de los animales y la eficiencia de utilización) realizado por todos los animales durante el período de pastoreo (expresado en kg MS por hectárea) y a la cantidad total de MS de pradera cosechada para su conservación como ensilaje.

El consumo de pradera de bovinos durante el período de pastoreo (evaluado en kg de MS ha⁻¹), fue estimado mediante la sumatoria del consumo diario individual de MS de pradera realizado por el conjunto de animales, dividido por la superficie de pradera que estos utilizaron para el pastoreo en cada tratamiento durante el período, y multiplicado por la eficiencia de utilización de las praderas. Se consideró una eficiencia de utilización de las praderas durante el período de un 70%, en base a lo señalado por Teuber *et al.* (2007). El consumo diario de MS de pradera para cada animal fue estimado utilizando la ecuación desarrollada por Minson y McDonald (1987) (Ecuación 1).

$$\text{CMS (kg día}^{-1}\text{)} = (1,185 + 0,00454 \text{ PV} - 0,0000026 \text{ PV}^2 + 0,315 \text{ PGD})^2 \quad (1)$$

Donde:

CMS es el consumo diario de materia seca de pradera, PV es el peso vivo de los animales y PGD es el promedio de ganancia diaria de peso.

El consumo de MS de pradera por hectárea de cada categoría animal ovina fue estimado mediante la sumatoria del consumo diario de pradera de los animales dividido por las hectáreas utilizadas para el pastoreo por tratamiento, y multiplicado por la eficiencia de utilización de las praderas, considerada como un 70% (Teuber *et al.*, 2007; Canto *et al.*, 2021). El consumo diario de MS de praderas de estos animales se estimó utilizando el porcentaje del peso vivo (% PV) según su estado fisiológico (ovejas) o edad (corderos) (Tabla 2). En cada caso, se establecieron cinco rangos de consumo, en base a los días transcurridos desde el momento del parto hasta el término del período de pastoreo. Para el caso de las borregas de reemplazo, se utilizó un % PV de 3% para todo su período de pastoreo.

La cantidad de MS de pradera cosechada por hectárea para la elaboración de ensilaje durante el período en estudio fue determinada mediante la suma de la cantidad de MS total de pradera cosechada en cada corte, dividida por el número

de hectáreas cosechadas en cada tratamiento.

Tabla 2. Porcentajes de peso vivo (% PV) utilizado para estimar el consumo diario de praderas en ovejas y corderos, según estado fisiológico (ovejas) y edad (corderos).

Ovejas		Corderos	
Período	% PV	Período	% PV
*Día 0 – Día 42	4%	**Día 41 – Día 54	1,1%
Día 43 – Día 84	3,4%	Día 55 - Día 68	2,1%
Día 85 – Día 124	2,8%	Día 69 - Día 82	2,4%
Día 125 – Día 155	2,4%	Día 83 – Día 96	2,9%
Día 156 – Día 277	3%	Día 97 – Día 251	3,3%

* un día post parto en ovejas; **, 41 días de edad de corderos (5 semanas). Adaptado de Orr *et al.* (2019)

La capacidad de carga animal potencial de cada sistema productivo se determinó en base a la producción total de forraje por hectárea de praderas, y a las unidades animales (UA) que es capaz de sostener al año ($UA\ ha^{-1}\ año^{-1}$), dividiendo la producción de MS total por el consumo anual de 1 UA, correspondiente a 4.563 kg MS año⁻¹ (Teuber *et al.*, 2007)

Análisis estadístico

Para analizar las variables de composición botánica y química de las praderas, las GDP de todas las categorías de animales y la producción de MS de las praderas, se realizó un análisis descriptivo de los datos, calculando el promedio y la desviación estándar. Esto se debe a que el experimento no contempló replicas físicas, por lo que solo existió un sistema productivo por tratamiento. Todos los cálculos fueron realizados en el programa Excel de Microsoft Office.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición botánica y química de las praderas

La presencia de BP en las praderas sembradas de los tratamientos MIX y BAA fue levemente superior al de las praderas del tratamiento NAT donde se encontró una mayor presencia de otras especies gramíneas, principalmente de chéptica alemana (*Agrostis stolonifera* L.; AS). En el caso de MIX la presencia de BP fue superior a la

de NAT en 17,0 puntos porcentuales, mientras que en BAA fue 21,5 puntos porcentuales mayor a NAT (Tabla 3). Estos resultados están dentro de lo esperado, considerando que las praderas de los tratamientos MIX y BAA fueron sembradas con esta especie con una dosis de siembra promedio de 27,5 kg ha⁻¹, mientras que las praderas del tratamiento NAT fueron sembradas hace más de 20 años desde la fecha de este estudio. Con el paso de los años, la presencia de BP en las praderas sembradas va disminuyendo progresivamente, siendo reemplazadas por otras especies, como por ejemplo AS, producto de sus mayores requerimientos de fertilización, drenaje, temperaturas, disponibilidad de agua, entre otros (Hopkins, 1986; Liu y Jiang, 2010; Zhang *et al.*, 2020). La mayor presencia de BP del tratamiento BAA con relación a la observada en el tratamiento MIX era de esperarse, pues las primeras se sembraron con una dosis 20% mayor a las del tratamiento MIX.

Con relación a la presencia de TB, esta especie fue superior en el tratamiento MIX al tratamiento NAT por 15,7 puntos porcentuales y al tratamiento BAA por 15,1 puntos porcentuales (Tabla 3). Estos resultados son consistentes con los 15,8% de presencia reportado por Simpson *et al.* (1987) en praderas mixtas de BP y TB pastoreadas por ovejas y bovinos. No obstante, en praderas permanentes de BP y TB del sur de Chile, la presencia de TB normalmente no supera el 10%, una de las causas de esto se atribuye al alto uso de fertilizantes nitrogenados, lo que suele provocar un aumento en la población de BP y, por ende, una disminución en la población de TB (Romero, 2005).

Tabla 3. Composición botánica de las praderas a pastoreo evaluada como porcentaje de presencia.

Especies	NAT	MIX	BAA
<i>Lolium perenne</i> L.	38,8 ± 26,3	55,9 ± 22,7	60,3 ± 29,1
<i>Trifolium repens</i> L.	0,23 ± 1,81	15,9 ± 21,3	0,81 ± 6,86
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	46,6 ± 28,1	21,3 ± 19,6	19,2 ± 24,5
<i>Holcus lanatus</i> L.	11,7 ± 21,2	4,11 ± 13,1	3,81 ± 12,1
Otras gramíneas	2,38 ± 2,39	7,20 ± 3,03	10,1 ± 3,47
Especies de hoja ancha	1,73 ± 1,28	2,67 ± 1,45	2,89 ± 1,21

Promedio ± desviación estándar. NAT= pradera naturalizada, MIX= pradera mixta de ballica perenne alta en azúcares con trébol blanco, BAA= pradera de ballica perenne alta en azúcares.

Respecto de la composición química de las praderas pastoreadas por bovinos, la concentración de MS fue similar entre los tratamientos, que en promedio fue de 19,3% (Tabla 4). Estos resultados son consistentes con lo reportado por Wilkinson *et al.* (2014), quienes obtuvieron una concentración promedio de MS de 18,3%, a partir del análisis de 8.814 muestras de diferentes praderas dominadas por gramíneas ubicadas en el Reino Unido durante un período de siete años. El contenido de PC del tratamiento BAA fue por 2,25 puntos porcentuales inferior con relación a MIX y NAT, mientras que la concentración de CSA superó ligeramente a los demás tratamientos en 2,22 puntos porcentuales (Tabla 4). Considerando que el contenido de CSA de cultivares tradicionales de BP es en promedio de 12,6% de la MS (Miller *et al.*, 2001), se observa que la característica de alto contenido de azúcares de la BP de los tratamientos MIX y BAA no se expresó, pues las concentraciones obtenidas no alcanzaron el rango de CSA esperado en cultivares de BP ricos en azúcares, que va de 20% a 40% (Lee *et al.*, 2018). La concentración de EM de las praderas fue similar entre tratamientos, con un promedio de 11,8 MJ kg⁻¹ MS⁻¹, a pesar que el contenido de CSA fue levemente superior en el tratamiento BAA en comparación a los otros tratamientos, lo cual pudo deberse a que estas praderas de BAA tenían un alto contenido de FDN, que en promedio alcanzó un 43,0% de la MS (Tabla 4), que pudo reducir la digestibilidad de la MS de las praderas del tratamiento BAA en comparación al tratamiento MIX (Van Soest, 1982; Di Marco, 2011). El contenido de cenizas fue similar entre tratamientos, siendo en promedio 8,96% (Tabla 4), resultados que son consistentes con los reportados por Bell *et al.*

(2018), quienes obtuvieron un contenido promedio de cenizas de 9,0% en praderas permanentes y temporales pastoreadas por bovinos y ovinos en Sutton Bonington, Inglaterra.

Tabla 4. Composición química promedio de las praderas pastoreadas por bovinos y ovinos en los distintos tratamientos durante el período en estudio.

	NAT	MIX	BAA
Bovinos			
MS (%)	19,3 ± 5,75	18,9 ± 3,00	19,8 ± 2,46
CP (% MS)	22,8 ± 2,97	22,3 ± 3,49	20,3 ± 3,61
CSA (% MS)	8,14 ± 1,97	9,49 ± 2,65	11,0 ± 3,43
EM (MJ kg ⁻¹ MS ⁻¹)	11,8 ± 0,23	12,0 ± 0,37	11,7 ± 0,41
FDN (% MS)	43,7 ± 2,14	36,3 ± 3,34	43,0 ± 2,92
Cenizas (% MS)	8,75 ± 0,62	9,12 ± 0,89	9,03 ± 0,84
Ovinos (ovejas y corderos)			
MS (%)	24,9 ± 3,02	26,4 ± 2,73	25,3 ± 2,52
CP (% MS)	20,3 ± 2,05	17,2 ± 3,09	17,6 ± 1,83
CSA (% MS)	17,2 ± 4,83	20,7 ± 8,30	22,4 ± 6,42
EM (MJ kg ⁻¹ MS ⁻¹)	12,0 ± 0,44	12,0 ± 0,56	12,1 ± 0,49
FDN (% MS)	43,6 ± 3,02	41,7 ± 4,75	41,9 ± 4,06
Cenizas (% MS)	8,00 ± 0,64	7,90 ± 1,25	7,85 ± 1,12

Promedio ± desviación estándar. NAT= pradera naturalizada, MIX= pradera mixta de ballica perenne alta en azúcares con trébol blanco, BAA= pradera de ballica perenne alta en azúcares, MS= materia seca, PC= proteína cruda, CSA= carbohidratos solubles en agua, FDN= fibra detergente neutro, EM= energía metabolizable.

En relación con las praderas pastoreadas por ovinos, el contenido de MS fue ligeramente superior en el tratamiento MIX respecto a los otros tratamientos por 1,27 puntos porcentuales (Tabla 4), siendo el contenido de MS del tratamiento MIX superiores a los 21,3% de MS obtenidos por Bell *et al.* (2020), en praderas permanentes de BP y TB pastoreadas por ovejas. Esta diferencia puede deberse a que el estudio realizado por Bell *et al.* (2020) fue llevado a cabo durante otoño, período en el cual el contenido de MS disminuye progresivamente (Demagnet *et al.*, 2015). El contenido de PC en las praderas pastoreadas por ovinos fue levemente mayor en el tratamiento NAT, siendo superior a los otros tratamientos en 2,85 puntos porcentuales. La concentración de PC de las praderas del tratamiento MIX, pese a la mayor presencia de TB como especie leguminosa, fue menor a lo

esperado, dado que contenido de PC de esta especie se encuentra en un rango que va de 12% a 23% (Kirchhof et al., 2010; Ogle y St. John, 2008). La concentración de CSA fue ligeramente superior en el tratamiento BAA en relación con los otros tratamientos, superando en 5,20 puntos porcentuales al tratamiento NAT y en 1,80 puntos porcentuales al tratamiento MIX (Tabla 4). La concentración de CSA de las praderas de MIX y BAA se encuentran dentro del rango de CSA esperado en cultivares de BP altos en azúcares, según señala Lee et al. 2018, coincidiendo el contenido de CSA del tratamiento BAA con los resultados obtenidos por Turner et al. (2015), quienes reportaron un contenido de 22,1% de CSA en praderas de BP del cultivar AberMagic en un estudio realizado en Tasmania, Australia. La concentración de EM fue similar entre los tratamientos (promedio de 12,0%), al igual que el contenido de FDN, que en promedio fue de 42,4% (Tabla 4). A diferencia de lo observado en las praderas pastoreadas por bovinos, no se observaron diferencias en el contenido de FDN entre tratamientos que permitieran justificar que no existieran diferencias en el contenido de EM entre tratamientos, a pesar del mayor contenido de CSA en los tratamientos MIX y BAA en relación con NAT. La concentración de cenizas fue similar entre los tratamientos, alcanzando un promedio de 7,92% de la MS (Tabla 4). Estos resultados son consistentes con los reportados por Fraser et al. (2015), quienes reportaron un contenido de 7,5% de cenizas en praderas mixtas permanentes pastoreadas por corderos en el Reino Unido.

Productividad animal

Las GDP obtenidas en todos los tratamientos son consistentes con lo señalado por McAuliffe *et al.* (2018), quienes mencionan que en la región de estudio las GDP de bovinos de carne destetados en sistemas a pastoreo fluctúan entre 0,8 y 1,0 kg día⁻¹, siendo los animales del tratamiento MIX aquellos que alcanzaron una GDP levemente superior, superando a los animales de los otros tratamientos en 11%, que promediaron 0,86 kg día⁻¹ (Tabla 5). Consecuentemente, los animales del tratamiento MIX alcanzaron una GPA ligeramente superior, siendo superior en un 7% al tratamiento NAT y 22% al tratamiento BAA. Del mismo modo, el peso final de

estos animales fue levemente superior en un 4% en relación con los otros tratamientos que promediaron 573 kg al terminar el período de pastoreo (Tabla 5). La mayor GDP, GPA y peso final de los animales del tratamiento MIX, se podría explicar por su mayor consumo de forraje que pudo deberse a una mayor calidad nutritiva de las praderas, producto de su menor contenido de FDN (Araujo-Febres, 2005).

Tabla 5. Productividad promedio de las diferentes categorías de animales de los distintos tratamientos.

	NAT	MIX	BAA
Bovinos			
GDP (kg día ⁻¹)	0,87 ± 0,46	0,97 ± 0,51	0,85 ± 0,63
GPA (kg)	175 ± 22,0	189 ± 77,5	148 ± 23,8
Peso final (kg)	574 ± 98,8	596 ± 45,1	572 ± 54,0
Ovejas			
Peso inicial (kg)	72,3 ± 7,11	72,7 ± 6,93	73,5 ± 7,16
PDP (kg)	-0,52 ± 5,96	-1,75 ± 5,87	-2,05 ± 7,37
GP (kg)	6,57 ± 6,90	9,22 ± 7,81	6,88 ± 6,84
Peso final (kg)	78,2 ± 8,57	79,9 ± 8,22	79,0 ± 7,84
Corderos			
GDP P-D (kg día ⁻¹)	0,30 ± 0,05	0,31 ± 0,05	0,31 ± 0,04
GDP PO-D (kg día ⁻¹)	0,14 ± 0,06	0,19 ± 0,08	0,16 ± 0,06
GPA (kg)	29,2 ± 4,62	29,8 ± 4,39	30,5 ± 3,34
Peso final (kg)	42,8 ± 5,29	44,9 ± 3,41	44,9 ± 1,91

Promedio ± desviación estándar. NAT= pradera naturalizada, MIX= pradera mixta de ballica perenne alta en azúcares con trébol blanco, BAA= pradera de ballica perenne alta en azúcares, GDP= ganancia diaria de peso, GPA= ganancia de peso acumulada, PDP= Pérdida de peso (pre-destete), GP= ganancia de peso (post-destete), GDP P-D= ganancia diaria de peso pre-destete, GDP PO-D= ganancia diaria de peso post-destete.

El peso inicial de las ovejas fue similar entre los tratamientos, con un promedio de 72,8 kg al iniciar el período de pastoreo (Tabla 5). La PDP durante el período de lactancia fue levemente inferior en los animales del tratamiento NAT (-0,52 kg de peso en el período), siendo mayor en un 70% al tratamiento MIX y 74% al tratamiento BAA. Las ovejas del tratamiento MIX presentaron un aumento de peso después del destete ligeramente superior, superando a los otros tratamientos en un 37%, con un promedio diario de 6,72 kg (Tabla 5). La mayor ganancia de peso de

las ovejas del tratamiento MIX posterior al destete, pudo deberse a su mayor consumo de MS, lo que podría estar asociado al mayor contenido de MS en el forraje de sus praderas (Tabla 4), dado que existe una relación directamente proporcional entre el contenido de MS y el consumo de MS de los animales (John y Ulyatt, 1987). El peso final de los animales fue similar entre los tratamientos, con un promedio de 79 kg terminado el período de pastoreo (Tabla 5).

La GDP de los corderos pre-destete fue similar entre los tratamientos, con un promedio de 0,31 kg día⁻¹. Sin embargo, la GDP de los corderos post-destete fue levemente superior en el tratamiento MIX, superando en 21% a los animales de los otros tratamientos, siendo similar a los 0,2 kg día⁻¹ reportados por Proctor *et al.* (2015) para corderos alimentados con praderas de BP alta en azúcares y TB de Nueva Zelanda. La mayor GDP de los animales del tratamiento MIX pudo deberse, al igual que en las ovejas, a su mayor consumo de MS luego del destete, asociado al mayor contenido de MS de sus praderas (John y Ulyatt, 1987). La GPA de los corderos durante el período de pastoreo, fue levemente superior en los tratamientos MIX y BAA con relación al tratamiento NAT, superándolo por 3%. Del mismo modo el peso final de los tratamientos MIX y BAA fueron ligeramente superiores al tratamiento NAT en 5% (Tabla 5). La mayor GPA y peso final de los tratamientos MIX y BAA pueden deberse a la mayor concentración de CSA de sus praderas en comparación a las praderas de NAT, dado que esto pudo permitir una mayor eficiencia en la síntesis proteica a nivel ruminal de los animales (Lee *et al.*, 2001). Los pesos de venta de los corderos fueron similares entre tratamientos (NAT: 44,1 ± 2,09; MIX: 45,8 ± 2,23; BAA: 45,4 ± 1,33 kg). Sin embargo, la mayor cantidad de animales vendidos ocurrió en el tratamiento MIX (NAT: 96; MIX: 102; BAA: 97 animales vendidos), los cuales eran ligeramente más jóvenes en comparación a los otros tratamientos (NAT: 175 ± 33,6; MIX: 161 ± 39,2; BAA: 167 ± 26,9 días).

Producción de MS de las praderas

El consumo de MS estimado de los animales, la cantidad y superficie de MS cosechada para ensilaje y la producción de MS total de las praderas en estudio, se presentan en la Tabla 6. Para cada categoría animal, el tratamiento MIX fue aquel

en el que los animales consumieron mayor cantidad de MS, lo que conllevó a una mayor producción de MS (estimada a partir del consumo de los animales y la eficiencia de utilización de las praderas) en el tratamiento MIX, que superó a los del tratamiento NAT en 21% y al tratamiento BAA en 31% (Tabla 6). Este mayor consumo por parte de los animales del tratamiento MIX, pudo estar asociado a una mayor preferencia por el trébol blanco respecto de las otras especies herbáceas componentes de las praderas, dado que según señala Rutter (2006) al ofrecer BP y TB como praderas puras de manera adyacente, las dietas de bovinos y ovejas constan de 30% de BP y 70% TB. Por ende, es probable que esta preferencia por TB haya ocasionado una mayor selectividad por esta especie, principalmente en ovinos, los cuales son más selectivos al pastorear en comparación a los bovinos (Cuchillo-Hilario *et al.*, 2017).

Respecto de la cantidad de MS de pradera cosechada para la elaboración de ensilaje, el tratamiento NAT superó en un 39% al tratamiento MIX y en un 26% al tratamiento BAA en (Tabla 6), lo cual podría estar condicionado por una mayor densidad de las praderas de tratamiento NAT en comparación a los otros tratamientos. Esto debido a que según señalan Creighton *et al.* 2012 existe una relación directamente proporcional entre la densidad de una pradera y su producción de MS.

La mayor producción de MS total fue obtenida por las praderas del tratamiento NAT con 15.424 kg MS ha⁻¹ (Tabla 6), que superó en un 8% al tratamiento MIX y en 20% al tratamiento BAA. Esto pudo deberse a la mayor adaptación de las especies herbáceas que componen este tipo de praderas a las condiciones edafoclimáticas imperantes en el lugar de estudio, sumado a que recibían un adecuado manejo agronómico; en cuanto a fertilización, control de plagas, entre otros (Online Atlas of the British and Irish flora, *sf*; Sun *et al.*, 2008). Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Montesinos (2011), en donde se compararon los niveles de producción de MS en praderas naturalizadas (con y sin fertilización) con praderas mixtas de BP - TB en la ciudad de Valdivia, Chile, siendo superior la producción de las praderas naturalizadas fertilizadas en un 52% a la pradera naturalizada sin fertilizar y en un 10% a la pradera mixta de LP - BP. La producción de MS de las

praderas NAT del presente estudio fue superior al promedio de 9.900 kg MS ha⁻¹ reportado por Orr *et al.* (2019), en un estudio realizado en la misma estación experimental de Rothamsted Research, en praderas naturalizadas pastoreadas por bovinos de carne y ovinos. Esta diferencia pudo deberse a que en el presente estudio se consideró un mes más de pastoreo en comparación al período evaluado por Orr *et al.* (2019), lo que explicaría el mayor consumo estimado de praderas de los animales y, consecuentemente, la mayor producción de MS total de las praderas. Además, que el presente estudio consideró la eficiencia de utilización de las praderas para estimar la cantidad de MS a partir del consumo de los animales.

En relación a las diferencias observadas en la producción total de MS de las praderas sembradas del presente estudio, es posible destacar que esta fue superior en el tratamiento MIX, a pesar de que las praderas de este tratamiento no recibieron fertilización nitrogenada de origen inorgánico, lo que pudo limitar la tasa de macollamiento y de crecimiento de las especies herbáceas componentes de estas praderas (Bahmani *et al.*, 2003; Balocchi *et al.*, 2011; McClearn, 2019). Es sabido que la fertilización nitrogenada aumenta la productividad de las praderas mixtas de BP-TB, observándose efectos positivos en la producción de MS con dosis anuales de hasta 500 kg N/ha. Sin embargo, se ha visto que al aumentar a dosis anuales de 600 kg/ha N provocan una caída en la producción de MS de este tipo de praderas de 5,2% respecto de los 11.440 kg MS/ha de producción observadas con dosis anuales de 500 kg/ha N. Además, resulta necesario destacar que este aumento de productividad de las praderas como resultado de la aplicación de fuentes inorgánicas de N reduce la fijación simbiótica de N por parte de las bacterias del género *Rhizobium* del TB (Ledgard *et al.*, 2001; Wilman y Hollinton, 1985). Un estudio realizado en Irlanda comparó la productividad de praderas de cultivares de BP ricos en azúcares (variedades Aberchoice, Glenveagh, Tyrella y Drumbo), puras y en mezcla con TB, a las cuales se aplicó una dosis anual de 250 kg N ha⁻¹, reportando producciones de 16.773 kg MS ha⁻¹ y 15.494 kg MS ha⁻¹, respectivamente (McClearn, 2019). Estos resultados son, respectivamente, 30% superior a los valores obtenidos en el tratamiento BAA y 9% que el tratamiento MIX (Tabla 6). La diferencia entre lo reportado por McClearn (2019) y el presente estudio

podría atribuirse a las variedades de BP alta en azúcares utilizadas, puesto que difieren de la variedad utilizada en el presente estudio.

Tabla 6. Producción de fitomasa de las praderas en los distintos tratamientos estimada a partir de la cantidad de material seca (MS) consumida por los animales a pastoreo y de la cantidad cosechada para ensilaje.

	NAT	MIX	BAA
Consumo estimado de MS de pradera por categoría animal (kg MS ha⁻¹)			
Bovinos	4.262	5.270	3.540
Ovejas	2.834	3.492	2.995
Corderos	1.074	1.096	962
Producción total de MS de pradera (kg MS ha⁻¹)*	8.169	9.858	7.497
Cantidad de MS (kg MS ha⁻¹) y superficie (ha) de pradera cosechada para la elaboración de ensilaje			
Cantidad	7.255	4.395	5.364
Superficie	11,8	11,1	12,9
Cantidad MS (kg MS) **	85.637	48.749	68.949
Productividad de los sistemas			
Producción de MS de las praderas (kg ha⁻¹)	15.424	14.253	12.861

NAT= pradera naturalizada, MIX= pradera mixta de ballica perenne alta en azúcares con trébol blanco, BAA= pradera de ballica perenne alta en azúcares. *, Cantidad de MS producida por las praderas estimada a partir del consumo de todas las categorías animales y la eficiencia de utilización de las praderas en el período de pastoreo. **, Cantidad de MS total (kg MS) cosechada para la elaboración de ensilaje de cada tratamiento, obtenida a partir de la superficie cosechada (ha) y la cantidad cosechada por hectárea (kg MS ha⁻¹).

Es base a la producción total de MS por hectárea de las diferentes praderas en estudio, es posible comparar la capacidad de carga animal potencial de los sistemas productivos. El tratamiento NAT es aquel que permite sostener una mayor capacidad de carga, con 3,38 UA ha⁻¹, siendo superior al tratamiento MIX en un 8% y en un 20% al tratamiento BAA. Este valor aumenta a 71,9 UA en el tratamiento NAT, 66,5 UA en el tratamiento MIX y a 60,1 UA en el tratamiento BAA, al considerar la superficie total de praderas de cada tratamiento. Sin embargo, es importante considerar que altas cargas de pastoreo en suelos con abundante humedad pueden reducir la densidad de plantas, dado que el pisoteo de los animales en estas condiciones genera compactación superficial en el suelo, provocando asfixia

radicular de las plantas presentes en la pradera, y con esto la productividad de las praderas se ve reducida (Luisoni, 2010; Taboada, 2007).

CONCLUSIONES

1. Las ganancias diarias de peso de bovinos de carne y ovinos a pastoreo en praderas de cultivares de *Lolium perenne* L. ricos en azúcares en Devon (Reino Unido), son mayores cuando se encuentran en mezcla con *Trifolium repens* L. en comparación a cuando se alimentan con praderas puras de ballica perenne alta en azúcares y praderas naturalizadas, debido a un mayor consumo de MS, asociado a un menor contenido de FDN (bovinos) y un mayor contenido de MS (ovinos).
2. En las praderas sembradas con cultivares de *Lolium perenne* L. ricos en azúcares (puras y en mezcla con *Trifolium repens* L.), la producción de MS es similar, cuando éstas últimas no reciben fertilización nitrogenada de origen inorgánico.
3. Las praderas naturalizadas de la localidad de Devon, Reino Unido, con dominio de especies gramíneas, tienen una mayor producción de MS y permiten una mayor capacidad de carga animal en comparación a las praderas sembradas de cultivares de *Lolium perenne* L. ricos en azúcares puras o en mezcla con *Trifolium repens* L.

REFERENCIAS

1. Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB). 2021. Nutrient Management Guide (RB209): Section 2 Organic materials. AHDB. Reino Unido.
2. Andrews, M., A. Douglas, A. V. Jones, C. E. Milburn, D. Porter, B. A. McKenzie. 1997. Emergence of temperate pasture grasses from different sowing depths: importance of seed weight, coleoptile plus mesocotyl length and shoot strength. *Ann. appl. Biol.*, 130:549-560.

3. Araujo-Frebres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de pastos y forrajes. Universidad del Zulia, Venezuela.
4. Bahmani, I., E. R. Thom, C. Matthew, R. J. Hooper, G. Lemaire. 2003. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: Effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. *Aust. J. Agric. Res.*, 54(8): 803-817.
5. Balocchi, O., C. Solis, J. Poff, J. P. Keim, I. López. 2011. Filocrono en una pradera de *Lolium perenne* L.: Efecto de la frecuencia de defoliación y fertilización nitrogenada. *Agro Sur*, 39 (3): 165-176.
6. Bell, M. J., L. Mereu, J. Davis. 2018. The Use of Mobile Near-Infrared Spectroscopy for Real-Time Pasture Management. *Front. Sustain. Food Syst.*, 76(2): 1-10.
7. Buckingham, S., H. McCalman, H. Powell. 2013. Grazing Systems [en línea]. Farming Connect. <<http://www.grassdevcentre.co.uk/assets/2013-grazing-systems.pdf>>. [Consulta 20 octubre 2020].
8. Campaign to Protect Rural England (CPRE). s.f. CPRE's Vision for the future of farming: The future of beef and sheep farming [en línea] <https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/The_future_of_beef_and_sheep_farming.pdf>. [Consulta 28 noviembre 2022]
9. Canto, F., C. J. Moscoso, P. Guarda, G. Chahín. 2021. Ajuste de carga anual de ovinos. Ficha Técnica INIA Remehue. N° 122. INIA Remehue. Osorno, Chile.
10. Cheng, L., H.G. Judson, R.H. Bryant, H. Mowat, L. Guinot, H. Hague, S. Taylor, G.R. Edwards. 2017. The effects of feeding cut plantain and perennial ryegrass-white clover pasture on dairy heifer feed and water intake, apparent nutrient digestibility and nitrogen excretion in urine. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 229: 43-46.
11. Chesterton, C. 2009. Grazing livestock in the lowlands. pp: 62-75. In: C. Bradley, J. Bradley, R. Cathcart, B. Morris, K. Roy and R. Wright (Eds.). *Environmental impacts of land management*. Natural England. England, UK.
12. Cosgrove, G. P., J. L. Burke, A. F. Death, M. J. Hickey, D. Pacheco, G. A. Lane. 2007. Ryegrasses with increased water soluble carbohydrate: evaluating the potential for grazing dairy cows in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 69: 179-185.
13. Cosgrove, G.P., J. Koolaard, D. Luo, J.L. Burke, D. Pacheco. 2009. The

- composition of high sugar ryegrasses. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 71: 187-193.
14. Creighton, P., T. J. Gilliland, L. Delaby, E. Kennedy, T. M. Boland, M. O'Donovan. 2012. Effect of *Lolium perenne* sward density on productivity under simulated and actual cattle grazing. *Grass & Forage Sci*, 67(4): 526-534
 15. Cuchillo-Hilario, M., N. Wrage-Monnig, J. Isselstein. 2017. Forage selectivity by cattle and sheep co-grazing swards differing in plant species diversity. *Grass & Forage Sci*, 73(2): 320-329.
 16. Demanet, R., M. L. Mora, M. A. Herrera, H. Miranda, J. M. Barea. 2015. Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Andisols of temperate regions. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 15(1): 111-128.
 17. Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. *Producir XXI*, Bs. As., 20(240):24-30.
 18. Fraser, M. D., H. R. Fleming, V. J. Theobald, J. M. Moorby. 2015. Effect of breed and pasture type on methane emissions from weaned lambs offered fresh forage. *J. Agric. Sci.*, 153: 1128–1134.
 19. Fuller, A. L., T. A. Wickersham, J. E. Sawyer, H. C. Freetly, T. M. Brown-Brandl, K. E. Hales. 2020. The effects of the forage-to-concentrate ratio on the conversion of digestible energy to metabolizable energy in growing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 98(8):sp
 20. Griffith, B., R. Orr. 2021. Fields events and livestock data. Rothamsted Research. Reino Unido, Inglaterra (document de trabajo, bruce.griffith@rothamsted.ac.uk).
 21. Harris, P. 2021. User guide to field survey data. Rothamsted Research. Reino Unido, Inglaterra (document de trabajo, paul.harris@rothamsted.ac.uk).
 22. Hawkins, J. 2021. Design, Establishment and Development. Rothamsted Research. Reino Unido, Inglaterra (document de trabajo, jane.hawkins@rothamsted.ac.uk).
 23. Hopkins, A. 1986. Botanical composition of permanent grassland in England and Wales in relation to soil, environment and management factors. *Grass & Forage Sci*, 14: 237-246.
 24. John, A., M.J. Ulyatt. 1987. Importance of dry matter content to voluntary intake of fresh grass forages. Proceedings of the New Zealand society of animal production., 47: 13-16.

25. Kirchhof, S., I. Eisner, M. Gierus, K. H. Südekum. 2010. Variation in the contents of crude protein fractions of different forage legumes during the spring growth. *Grass & Forage Sci.*, 65: 376-382.
26. Ledgard, S. F., M. S. Sprosen, J. W. Penno, G. S. Rajendram. 2001. Nitrogen fixation by white clover in pastures grazed by dairy cows: Temporal variation and effects of nitrogen fertilization. *Plant and Soil*, 229: 177-187.
27. Ledgard, S. 2006. Nitrogen management - Why is it important and what can we do about it?. *Proceedings of the 4th. Dairy Conference*, 23-41.
28. Lee, M. R. F., E. L. Jones, J. M. Moorby, M. O. Humphreys, M. K. Theodorou, J. C. MacRae, N. D. Scollan. 2001. Production responses from lambs grazed on *Lolium perenne* selected for an elevated water-soluble carbohydrate concentration. *Anim. Res*, 50(6): 441 – 449.
29. Lee, M. R. F., R. J. Merry, D. R. Davis, J. M. Moorby, M. O. Humphreys, M. K. Theodorou, J. C. MacRae, N. D. Scollan. 2003. Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on in vitro rumen fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 104: 59-70
30. Lee, M. R. F., J. Rivero-Viera, J. W. Cone. 2018. The role of pasture in the diet of ruminant livestock. In: Marshall, A. and Collins, R. (Eds.). *Improving grassland and pasture management in temperate agriculture*. Burleigh Dodds. UK.
31. Liu, S., Y. Jiang. 2010. Identification of differentially expressed genes under drought stress in perennial ryegrass. *Physiol. Plant.*, 139(4): 375-387.
32. López-Alcocer, J., R. Lépiz-Ildfonso, D. R. González-Eguiarte, R. Rodríguez-Macias, E. López-Alcocer, V. Olalde-Portugal. 2017. Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de rhizobium colectadas en frijol común silvestre y domesticado. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 40 (1): 73 – 81.
33. Luisoni, L. 2010. Ajuste de carga animal: aspectos teóricos y recomendaciones prácticas [en línea]. INTA <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ajuste_de_carga_animal_aspectos_tericos_y_recomendaci.pdf> [Consulta: 06 septiembre 2022].
34. McAuliffe, G. A., T. Takahashi, R. J. Orr, P. Harris, M. R. F. Lee. 2018. Distributions of emissions intensity for individual beef cattle reared on pasture-based production systems. *J. Clean. Prod.*, 171: 1672-1680.
35. McClearn, B. 2019. Effect of *Lolium perenne* L. ploidy, *Trifolium repens* L. inclusion and cow breed on the productivity and profitability of pasture-based, spring-milk systems. Tesis, Doctorado en Filosofía. Queen's University of

Belfast, The institute for Global Food Security, School of Biological Sciences.
Belfast, Ireland, United Kingdom.

36. McDonagh, J., M. O'Donovan, M. McEvoy, T. J. Gilliland. 2016. Genetic gain in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) varieties 1973 to 2013. *Euphytica*, 212: 187-199.
37. Miller, L. A., J. M. Moorby, D. R. Davies, M. O. Humphreys, N. D. Scollan, J. C. MacRae, M. K. Theodorou. 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass & Forage Sci.*, 56(4): 383–394.
38. Minson, D.J y C.K McDonanald. 1987. Estimating forage intake from the growth of beef cattle. *Trop. Grassl.*, 21(3): 116-122.
39. Moloney, A.P., E.G. O'Riordan, O. Schmidt y F.J. Monahan. 2018. The fatty acid profile and stable isotope ratios of C and N of muscle from cattle that grazed grass or grass/clover pastures before slaughter and their discriminatory potential. *Ir. J. Agric. Food Res.*, 57: 84-94.
40. Montesinos, F. 2011. Producción de forraje y calidad nutritiva de praderas mejoradas por diferentes métodos, en la zona sur de Chile. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias. Valdivia, Chile.
41. National Sheep Association (NSA). s.f. The sheep farming year [en línea] <<https://www.nationalsheep.org.uk/for-the-public/culture/sheep-farming-year/>>. [Consulta: 9 diciembre 2022]
42. Ogle, D., St. John, L. 2008. Plant Guide for white clover (*Trifolium repens* L.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Idaho Plant Materials Center, Aberdeen.
43. Online Atlas of the British and Irish flora. *Sf. Agrostis stolonifera* [en línea]. <<https://plantatlas.brc.ac.uk/plant/agrostis-stolonifera>>. [Consulta: 06 septiembre 2022]
44. O'Donovan, M., E. Lewis, P. O'Kiely. 2011. Requirements of future grass-based ruminant production systems in Ireland. *Ir. J. Agric. Food Res.*, 50: 1-21.
45. Orr, R. J., B. A. Griffith, J. Rivero-Viera, M. R. F. Lee. 2019. Livestock Performance for Sheep and Cattle Grazing Lowland Permanent Pasture: Benchmarking Potential of Forage-Based Systems. *Agronomy*, 9(101): 1-17.

46. Parsons, A. J., G. R. Edwards, P. C. D. Newton, D. F. Chapman, J. R. Caradus, S. Rasmussen, J. S. Rowarth. 2011. Past lessons and future prospects: plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures. *Grass & Forage Sci.*, 66(2): 153-172.
47. Proctor, L. E., H. J. B. Craig, N. J. Mclean, P. F. Fennessy, J. I. Kerlake, M. J. Behrent, J. C. L. Chuah, A. W. Campbell. 2015. The effect of grazing high-sugar ryegrass on lamb performance. *Proceedings of the New Zealand society of animal production.*, 75: 235-238.
48. Rath, M., S. Peel. 2005. Grassland in Ireland and the UK. En: D. A. McGilloy (Eds.). XX International grassland congress. 26 de junio a 1 julio, 2005. Dublin, Irlanda. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
49. Rodwell, J. 1992. *British Plant Communities Volume 3: Grasslands and montane communities*. Cambridge University Press.
50. Romero, O. 2005. Trébol blanco: clave en los sistemas pastoriles [en línea]. *Tierra adentro*, 64: 21-23.
51. Rutter, S. M. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and practice. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 97: 17-35.
52. Sheldrick, R. D., R. H. Lavender, T. M. Martyn. 1990. Dry matter yield and response to nitrogen of an *Agrostis stolonifera*-dominant sward. *Grass & Forage Sci.*, 45: 203-213.
53. Simpson, D., Wilman, W. A. Adams. 1987. The Distribution of White Clover (*Trifolium repens* L.) and Grasses within Six Sown Hill Swards. *Journal of Applied Ecology*, 24: 201-216.
54. Sun, X., N. Luo, B. Longhurst, J. Luo. 2008. Fertiliser Nitrogen and Factors Affecting Pasture Responses. *Open Agric. J.*, 2: 35-42.
55. Takahashi, T., P. Harris, M. S. A. Blackwell, L. M. Cardenas, A. L. Collins, J. A. J. Dungait, J. M. B. Hawkins, T. H. Misselbrook, G. A. McAuliffe, J.N. McFadzean, P. J. Murray, R. J. Orr, M. J. Rivero, L. Wu, M. R. F. Lee. 2018. Roles of instrumented farm-scale trials in trade-off assessments of pasture-based ruminant production systems. *Animal*, 12(8): 1766-1776.
56. Taboada, M. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis.

57. Taweel H.Z., B.M. Tas, H.J. Smit, A. Elgersma, J. Dijkstra y S. Tamminga. 2005. Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 121: 243–256.
58. Teuber, N., O. Balocchi y J. Parga. 2007. Manejo del pastoreo. INIA Remehue/ Universidad Austral de Chile/ Universidad de la Frontera/ Fundación para la innovación agraria. Osorno, Chile.
59. Tozer, K. N., D. F. Chapman, N. L. Bell, J. R. Cruch, W. M. King, G. M. Rennie, D. J. Wilson, N. R. Mapp, L. Rossi, L. T. Aalders, C. A. Cameron. 2014. Botanical survey of perennial ryegrass-based dairy pastures in three regions of New Zealand: implications for ryegrass persistence. *New Zealand J. Agric. Res.*, 57(1): 14-29.
60. Turner, L. R., D. J. Donaghy, K. G. Pembleton, R. P. Rawnsley. 2015. Longer defoliation interval ensures expression of the 'high sugar' trait in perennial ryegrass cultivars in cool temperate Tasmania, Australia. *J. Agric. Sci.*, 153(6): 995-1005.
61. Van Soest, P. J. 1982. Intake. pp: 337-353. In: P. J. Van Soest (Ed.). *Nutritional ecology of the ruminant*. (2nd. ed.). Cornell University Press. New York, United States.
62. Wilkins, P. W. 1991. Breeding perennial ryegrass for agriculture. *Euphytica*, 52: 201-214.
63. Wilkinson, J. M., J. D. Allen, R. Tunnicliffe, M. Smith, P. C. Garnsworthy. 2014. Variation in composition of pre-grazed pasture herbage in the United Kingdom, 2006–2012. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 196: 139-144.
64. Wilman, D., P. A. Hollington. 1985. Effects of white clover and fertilizer nitrogen on herbage production and chemical composition and soil water. *J. Agric. Sci.*, 104(2): 463-467.
65. Zhang, J., H. Li, Y. Jiang, H. Li, Z. Zhang, Z. Xu, B. Xu, B. Huang. 2020. Natural variation of physiological traits, molecular markers, and chlorophyll catabolic genes associated with heat tolerance in perennial ryegrass accessions. *BMC Plant Biol.* 20(520).

ANEXOS

Anexo 1. Programa de siembra potreros

Tratamiento	Potrero	Fecha siembra	Sembrado con
BAA	NW002	30-07-2013	AberMagic
BAA	NW019	07-08-2013	Prior
MIX	NW011	31-07-2013	AberMagic/AberHerald
MIX	NW010	31-07-2013	AberMagic/AberHerald
MIX	NW018	07-08-2013	Prior/AberHerald
BAA	NW003	21-08-2014	AberMagic
BAA	NW004	21-08-2014	AberMagic
MIX	NW013	22-08-2014	AberMagic/AberHerald
MIX	NW039	22-08-2014	AberMagic/AberHerald
BAA	NW001	11-08-2015	AberMagic
BAA	NW038	11-08-2015	AberMagic
BAA	NW015	11-08-2015	AberMagic
MIX	NW012	07-08-2015	AberMagic/AberHerald
MIX	NW014	12-08-2015	AberMagic/AberHerald

Fuente: Griffith y Orr, 2021.