

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL EN BASE A
PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN EL CONDADO DE DEVON,
REINO UNIDO**

POR

FELIPE ANDRÉS BASTÍAS TEJOS

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

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL EN BASE A
PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN EL CONDADO DE DEVON,
REINO UNIDO**

POR

FELIPE ANDRÉS BASTÍAS TEJOS

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

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesora Asistente, Verónica Merino P.

Ing. Agrónomo, Dra.

Guía

Senior Research Scientist, M. Jordana Rivero V.

Ing. Agrónoma, Dra.

Guía externo

Profesor Asociado, Marcelo Doussoulin G.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs., Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Jorge Campos P.

Profesor de Est. en Mat., Mg. Ecs., Dr.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	2
Introducción.....	2
Materiales y Métodos.....	4
Resultados y Discusión.....	12
Conclusiones.....	20
Referencias.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Distribución de los potreros a pastoreo en los distintos sistemas productivos presentes en la Estación Experimental de NWFP pertenecientes al Rothamsted Research.....	6
Tabla 1	Temperatura promedio trimestral y precipitación acumulada durante el período de pastoreo.....	5
Tabla 2	Porcentajes de peso vivo (% PV) utilizado para estimar consumo diario de ovejas y corderos, según estado fisiológico (ovejas) y edad (corderos).....	10
Tabla 3	Composición botánica de las praderas evaluada como porcentaje de presencia.....	12
Tabla 4	Composición química promedio de las praderas pastoreadas en los distintos tratamientos durante el año 2018.....	14
Tabla 5	Productividad promedio de las diferentes categorías de animales según tratamiento.....	16
Tabla 6	Resumen comparativo de la productividad de las praderas en los distintos tratamientos estimada a partir de la cantidad de materia seca consumida por los animales en el período de pastoreo y de la cantidad cosechada para ensilaje.....	18

PRODUCTIVIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL EN BASE A PASTOREO EN PRADERAS PERMANENTES EN EL CONDADO DE DEVON, REINO UNIDO

PRODUCTIVITY OF GRAZED-BASED LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEMS ON PERMANENT GRASSLANDS IN DEVON, UNITED KINGDOM

Palabras índice adicionales: Ballica perenne alta en carbohidrato, pastoreo, ganancia de peso, producción de forraje.

RESUMEN

Hoy se utilizan cultivares de ballica perenne (*Lolium perenne* L.; BP) con alto contenido de carbohidratos solubles con el fin de aumentar el aporte energético en los sistemas pastoriles de producción de carne. Con datos del Rothamsted Research del Reino Unido (R.U.), se comparó la ganancia diaria de peso de bovinos y ovinos en pastoreo, y la producción de materia seca (MS) de praderas permanentes naturalizadas (NAT) y praderas de cultivar de BP alta en carbohidratos solubles, puras (BAA) y con trébol blanco (*Trifolium repens* L.; TB) (MIX). La ganancia diaria de peso se estimó a partir de los pesos vivos, mientras que la producción de MS de las praderas se determinó a partir de la MS consumida y del excedente (ensilaje). Las praderas MIX permitieron la mayor ganancia diaria de peso en todas las categorías de animales, con un promedio de 686 g día⁻¹ en bovinos, 47 g día⁻¹ en ovejas y de 154 g día⁻¹ en corderos post-destete, mientras que las praderas NAT produjeron una cantidad de MS 4% superior en relación a los otros tratamientos. Se concluye que en los sistemas de producción de rumiantes a pastoreo del R.U., se obtienen mayores ganancias diarias de peso en animales que consumen praderas mixtas de cultivares de BP altas en carbohidratos con TB, y que las praderas naturalizadas producen mayor cantidad de MS en comparación a las praderas sembradas de BP altas en azúcares, puras y en mezcla con TB.

SUMMARY

Today, perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.; BP) cultivars with high soluble carbohydrate content are used to increase energy intake in pastoral meat production systems. Using data from Rothamsted Research in the United Kingdom (UK), daily weight gain of grazing cattle and sheep and dry matter (DM) production of naturalised permanent grassland (NAT) and high soluble carbohydrate BP cultivar grassland, pure (BAA) and with white clover (*Trifolium repens* L.; TB) (MIX) were compared. Daily weight gain was estimated from live weights, while DM production of the pastures was determined from DM consumed and surplus (silage). The MIX meadows provided the highest daily weight gain in all animal categories, with an average of 686 g day⁻¹ in cattle, 47 g day⁻¹ in ewes and 154 g day⁻¹ in post-weaning lambs, while the NAT meadows produced 4% more DM than the other treatments. It is concluded that in ruminant grazing production systems in the UK, higher daily weight gains are obtained in animals consuming mixed pastures of high carbohydrate BP cultivars with TB, and that naturalised pastures produce higher DM compared to sown high sugar BP pastures, pure and mixed with TB.

INTRODUCCIÓN

El aumento sostenido de la población mundial ha generado un aumento en la demanda de productos de origen animal. De acuerdo con las proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el año 2050 la población mundial alcanzaría a 9.100 millones de personas, lo que generaría un aumento en la demanda de carne para el año 2009 de 200 millones de toneladas a un total de 470 millones de toneladas para el año 2050 (FAO, 2009). Los sistemas de crianza de rumiantes (bovinos y ovinos) en zonas de clima templado de países como Chile, Nueva Zelanda y el Reino Unido, se basan en el pastoreo del ganado en praderas permanentes de especies forrajeras herbáceas, ya que presentan condiciones apropiadas para su crecimiento, las cuales permiten cubrir los requerimientos alimenticios de los animales (Hennessy *et al.*, 2020), y son un alimento de bajo costo económico (Moscoso, 2015). En estos sistemas productivos, la especie forrajera más importante es la ballica perenne (*Lolium*

perenne L.; Merino *et al.*, 2019) dado que tiene un rápido establecimiento, un alto rendimiento en biomasa aérea, sumado a una alta calidad nutricional y digestibilidad (Rivero *et al.*, 2019). Esta especie herbácea se utiliza en praderas permanentes monofíticas y/o en praderas mixtas (polífíticas) en asociación con el trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Esta leguminosa permite reducir la dependencia por fertilizantes nitrogenados gracias a la fijación biológica de nitrógeno (N) atmosférico (Hepp, 2005). Este aporte de N se logra por fijación simbiótica mediante bacterias del género *Rhizobium* en praderas permanentes de ballica perenne con trébol blanco alcanzando valores que fluctúan entre 100 y 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Ball, 1982). Además, esta asociación de especies forrajeras se debe a que el trébol blanco tiene una emergencia de media agresividad que se adecúa a la alta agresividad de la ballica perenne durante el establecimiento de las praderas (Guy *et al.*, 2018).

La principal limitación en los sistemas a pastoreo de zonas de clima templado es el bajo contenido de energía de las praderas (Taweel *et al.*, 2005). Países como Nueva Zelanda y el Reino Unido han elaborado programas de mejoramiento genético en ballica perenne con la finalidad de aumentar la concentración de carbohidratos solubles en agua y de energía metabolizable en las plantas (Pavis *et al.*, 2001). Las praderas monofíticas de cultivares de ballica perenne ricas en carbohidratos solubles en agua, alcanzan un rendimiento anual cercano a los 13.000 kg MS ha⁻¹ (Hume *et al.*, 2009), y concentraciones de carbohidratos solubles en agua de 350 g kg⁻¹ MS, que son superiores a los cultivares tradicionales de ballica perenne que tienen valores cercanos a 240 g kg⁻¹ MS (Miller *et al.*, 2001). Lo anterior permite aumentar la ingesta diaria de energía para cubrir los requerimientos energéticos de ovinos y bovinos a pastoreo (O'Donovan *et al.*, 2011; Rivero *et al.*, 2019), mejorando con ello la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción de carne de rumiantes a pastoreo (Turner *et al.*, 2010). Asimismo, un mayor aporte de carbohidratos solubles en agua permite mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno (N) a nivel ruminal y disminuir las pérdidas de N en la orina y fecas de rumiantes (Edwards *et al.*, 2007). Lo anterior resulta ser trascendental en los sistemas pastoriles de producción de rumiantes, por la asincronía que normalmente existe entre el suministro de N y la energía disponible para su degradación a nivel ruminal,

lo cual produce grandes problemas a nivel productivo y medioambiental (Pacheco *et al.*, 2008).

El aumento en el contenido de carbohidratos solubles en agua de los cultivares de ballica perenne altos en azúcar puede generar una disminución en el contenido de fibra detergente neutro (FDN), en la proteína cruda (PC), o en ambos (Cosgrove *et al.*, 2009; Easton *et al.*, 2009). En dicha condición, la disminución de FDN puede ser del 22% mientras que la de PC del 11% (Miller *et al.*, 2001). Por lo anterior, y en virtud de reducir la dependencia por fertilización nitrogenada de los sistemas productivos, se recomienda que las variedades de ballica perenne ricas en carbohidratos solubles en agua sean utilizadas en asociación con especies leguminosas de mayor contenido de PC (Cosgrove *et al.*, 2009).

Este estudio tiene como objetivo principal comparar la productividad de tres sistemas de producción de ovinos y bovinos de carne a pastoreo del Reino Unido, con respecto a la ganancia diaria de peso de los animales y la producción de materia seca de praderas naturalizadas y praderas sembradas con cultivares de *L. perenne* ricos en azúcares, puras y en mezcla con *T. repens*, lo cual género como objetivos específicos los siguientes:

- Evaluar la ganancia diaria de peso de los animales de los diferentes sistemas productivos en el campo experimental del Rothamsted Research.
- Determinar la producción de materia seca entre praderas sembradas y naturalizadas.
- Comparar la producción de materia seca y composición química, entre praderas sembradas y naturalizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó con datos obtenidos de manera gratuita de la plataforma virtual del North Wyke Farm Platform (NWFP) perteneciente a la Estación Experimental del Rothamsted Research, ubicada a 150 m sobre el nivel del mar en el condado de Devon de Inglaterra, Reino Unido (50°46'10" N 3°54'05" W) (<https://nwfp.rothamsted.ac.uk/Download>).

El estudio consideró la información disponible en NWFP para el período de pastoreo del año 2018 comprendido entre los meses de marzo a diciembre, el que alcanzó una temperatura promedio de 12,6° C y una precipitación acumulada de 659,4 mm (Tabla 1).

Tabla 1. Temperatura promedio trimestral y precipitación acumulada durante el periodo de pastoreo.

Estación	Temperatura promedio (°C)	Precipitación acumulada (mm)
Primavera (Abril/Mayo/Junio)	12,9	124,2
Verano (Julio/Agosto/Septiembre)	15,9	140,3
Otoño (Octubre/Noviembre/Diciembre)	9,1	394,9
Promedio trimestral	12,6	659,4

Datos obtenidos de la estación meteorológica (North Wyke, Devon R.U.).

Se comparó la productividad de tres sistemas productivos de carne bovina y ovina a pastoreo, diseñados para comparar su productividad y sustentabilidad ambiental (Orr *et al.*, 2019), que se diferenciaban en las especies herbáceas presentes en las praderas permanentes (Takahashi *et al.*, 2018). Cada sistema productivo (tratamiento) contaba con una superficie promedio de 21 hectáreas dividida en siete potreros para el pastoreo de los animales y la conservación del forraje (Figura 1).

Los potreros NAT contaban con praderas permanentes naturalizadas de más de 20 años de antigüedad (Takahashi *et al.*, 2018). Los potreros MIX tenían praderas mixtas de ballica perenne alta en carbohidratos solubles en agua (cultivar 'AberMagic') y trébol blanco (cultivar 'AberHerald'), mientras que los potreros BAA correspondían a una pradera monofítica de cultivar de ballica perenne alta en carbohidratos solubles en agua (cultivar 'AberMagic') (Orr *et al.*, 2019). Los potreros MIX y BAA fueron sembradas entre los años 2013 y 2015, con una dosis de siembra

Map of the French Drains Top Burrows area showing various fields, drains, and monitoring stations. The map includes a legend with symbols for French Drains Top Burrows, French Drains, Phosphorous Flume, Flume, Soil Moisture Station/Rain Gauge, Met Station, and Discontinued Green Farmlet. Fields are labeled with names like Pecketsford, Little Pecketsford, Great Field, Longlands North, Longlands East, Longlands South, Ware Park, Poor Field, Bottom Burrows, Burrows, Top Burrows, Orchard Dean North, Orchard Dean South, Golden Rove, Dairy North, Lower Whesby, Dairy East, Dairy Corner, Dairy South, Middle Wyke Moor, Higher Wyke Moor, and Lower Wyke Moor. Fields are color-coded: red for Pecketsford, Great Field, Poor Field, and Dairy East; green for Burrows, Orchard Dean North, Orchard Dean South, and Golden Rove; blue for Longlands North, Longlands East, Longlands South, Dairy North, Lower Whesby, Dairy Corner, Dairy South, Middle Wyke Moor, Higher Wyke Moor, and Lower Wyke Moor; and hatched for Top Burrows. Monitoring stations are marked with red circles, and flumes are marked with blue squares. A north arrow is in the top left corner.

Animales

Para este estudio se ocuparon tres categorías de animales, bovinos de carne, ovejas y corderos, que fueron distribuidos de manera homogénea entre los distintos tratamientos. En cada tratamiento se utilizaron en promedio: i) 30 bovinos de carne

por tratamiento (92 en total) de un peso y edad promedio (medido al inicio del período de pastoreo en estudio) de $453 \pm 86,3$ kg y $365 \pm 28,05$ días, respectivamente, de las razas Charolais, Hereford x Friesian y Stabiliser (mezcla de Hereford, Angus, Simmental y Gelbvieh); ii) 92 ovejas de la raza Suffolk x Mule (276 en total) de un peso promedio de $68,7 \pm 7,7$ kg, además de 22 borregas de reemplazo de una edad promedio 198 días, las cuales entraron al sistema productivo el 17 de octubre del 2018, unas semanas antes que empezara el servicio reproductivo; iii) 122 corderos en promedio por tratamiento (367 en total) con una edad y peso promedio de 35 días y $13,51 \pm 3,3$ kg, respectivamente. Estos corderos fueron destetados a los 91 días de edad en promedio y con un peso promedio de $28,97 \pm 5,4$ kg, y provenían de la cruce de las hembras Suffolk x Mule con carneros Charollais. Todos los animales tuvieron una alimentación a base de forraje cosechado directo por pastoreo de las praderas permanentes, sin ningún tipo de suplementación adicional.

El período de pastoreo se extendió en todos los animales desde su ingreso a las praderas hasta su salida del sistema, producto de su muerte o venta cuando cumplían con los estándares de engrasamiento, peso y condición corporal, específicos para cada categoría animal. En el caso de los bovinos el período de pastoreo se extendió por 199 días, mientras que en ovejas fue de 274 días y para corderos fue de 272 días.

Manejo de las praderas y del pastoreo

En relación con los manejos de fertilización de las praderas para pastoreo realizadas por el Rothamsted Research, en los potreros MIX se aplicó una fertilización nitrogenada de mantención, con una dosis anual equivalente a 59 kg ha^{-1} de N, considerando la fijación de nitrógeno que resulta de la asociación entre el trébol blanco y las bacterias del género *Rhizobium*. En los potreros MIX, además se aplicó 121 kg ha^{-1} de P, 43 kg ha^{-1} de K, 58 kg ha^{-1} de carbonato de calcio y 1050 kg ha^{-1} de materia orgánica. Para los potreros BAA se aplicaron dosis anuales de 392 kg ha^{-1} de N, 66 kg ha^{-1} de P, 28 kg ha^{-1} de K, 78 kg ha^{-1} de carbonato de calcio y 1620 kg ha^{-1} de materia orgánica. Para los potreros NAT se aplicó una dosis anual de 296 kg ha^{-1} de N, 83 kg ha^{-1} de P, 32 kg ha^{-1} de K, 203 kg ha^{-1} de carbonato de calcio y

1180 kg ha⁻¹ de materia orgánica. Junto con lo anterior, se realizaron aplicaciones del herbicida Pinnacle en la dosis comercial recomendada por el fabricante (DuPont) en todos los potreros del tratamiento MIX para el control de malezas de hoja ancha.

Respecto del manejo del pastoreo, se utilizó un sistema de pastoreo rotacional, en donde, cada categoría animal pastoreaba en potreros distintos. Los bovinos de carne se mantuvieron la mayor parte del tiempo pastoreando en los potreros de mayor superficie, mientras que las ovejas fueron rotando principalmente en los potreros de menor extensión. En el caso de las ovejas y corderos se utilizaron los 7 potreros existentes por tratamiento, y en el caso de los bovinos de carne se usaron 5 potreros por tratamiento. El excedente de forraje que no fue consumido por el ganado durante el periodo de pastoreo fue cosechado para ser conservado como ensilaje.

Evaluaciones

La composición botánica de las praderas se determinó a partir de los valores de dominio de las diferentes especies existentes en los tratamientos, obtenidos por la información disponible en el Data portal del Rothamsted Research. Estos datos se determinaron mediante el método de cobertura, utilizando cuadrantes de 0,25 m² dispuesto de manera aleatoria en diferentes ubicaciones de muestro en las praderas, de acuerdo a lo descrito por Harris (2021). El promedio de cobertura por especie se estimó mediante una formula 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 totales publicados en el Data Portal de Rothamsted Research, los que fueron determinados a partir de un total de 9 mediciones por tratamiento, realizadas entre los meses de abril a agosto con intervalos de alrededor de 15 días entre cada medición. La concentración de PC se determinó mediante el método de Kjeldahl (AOAC, 1995) multiplicando el contenido total de N reportado en el Data Portal por el factor 6,25. El valor de EM se determinó en base al contenido de FDA de acuerdo a las fórmulas descritas en la National Research Council, (2001) (1, 2 y 3).

$$\text{NDT (\%)} = 92,51 - (\text{FDA} \times 0,7965) \quad (1)$$

En donde, NDT son los nutrientes digestibles totales, y FDA es el contenido de fibra detergente ácida de las praderas.

$$\text{ED (\%)} = 0,04409 \times \text{NDT} \quad (2)$$

En donde, ED es la concentración de energía digestible y NDT es el contenido de los nutrientes digestibles totales de las praderas.

$$\text{EM (\%)} = 1,01 \times \text{ED} - 0,45 \quad (3)$$

Finalmente, los valores de EM fueron multiplicados por el factor 4,184 para convertir los valores de Mcal kg⁻¹ MS a MJ kg⁻¹ MS.

Los registros de peso vivo de los animales fueron obtenidos del Data portal del Rothamsted Research. Los pesajes fueron realizados a intervalos no constantes de evaluación, que fluctuaron entre 8 a 34 días en bovinos, 6 a 61 días en ovejas, y 12 a 30 días en corderos.

El promedio de ganancia diaria de peso (GDP) de bovinos y ovinos, se estimó a partir de la diferencia en los pesos registrados (8 en bovinos, 10 en ovejas y 15 en corderos) divididos por los días transcurridos entre dos pesajes consecutivos. Este procedimiento se repitió para todos los eventos de pesaje durante el período de pastoreo de todos los animales, y se promediaron las GDP de cada categoría animal. La GDP en ovinos fue estimada para los días previos y posteriores al destete (GDP pre y post destete).

Las ganancias de peso acumuladas (GPA) de los animales de una misma categoría durante el periodo de pastoreo, 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).

El peso final, para todas las categorías de animales, 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.

El peso vivo individual de bovinos y ovinos se estimó para cada día transcurrido entre dos pesajes consecutivos asumiendo que hubo una ganancia de peso constante entre ambos pesajes. El consumo de pradera en bovinos de carne durante el período de pastoreo; evaluado en kg de MS por hectárea; fue estimado

para cada tratamiento mediante la sumatoria del consumo diario de MS del conjunto de animales durante el período a pastoreo, dividido por la superficie de pradera pastoreada. El consumo diario de MS de pradera para cada animal fue estimado utilizando la metodología descrita por Minson y McDonald (1987) (4).

En donde, CMS es consumo diario de MS de pradera, PV es el peso vivo de los animales, y PGD es el promedio de la ganancia diaria de peso individual.

En ovinos, el consumo diario de MS de pradera por hectárea durante el período de pastoreo fue estimado mediante la sumatoria del consumo diario de pradera de los ovinos dividido por las hectáreas utilizadas para el pastoreo por tratamiento. Este consumo diario de MS de praderas de ovinos, se estimó a partir del porcentaje de peso vivo (% PV) de los animales según el estado fisiológico (ovejas) o edad (corderos) en que se encontraban (Tabla 2). En cada categoría ovina, 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.

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

Ovejas		Corderos	
Periodo	% PV	Periodo	% 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 cantidad de MS de pradera cosechada por hectárea para la elaboración de ensilaje, fue determinada mediante la suma de la cantidad de MS total de pradera cosechada en cada corte (23 de mayo y 11 de septiembre), dividida por el número

de hectáreas cosechadas en cada tratamiento.

Análisis estadístico

Para analizar las variables de composición botánica y química de las praderas, las GDP para las tres categorías (bovinos de carne, ovejas y corderos) y producción de MS de las praderas, se realizó un análisis descriptivo de los datos. Esto se debe a que el experimento no contempló replicas físicas, por lo que solo existió un sitio productivo por tratamiento. Todos los cálculos fueron realizados en el programa Excel de Microsoft Office y los resultados se presentaron en porcentaje o promedio $\pm$ desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición botánica y química de las praderas

La composición botánica de las praderas de los distintos tratamientos se presenta en la Tabla 3. La presencia de BP en el tratamiento BAA fue de 73%, siendo superior en 13 puntos porcentuales a la presencia de la especie en las praderas MIX (60%) y en 40 puntos porcentuales a la de las praderas NAT (33%). La mayor presencia de BP en las praderas sembradas respecto de las praderas NAT, estuvo dentro de lo esperado, considerando que las praderas MIX y BAA fueron establecidas entre 3 a 5 años antes del inicio del presente estudio, con una dosis de siembra promedio de los tratamientos de 22,5 kg ha⁻¹ de ballica perenne, mientras que las praderas del tratamiento NAT fueron establecidas hace más de 20 años (Hawkins, 2021). La mayor presencia de BP en las praderas del tratamiento BAA en comparación al tratamiento MIX, está dentro de los resultados esperados, pues las praderas del tratamiento BAA se sembraron con una dosis 20% mayor de BP respecto de la dosis empleada en la mezcla del tratamiento MIX. La presencia de BP en las praderas BAA fue mayor al 65% reportado por Lazzarini (2010) en un estudio realizado en Nueva Zelanda con praderas monofíticas de 4 años de edad usando el mismo cultivar de BP alta en carbohidratos solubles en agua del presente estudio (cv. AberDart), mientras que, en las praderas sembradas del tratamiento MIX, la presencia de BP fue menor al 64% reportado por el autor.

En relación con TB, su presencia en el tratamiento MIX fue superior en 12 puntos

porcentuales a los otros dos tratamientos que bordeaban un 3% de presencia en promedio (Tabla 3). La presencia observada de TB en el tratamiento MIX coincide con el 15% reportado por Wilman *et al.*, (2001) en un estudio realizado en Gales, Reino Unido en una pradera mixta de BP-TB pastoreada por bovinos. Sin embargo, la presencia de TB en las praderas MIX de nuestro estudio fue superior al 9% de TB reportado por Lazzarini (2010) en praderas mixtas de BP-TB pastoreadas por bovinos de carne. En el sur de Chile, las praderas permanentes de BP-TB tienen una presencia de trébol blanco que no supera el 10% de la materia seca total (Romero, 2005).

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

Especies	Tratamientos		
	MIX	NAT	BAA
<i>Lolium perenne</i> L.	60%	33%	73%
<i>Trifolium repens</i> L.	15%	4%	2%
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	11%	50%	13%
Otras gramíneas	10%	8%	10%
Especies de hoja ancha	4%	5%	2%

MIX: praderas mixtas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua con trébol blanco, NAT: praderas naturalizadas, BAA: praderas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua.

A diferencia de los tratamientos MIX y BAA, en las praderas NAT, se observó una mayor presencia de especies gramíneas diferentes a la ballica perenne, particularmente de chéptica alemana. La mayor presencia de chéptica alemana del tratamiento NAT estuvo dentro de los resultados esperados, considerando la edad de las praderas naturalizadas y los menores requerimientos que tiene esta especie respecto de la ballica perenne, en términos de fertilización, temperaturas, disponibilidad de agua, entre otras (Holmes, 1989; Parga, 2003). La presencia de plantas de chéptica alemana observadas en el tratamiento NAT fueron superiores al 43% reportado por Orr *et al.*, (2019) en una pradera naturalizada del mismo sitio en estudio.

En todos los tratamientos se encontró la presencia de otras especies gramíneas diferentes a ballica perenne y chéptica alemana, entre ellas: *Holcus lanatus* L., *Alopecurus geniculatus* L.; *Poa annua* L. y *Poa trivialis* L., mientras que, en la categoría de especies de hojas ancha, se observó la presencia de *Ranunculus repens* L.; *Taraxacum officinale* L. y *Rumex obtusifolius* L., principalmente en el tratamiento NAT (Tabla 3).

Respecto a la composición química de las praderas pastoreadas por los animales, la concentración de MS fue similar entre los tratamientos, que en promedio bordeaban los 25,4% (Tabla 4). Estos resultados son superiores a lo reportado por Wilkinson *et al.*, (2014), quienes obtuvieron una concentración promedio de MS de 18,3% a partir de diferentes muestras de praderas dominadas por gramíneas evaluadas en un periodo de siete años en el Reino Unido. El contenido de PC del tratamiento MIX fue inferior a los tratamientos NAT y BAA en 2,3 puntos porcentuales en promedio. La concentración promedio de PC de las praderas del tratamiento MIX fue menor a lo esperado considerando la presencia de TB como especie leguminosa, cuyo contenido de PC en praderas mixtas de BP-TB se encuentra en un rango de 12% a 23% (Kirchhof *et al.*, 2010; Ogle y John, 2008). El contenido de CSA de las praderas MIX y BAA fue similar entre sí, promediando 19,7% de la MS, valor que supera en 1,8 puntos porcentuales a las praderas del tratamiento NAT. La concentración de CSA de las praderas MIX y BAA estuvieron dentro del rango de 20% a 40% de CSA esperado para praderas de cultivares de BP ricos en carbohidratos solubles en agua (Lee *et al.*, 2018). La concentración de EM de las praderas fue similar entre los tratamientos, con un promedio de 11,9 MJ kg⁻¹ MS⁻¹, a pesar de que el contenido de CSA fue levemente superior en los tratamientos BAA y NAT en comparación al tratamiento MIX. Esto pudo deberse a que las praderas del tratamiento BAA y NAT tenían un mayor contenido de FDN, alcanzando un promedio de 47% de la MS (Tabla 4), lo que pudo haber generado una reducción en la digestibilidad de la MS de las praderas del tratamiento BAA y NAT en comparación al tratamiento MIX (Van Soest, 1982; Di Marco, 2011). El contenido de cenizas fue similar entre los tres tratamientos, siendo en promedio 8,5%, resultados que son consistentes al promedio de cenizas de 9,0%

MS que fueron obtenidas en praderas permanentes pastoreadas por bovinos y ovinos en Inglaterra durante los meses de abril a agosto (Bell *et al.*, 2018).

Tabla 4. Composición química promedio de las praderas pastoreadas en los distintos tratamientos durante el año 2018.

	MIX	NAT	BAA
MS (%)	25,9 ± 5,08	25,8 ± 6,36	24,5 ± 4,71
PC (% MS)	15,0 ± 3,87	17,4 ± 3,82	17,1 ± 3,47
CSA (% MS)	19,6 ± 3,91	17,9 ± 3,46	19,8 ± 4,42
EM (MJ kg ⁻¹ MS ⁻¹)	12,0 ± 0,31	11,9 ± 0,24	11,9 ± 0,24
FDN (% MS)	44,0 ± 6,12	47,1 ± 4,79	46,9 ± 3,97
Cenizas (% MS)	8,7 ± 0,71	8,2 ± 0,91	8,7 ± 0,85

Valores promedio ± desviación estándar. MIX: praderas mixtas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua con trébol blanco, NAT: praderas naturalizadas, BAA: praderas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua., MS: materia seca, PC: proteína cruda, CSA: carbohidratos solubles en agua, FDN: fibra detergente neutro y EM: energía metabolizable.

Rendimiento animal

Las GDP, GPA y peso final de todas las categorías de animales en los distintos tratamientos, se presentan en la Tabla 5. La GDP de los bovinos de carne del tratamiento MIX fue 6,0% superior a la del tratamiento NAT y 15,3% a la del tratamiento BAA. La mayor GDP de los bovinos de carne del tratamiento MIX, pudo deberse a que estas praderas presentaban un menor contenido de FDN en comparación a las praderas NAT y BAA (Tabla 4), lo que pudo aumentar la digestibilidad de la MS (Nolan y Savage, 2009; Di Marco, 2011). Esta GDP de los animales del tratamiento MIX fueron similares a los 680 g día⁻¹ reportados por McAuliffe *et al.*, (2018) en bovinos de carne a pastoreo sobre praderas mixtas de BP (alta en carbohidratos solubles) con trébol blanco en un estudio realizado entre los años 2013 y 2015 en el NWFP. La mayor GDP de los animales del tratamiento MIX del presente estudio respecto de los animales de los tratamientos NAT y BAA, permitió que la GPA de los primeros fuese superior en un 6.0% a la ganancia obtenida por los animales del tratamiento NAT y en un 15,2% a los del tratamiento BAA. El peso final de los bovinos de carne de los tratamientos MIX y NAT fueron similares entre sí promediando 593,4 kg, superando en 16 kg al peso final de los

animales del tratamiento BAA. Asimismo, es importante considerar que el tratamiento MIX permitió la venta de una mayor cantidad de animales (MIX: 29; NAT: 27; BAA: 25 animales vendidos).

En ovejas, la GDP pre-destete de los animales del tratamiento NAT fue superior en un 17% a las del tratamiento BAA y superó en un 22% a las del tratamiento MIX. Sin embargo, luego del destete, los tres tratamientos tuvieron similar GDP con un promedio de 45 g día⁻¹, aunque solo las ovejas del tratamiento MIX tuvieron un aumento de 1 g día⁻¹ en la GDP, respecto al período de pre-destete. El tratamiento NAT tuvo una GDP pre-destete superior a los dos tratamientos, y esto podría deberse a su concentración de CSA de sus praderas, lo cual pudo haber generado una mayor eficiencia en la síntesis proteica a nivel ruminal de los animales (Lee *et al.*, 2001). Como se mencionó anteriormente, la GDP post-destete tuvo valores similares, y esto pudo haber sido por el contenido de MS en el forraje de las praderas de los tres tratamientos (ver Tabla 4, en el ítem de composición botánica y química de las praderas) los cuales eran similares en los valores, generando solo una mínima diferencia en la GDP pre y post-destete de las ovejas en el tratamiento MIX, lo cual, podría deberse básicamente a una variación estacional en el contenido de MS de las praderas, el cual típicamente aumenta a comienzos de primavera, llegando a su contenido máximo en verano, para luego disminuir progresivamente en otoño (Demanet *et al.*, 2015). Lo anterior, se asocia al menor contenido de FDN de las praderas del tratamiento MIX a diferencia de las praderas NAT y BAA (ver Tabla 4, en el ítem de composición botánica y química de las praderas), lo que pudo haber estimulado un mayor consumo de forraje de los animales (John y Ulyatt, 1987). Sin embargo, este supuesto no generó un mayor peso final de las ovejas del tratamiento MIX respecto de los animales que consumieron las praderas NAT y BAA, teniendo en promedio 79,2 kg entre los tres tratamientos.

En corderos, las GDP pre-destete de los animales del tratamiento NAT fue un 3% superior respecto al tratamiento BAA, y superó en un 13,1% al tratamiento MIX. Esta mayor GDP pre-destete de los corderos lactantes del tratamiento NAT, pudo deberse a la mayor GDP pre-destete observada en las ovejas del mismo tratamiento, que pudo contribuir a una mayor producción de leche pre-destete en

las ovejas, favoreciendo a sus corderos lactantes. Las GDP pre-destete obtenidas en todos los tratamientos estudiados, fueron levemente inferiores al rango de 268 a 278 g día⁻¹ reportado por Grace *et al.*, (2019), en corderos pastoreando praderas de ballica perenne sola y en asociación con trébol blanco, respectivamente.

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

	Tratamientos		
	MIX	NAT	BAA
Bovinos			
GDP (g día ⁻¹)	686 ± 0,55	647 ± 0,65	595 ± 0,40
GPA (kg)	136,2 ± 43,35	128,5 ± 38,81	118,2 ± 32,49
Peso final (kg)	594,0 ± 55,70	592,8 ± 48,58	577,4 ± 56,79
Edad de venta (días)	559 ± 19,16	555 ± 19,20	562 ± 17,50
Ovejas			
GDP P-D (g día ⁻¹)	46 ± 0,06	59 ± 0,07	49 ± 0,02
GDP PO-D (g día ⁻¹)	47 ± 0,09	45 ± 0,11	44 ± 0,06
Peso final (kg)	78,2 ± 11,62	80,0 ± 9,82	79,5 ± 11,24
Corderos			
GDP P-D (g día ⁻¹)	233 ± 0,02	268 ± 0,02	260 ± 0,02
GDP PO-D (g día ⁻¹)	154 ± 0,09	113 ± 0,09	103 ± 0,06
GPA (kg)	33,6 ± 13,87	36,1 ± 10,30	36,2 ± 8,15
Peso final (kg)	38,5 ± 14,02	41,0 ± 10,38	41,2 ± 8,39

Promedio ± desviación estándar. MIX: praderas mixtas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua con trébol blanco, NAT: praderas naturalizadas, BAA: praderas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua. GDP: ganancia diaria de peso, GPA: ganancia de peso acumulada, GDP P-D: ganancia diaria de peso pre-destete, GDP PO-D: ganancia diaria de peso post –destete.

La GDP post-destete de los corderos del tratamiento MIX fue 26,3% superior a las obtenidas por los animales del tratamiento NAT y 38,5% a las del tratamiento BAA. Estos resultados son levemente inferiores a lo reportado por Proctor *et al.*, (2015), quienes observaron una GDP post-destete de 200 g día⁻¹ en corderos pastoreando praderas de BP alta en carbohidratos solubles en mezcla con trébol blanco. La

mayor GDP post-destete de los corderos del tratamiento MIX, pudo deberse a su menor contenido de FDN en relación con las praderas del tratamiento NAT y BAA, lo que pudo estimular un mayor consumo de praderas y con ello un mayor peso de los animales en este período (Grace *et al.*, 2018). Sin embargo, la GPA de los animales del tratamiento MIX fue 8,1% menor a la obtenida por los animales de los tratamientos NAT y BAA, que en promedio tuvieron una GPA de 36,2 kg. Esto pudo deberse a que los animales del tratamiento MIX se mantuvieron dentro del sistema por menos tiempo (MIX: $162 \pm 1,37$; NAT: $175 \pm 1,43$; BAA: $186 \pm 1,47$ días). Lo anterior pudo ser la causa de que los animales del tratamiento MIX tuvieran un menor peso final entre todos los tratamientos, siendo 6,7% inferior (2,6 kg) al promedio de los tratamientos NAT y BAA. Los pesos de los animales vendidos fueron similares en los tres tratamientos, teniendo en promedio 40,2 kg, todo esto con una proporción de venta del 85% del total de animales por tratamiento (MIX: 102; NAT: 105; BAA: 104 animales).

Productividad de MS de las praderas

El consumo total de MS de las praderas por categoría animal (kg MS ha^{-1}), la cantidad de MS cosechada para la elaboración de ensilaje (kg MS ha^{-1}) y la producción total de MS de las praderas de cada tratamiento (kg ha^{-1}), se presentan en la Tabla 6. En el consumo de las praderas por categoría animal, se pudo observar que el consumo de los bovinos de carne del tratamiento MIX fueron superiores 2,1% al consumo promedio que tuvieron los animales de los tratamientos NAT y BAA. Esta diferencia pudo deberse a que las praderas del tratamiento MIX tuvieron una menor concentración de FDN en relación con los tratamientos NAT y BAA (ver Tabla 4, en el ítem de composición botánica y química de las praderas), lo que pudo haber generado un mayor estímulo al consumo voluntario de los animales del tratamiento MIX, ósea a tener mayor digestibilidad de la MS, generando en consecuencia un mayor consumo de este. Continuando con lo anterior, ese mayor contenido de FDN de las praderas NAT y BAA pudo haber generado una disminución en el consumo de MS de los animales, por efecto del llenado del rumen (Araujo-Febres, 2005). En ovejas, el consumo de MS de los animales del tratamiento NAT fue 6,3% superior al obtenido por los animales del tratamiento BAA y 14,3% a los del tratamiento MIX.

Tabla 6. Resumen comparativo de la productividad de las praderas en los distintos tratamientos estimada a partir de la cantidad de materia seca consumida por los animales en el periodo de pastoreo y de la cantidad cosechada para ensilaje.

Categorías	Tratamientos		
	MIX	NAT	BAA
Consumo estimado de pradera por categoría animal (kg MS ha ⁻¹)			
Bovinos	7.313	7.106	7.217
Ovejas	1.860	2.125	2.000
Corderos	645	861	945
Consumo total de pradera (kg MS ha ⁻¹) *	9.818	10.092	10.162
Cantidad de MS (kg MS ha ⁻¹) y superficie (ha) de pradera cosechada para la elaboración de ensilaje			
Cantidad	1.913	2.230	1.890
Superficie	11,09	13,01	17,06
Cantidad de MS total cosechada para ensilaje por tratamiento (kg MS ha ⁻¹) **	21.218	29.003	32.238
Productividad de los tratamientos			
Producción total de MS de las praderas por tratamiento (kg ha ⁻¹)	11.731	12.322	12.052

MIX: praderas mixtas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua con trébol blanco, NAT: praderas naturalizadas, BAA: praderas de ballica perenne altas en carbohidratos solubles en agua. *, Cantidad de MS producida por las praderas estimadas a partir del consumo de todas las categorías de animales y la eficiencia de utilización de las praderas en el periodo 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).

Esto pudo deberse al mayor contenido de MS del forraje que tiene el tratamiento NAT, generando en ello un mayor consumo animal por bocado (Balocchi *et al.*, 2011). En corderos, el consumo del tratamiento BAA fue superior 9,8% al tratamiento NAT y 46,5% al tratamiento MIX, esto pudo generarse por la mayor dominancia observada de ballica perenne en las praderas BAA, lo cual se relaciona

con lo reportado por Teuber *et al.*, (2007), quienes dicen que las praderas de BP logran tener una mejor palatabilidad en corderos.

En relación con la cantidad de MS total de pradera cosechada para la elaboración de ensilaje, se encontró que el tratamiento BAA superó en un 11,2% al tratamiento NAT y en 51,9% al tratamiento MIX. Esto se explica por la mayor superficie de pradera cosechada en el tratamiento BAA respecto de los tratamientos MIX y NAT, como resultado de una mayor disponibilidad de forraje para conservación. Lo anterior, pudo deberse a las características botánicas que tiene la ballica perenne alta en carbohidratos (Andrews *et al.*, 1997), generando tener una excelente adaptación a las condiciones del sitio en estudio, sumado a las características químicas de estas praderas, generando que sean superiores en kg MS ha⁻¹. (Wilkins, 1991).

La mayor producción de MS total por hectárea fue obtenida por las praderas del tratamiento NAT, las cuales fueron 3,5% superiores al promedio obtenido entre las praderas sembradas de los tratamientos BAA y MIX (11.892 kg ha⁻¹). Lo anterior, pudo deberse a que las praderas del tratamiento NAT, podrían haber tenido una mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas del lugar de estudio (condado de Devon), sumado a que éstas recibían un adecuado manejo agronómico; en cuanto a fertilización, control de plagas y malezas, entre otros (Online Atlas of the British and Irish flora, sf; Sun *et al.*, 2008). Las praderas que se evaluaron en este estudio fueron praderas permanentes naturalizadas (NAT) y praderas sembradas de cultivares de *L. perenne* altos en carbohidratos solubles en agua, puras (BAA) y en asociación con *T. Repens* (MIX). La producción de MS de las praderas del tratamiento NAT superó en 24,5% a los 9.900 kg MS ha⁻¹ reportados por Orr *et al.*, (2019), en un estudio realizado en el mismo lugar geográfico de este estudio y con la misma metodología para estimar la producción de MS de praderas naturalizadas pastoreadas por bovinos de carne y ovinos. La diferencia que se observó en la productividad de las praderas naturalizadas pudo deberse a que se consideró un mes más de pastoreo en comparación al período evaluado por Orr *et al.*, (2019). En relación a las praderas sembradas (tratamientos MIX y BAA), los valores obtenidos fueron similares a los valores reportados por Orr *et al.*, (2019) en la producción total

de MS, con la única diferencia que las praderas del tratamiento MIX no recibieron fertilización nitrogenada de origen inorgánico, generando en ello un posible efecto positivo en la tasa de macollamiento de la BP y de crecimiento de esas praderas (Balocchi *et al.*, 2011). Al respecto de lo anterior, Ledgard *et al.*, (2001) reportaron que en praderas mixtas de BP-TB, se generó un aumento en un 25% de la producción de MS, esto podría deberse a la presencia de ballica perenne lo cual generaría un aumento a costa del trébol blanco, por la reducción que se genera en la fijación simbiótica del nitrógeno. En un estudio reportado por McClearn (2019) se aplicó una dosis de 250 kg N ha⁻¹ en praderas puras de BP altas en carbohidratos solubles en agua (variedades Aberchoice, Glenveagh, Tyrella y Drumbo), y en mezcla con trébol blanco, resultando producciones de 16.773 kg MS ha⁻¹ y 15.494 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Lo anterior, resulta que son 39,2% superior a los valores obtenidos en el tratamiento BAA y 32,1% que el tratamiento MIX (Tabla 6), respectivamente. Los valores obtenidos en este estudio son más cercanos a los rendimientos reportando por Reyes *et al.*, (2018) quienes, registraron valores que bordeaban los 12.000 kg MS ha⁻¹, rendimientos más cercanos a los obtenidos en este estudio. Finalmente, la diferencia entre lo reportado por McClearn (2019) y el presente estudio podría atribuirse a las diferencias genéticas, ambientales y de adaptación que tienen las variedades de BP alta en carbohidratos solubles en agua utilizadas.

CONCLUSIONES

1. Las GDP de bovinos de carne y la GDP post-destete de ovinos a pastoreo en praderas de cultivares de *L. perenne* altas en carbohidratos solubles en agua son mayores cuando éstas se encuentran en mezcla con *T. repens* y superiores a las GDP de animales alimentados con praderas naturalizadas con más de 20 años de antigüedad de Devon, Reino Unido.
2. La producción de MS de las praderas sembradas de cultivares de *L. perenne* altos en carbohidratos solubles en agua, puras y en asociación con *T. repens*, son similares cuando estas últimas no reciben fertilización nitrogenada de

origen inorgánico, y levemente inferiores a la producción de MS de praderas naturalizadas con dominio de especies gramíneas.

3. Las praderas naturalizadas de la localidad de Devon, Reino Unido, con dominio de especies gramíneas, tienen similar producción de MS y composición química en comparación a las praderas sembradas de cultivares de *L. perenne* altos en carbohidratos solubles en agua, puras o en mezcla con *T. repens*.

REFERENCIAS

1. A.O.A.C., 1995. Association of Official Agricultural Chemist, Official Methods of Analysis. 16th ed. Washington D.C., pp 11441.
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. Ball, P. R. 1982. Nitrogen balances in intensively managed pasture systems. Nitrogen balances in New Zealand Ecosystems, Department of Scientific & Industrial Research (DSIR), Palmerston, New Zealand, 47-66.
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. 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.

8. 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.
9. Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. *Producir XXI, Bs. As*, 20(240), 24-30
10. Easton, H.S., Stewart, A.V., Lyons, T. B., Parris. M. and Charrier, S. 2009. Soluble carbohydrate content of ryegrass cultivars. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 71: 161-166.
11. Edwards, G. R., A. J. Parsons, and S. Rasmussen. 2007. High sugar ryegrasses for dairy systems. Pages 307–334 in *Meeting the Challenges for Pasture-Based Dairying*. Natl. Dairy Alliance, Melbourne, Australia.
12. Grace, C, Boland, TM, Sheridan, H, Lott, S, Brennan, E, Fritch, R and Lynch, MB. 2018. The effect of intensive sheep grazing on the herbage production and utilization, chemical and botanical composition of a perennial ryegrass monoculture and multispecies swards. *Grass and Forage Science* 73, 1–13.
13. Grace, C., Lynch, M., Sheridan, H., Lott, S., Fritch, R., & Boland, T. 2019. Grazing multispecies swards improves ewe and lamb performance. *Animal*, 13(8), 1721-1729. doi:10.1017/S1751731118003245
14. Guy, C., Hennessy, D., Gilliland, T. J., Coughlan, F., McClearn, B., Dineen, M., McCarthy, B. 2018. Comparison of perennial ryegrass, *Lolium perenne* L., ploidy and white clover, *Trifolium repens* L., inclusion for herbage production, utilization and nutritive value. *Grass and Forage Science*.
15. Harris, P. 2021. User guide to field survey data. North Wyke farm platform <http://resources.rothamsted.ac.uk/sites/default/files/groups/North_Wyke_Farm_Platform/FP_UG.Doc_.003_FieldSurveyData_ver1.8.pdf>.
16. Hawkins, J. 2021. Design, Establishment and Development. North Wyke farm platform. <http://resources.rothamsted.ac.uk/sites/default/files/groups/North_Wyke_Farm_Platform/FP_UG.Doc_.001_EstabDevelop_ver1.6.pdf>.
17. Hennessy, D., Delaby, L., Van den Pol-van Dasselaar, A., Shalloo, L. 2020. Increasing Grazing in Dairy Cow Milk Production Systems in Europe. *Sustainability*, 12, 2443.

18. Hepp K., Christian. 2005. Trébol blanco: nitrógeno limpio y gratuito para la ganadería. Tierra Adentro. no. 64.
19. Holmes, W. 1989. Grass Its Production And Utilization. British Grassland Society. London. 306 p.
20. Hume, DE., Hickey, MJ., Lyons, TB., Baird, DB. 2009. Agronomic performance and water-soluble carbohydrate expression of selected ryegrasses at two locations in New Zealand, New Zealand Journal of Agricultural Research, 53:1, 37-57.
21. 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.
22. 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.
23. Lazzarini, M. B. 2010. Milk production and nitrogen partitioning in dairy cows grazing standard and high sugar perennial ryegrass with and without white clover, during spring and autumn: a thesis presented in partial fulfilment of requirements for the degree of Master of Applied Science in Animal Production at Massey University, Palmerston North, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).
24. 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.
25. 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.
26. 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.

27. 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.
28. 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.
29. Merino, V. M., Balocchi, O. A., Rivero, M. J. 2019. Milk Production, Milk Quality, and Behaviour of Dairy Cows Grazing on Swards with Low and High Water-Soluble Carbohydrates Content in Autumn: A Pilot Trial. *Animals*, 9, 1012.
30. Miller, L.A., Moorby, J.M., Davies, D.R., Humphreys, M.O., Scollan, N. D., MacRae, J.C. and Theodorou, M.K. 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 383-394.
31. Minson D.J., McDonald C.K., 1987. Estimating forage intake from the growth of beef cattle. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, St Lucia (Australia). Div. of Tropical Crops and Pastures.
32. Moscoso, C. 2015. Programa de difusión tecnológico en subsector pecuario bovino para el territorio patagonia verde. Capítulo 1, Boletín Instituto de
33. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press.
34. Nolan, J., D, Savage. 2009. Digestible and Metabolisable Energy. <<https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/ANUT-300-500-08-T-02.pdf>>.
35. O'Donovan, M., E. Lewis, P. O'Kiely. 2011. Requirements of future grass-based ruminant production systems in Ireland. *Irish journal of agricultural and food Research.*, 50: 1-21.

36. Ogle, D., St. John, L. 2008. Plant Guide for white clover (*Trifolium repens* L.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Idaho Plant Materials Center, Aberdeen.
37. Online Atlas of the British and Irish flora. 2008. *Sf. Agrostis stolonifera*. <<https://plantatlas.brc.ac.uk/plant/agrostis-stolonifera>>.
38. Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2009. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050.
39. Orr, R. J., Griffith, B. A., Rivero, M. J., & Lee, M. R. 2019. Livestock performance for sheep and cattle grazing lowland permanent pasture: benchmarking potential of forage-based systems. *Agronomy*, 9(2), 101.
40. Pacheco, D., Waghorn, D. C. 2008. Dietary nitrogen – definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 70: 107–116.
41. Parga, J. 2003. Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. In: Teuber, N; Opazo, L; Uribe, H (eds). Seminario: Hagamos de la lechería un mejor negocio. Instituto de Investigación Agropecuaria INIA Remehue, Osorno, Chile. Serie de Actas No24. p 21-31.
42. Pavis, N., Boucaud, J. and Prud'homme, M. P. 2001. Fructans and fructan-metabolizing enzymes in leaves of *Lolium perenne*. *New Phytologist*, 150: 97–109.
43. Proctor, L. E., H. J. B. Craig, N. J. Mclean, P. F. Fennessy, J. I. Kerslake, 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.
44. Reyes, C., Hepp, C., Naguil, A., & Solís, C. 2018. Guía de forrajeras para la zona intermedia de la Región de Aysén.
45. Rivero, M. J., Balocchi, O. A., Moscoso, C. J., Siebald, J. A., Neumann, F. L., Meyer, D., Lee, M. R. F. 2019. Does the “high sugar” trait of perennial ryegrass cultivars express under temperate climate conditions? *Grass and Forage Science*, 74(3), 496–508.

46. Rodwell, J. S. (Ed.). 1992. British plant communities: volume 3, grasslands and montane communities (Vol. 3). Cambridge University Press.
47. Romero, O. 2005. Trebol blanco: clave en los sistemas pastoriles. Tierra adentro.
48. Sun, X., N. Luo, B. Longhurst, J. Luo. 2008. Fertiliser Nitrogen and Factors Affecting Pasture Responses. *Open Agric. J.*, 2: 35-42.
49. Takahashi, T., Harris, P., Blackwell, M. S. A., Cardenas, L. M., Collins, A. L., Dungait, J. A. J., ... & Lee, M. R. F. 2018. Roles of instrumented farm-scale trials in trade-off assessments of pasture-based ruminant production systems. *Animal*, 12(8), 1766-1776.
50. 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. *Animal Feed Science and Technology*., 121: 243–256.
51. 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.
52. Turner, L., Farrel, M., Humphreys, M., Dolstra, O. 2010. Testing Water soluble Carbohydrate QTL effects in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by marker selection. *Theoretical and applied genetics*.
53. Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books. Inc., Corvallis, OR, 374.
54. Wilkins, P. W. 1991. Breeding perennial ryegrass for agriculture. *Euphytica*, 52: 201-214.
55. 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.
56. Wilman, D., Byrne, S. A., & Owen, H. L. 2001. Long-term persistence of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* in sown hill swards. *The Journal of Agricultural Science*, 137(3), 319-327.