



universidad  
de león



**SISTEMAS ALTERNATIVOS DE  
PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO  
EN EXTENSIVO CON RAZAS  
AUTÓCTONAS ASTURIANAS**

**Tesis Doctoral**

**Alicia Román Trufero**



universidad  
de león



# **SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO EN EXTENSIVO CON RAZAS AUTÓCTONAS ASTURIANAS**

**Programa de Doctorado**

**“Ciencias Veterinarias y de los Alimentos”**

Memoria presentada por Alicia Román Trufero para optar al grado  
de Doctor por la Universidad de León

León, 28 de junio de 2018

Directores:

Dr. Rafael Celaya Aguirre

Dr. Koldo Osoro Otaduy

Tutor:

Dr. Luis Fernando de la Fuente Crespo

# ÍNDICES

---

Índice de tablas .....	V
Índice de figuras .....	IX
Lista de abreviaturas .....	XIII
Capítulo I. Resumen/Summary .....	1
Capítulo II. Introducción .....	11
1. El sector vacuno de carne.....	13
1.1. El sector vacuno de carne es España y Asturias .....	13
1.2. Evolución del censo de bovino.....	14
1.3. Producción y consumo de carne de vacuno en España y Asturias ...	16
2. Recursos disponibles para la producción de vacuno .....	18
2.1. Razas autóctonas de ganado vacuno de Asturias .....	18
2.2. Los pastos de Asturias.....	23
3. Productividad del vacuno de carne .....	27
3.1. Reproducción y sanidad.....	27
3.2. Nutrición y conducta de pastoreo .....	30
3.3. Manejo del pastoreo y de la alimentación .....	34
4. Sistemas de manejo del vacuno en extensivo .....	37
4.1. Sistemas de alta montaña.....	39
4.2. Sistemas ecológicos.....	40
Capítulo III. Objetivos .....	43
Capítulo IV. Materiales y métodos.....	47
1. Fincas experimentales .....	49
1.1. Localización y características de las fincas.....	49
1.2. Datos climatológicos en las zonas de estudio.....	50
2. Animales .....	53
2.1. Manejo reproductivo.....	53
2.2. Manejo de la alimentación.....	54

3. Diseño experimental .....	55
3.1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.....	55
3.1.1. Manejo de los animales.....	55
3.1.2. Mediciones .....	55
3.2. Sistemas ecológicos en régimen semi-extensivo.....	57
3.2.1. Diseño del ensayo .....	57
3.2.2. Mediciones .....	58
4. Análisis estadísticos .....	59
Capítulo V. Resultados.....	61
Objetivo 1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.....	63
1.1. Beef steer production from two local breeds under two management systems differing in the utilization of mountain pastures .....	67
Abstract .....	69
1. Introduction .....	70
2. Material and methods .....	71
2.1. Study site and available pastures.....	71
2.2. Experimental design and animal management.....	72
2.3. Measurements.....	74
2.4. Statistical analysis .....	76
3. Results.....	76
3.1. Pastures.....	76
3.2. Steer performance .....	80
3.3. Yield at slaughter and carcass traits .....	85
4. Discussion .....	87

---

4.1. Available pastures .....	87
4.2. Breed and management effects on steer performance .....	88
4.3. Yields at slaughter .....	92
5. Conclusions .....	93
Acknowledgements.....	94
1.2. Foraging behaviour and performance of steers from two local breeds grazing at Cantabrian (N Spain) summer pastures .....	95
Abstract .....	97
1. Introduction.....	98
2. Material and methods .....	99
2.1. Study site and experimental animals.....	99
2.2. Measurements on vegetation .....	101
2.3. Foraging behaviour and performance of steers.....	102
2.4. Statistical analyses.....	103
3. Results.....	104
3.1. Available pastures and chemical composition .....	104
3.2. Foraging behaviour.....	105
3.3. Animal Performance .....	109
4. Discussion .....	110
4.1. Grazing behavior and diet selection.....	110
4.2. Steer performance .....	113
Acknowledgements.....	116
Objetivo 2. Cebo ecológico de terneros tras el destete frente a un sistema convencional semi-extensivo.....	117
Organic vs. semi-extensive conventional fattening of weaned beef calves	

## Índice general

---

Abstract .....	121
Implications.....	122
1. Introduction.....	122
2. Material and methods .....	124
2.1. Experimental design and animal management.....	124
2.2. Vegetation measurements .....	127
2.3. Animal performance .....	127
2.4. Carcass measurements .....	128
2.5. Statistical analysis .....	129
3. Results.....	130
3.1. Grazed pastures .....	130
3.2. Animal performance.....	133
3.3. Carcass characteristics.....	137
4. Discussion .....	139
4.1. Pastures .....	139
4.2. Animal performance and production per grazing area .....	140
4.3. Finishing .....	141
4.4. Carcass characteristics.....	143
Acknowledgements.....	143
Capítulo VI. Discusión general .....	145
Capítulo VII. Conclusiones .....	157
Capítulo VIII. Bibliografía.....	161



---

 ÍNDICE DE TABLAS

## Capítulo II. Introducción

Tabla 1. Censo de animales de raza Asturiana de los Valles (diciembre 2016) .....	21
---	----

Tabla 2. Censo de animales de raza Asturiana de la Montaña (diciembre 2016) .....	22
---	----

## Capítulo V. Resultados

Objetivo 1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.

1.1. Beef steer production from two local breeds under two management systems differing in the utilization of mountain pastures.

Table 1. Botanical composition (mean cover percentages $\pm$ s.e.) of the pastures grazed by steers at each study site .....	78
--	----

Table 2. Chemical composition of the herbage from the different pastures, including heather green shoots from the mountain heathlands .....	79
---	----

Table 3. Daily body weight gains (g/day) of male calves from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) during the early stages of their life: spring grazing at lowlands and summer grazing in the mountain as sucklers with their mothers, autumn grazing at lowlands after weaning, indoor wintering, and spring grazing after being castrated.....	81
---	----

Table 4. Daily body weight gains (g/day) of steers from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) managed during summer grazing (second year of life) at lowlands (L) or mountain pastures (M), and	
---	--

thereafter managed at lowlands until their slaughter ..... 84

Table 5. Age and yields at slaughter of steers from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) managed during summer grazing of their second year of life at lowlands (L) or mountain pastures (M), and thereafter managed at lowlands until their slaughter ..... 86

1.2. Foraging behaviour and performance of steers from two local breeds grazing at Cantabrian (N Spain) summer pastures.

Table 1. Chemical composition (g/kg DM) of the main plant components of mountain pastures sampled in early (July) or late summer (September) .. 105

Table 2. Daily grazing times and percentages on different plant communities of summer pastures by yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) ..... 108

Table 3. Diet composition of yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) grazing on mountain pastures composed of 70% grasslands and 30% heathlands..... 109

Table 4. Daily bodyweight (BW) changes of yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) grazing on mountain pastures composed of 70% grasslands and 30% heathlands ..... 110

Objetivo 2. Cebo ecológico de terneros tras el destete frente a un sistema convencional semi-extensivo.

Organic vs. semi-extensive conventional fattening of weaned beef calves

---

Table 1. Ingredients and nutritional characteristics of conventional and organic feedstuffs used for calf fattening before (grazing and winter, Gr-W) and during the finishing period .....	132
Table 2. Calves' BW gains during autumn grazing after weaning, winter feeding in stable, and spring grazing under conventional (Conv) or organic (Org) management .....	134
Table 3. Mean stocking rates and production per unit of land area of beef calves during autumn and spring grazing under conventional (Conv) or organic (Org) management .....	135
Table 4. Performance and feed consumption of yearling calves during finishing fed on conventional (CC: concentrate and straw) or organic (PG pasture grazing; HS: hebage silage; MS: maize silage) feeding systems .....	136
Table 5. Carcass traits and tissue composition of yearling calves fed on conventional (CC: concentrate and straw) or organic (PG pasture grazing; HS: hebage silage; MS: maize silage) feeding systems .....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

## Capítulo II. Introducción

Figura 1. Distribución del censo de vacas nodrizas en España por provincias en 2016 ..... 14

Figura 2. Evolución del censo de ganado vacuno en Asturias, según la raza, entre 1998 y 2016 ..... 15

Figura 3. Densidad de población de ganado vacuno (número de cabezas/km<sup>2</sup>) de las distintas razas en Asturias en 2016..... 23

Figura 4. Esquema de valoración de la condición corporal ..... 28

Figura 5. Factores que influyen en la ingestión de pasto ..... 31

Figura 6. Componentes de conducta de ingestión ..... 32

## Capítulo IV. Materiales y métodos

Figura 1. Localización de las fincas experimentales en las que se han llevado a cabo los ensayos..... 50

Figura 2. Temperaturas máximas anuales medias en el Principado de Asturias (°C) ..... 51

Figura 3. Temperaturas mínimas anuales medias en el Principado de Asturias (°C) ..... 52

Figura 4. Precipitación media anual en el Principado de Asturias (l/m<sup>2</sup>) ..... 53

Figura 5. Esquema del ciclo de vida de los cebones ..... 56

Figura 6. Esquema del ciclo productivo de los terneros ..... 58

Capítulo V. Resultados

Objetivo 1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.

1.1. Beef steer production from two local breeds under two management systems differing in the utilization of mountain pastures

Figure 1. Sward height of the pastures grazed by steers: lowland improved (solid line) and semi-abandoned grasslands (dashed line), and mountain grasslands (dotted line). Means  $\pm$  s.e. of 4–5 years at each site at the start and end of each grazing season ..... 80

Figure 2. Changes in body weight (mean  $\pm$  s.e.) during the life cycle of steers from Asturiana de los Valles (black lines) or Asturiana de la Montaña (grey lines) breeds, managed at lowland (dashed lines) or mountain pastures (dotted lines) during the summer of the second year (solid lines indicate pre-treatment common management) ..... 83

1.2. Foraging behaviour and performance of steers from two local breeds grazing at Cantabrian (N Spain) summer pastures.

Figure 1. Diurnal variations in the grazing use of each plant community by yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) in Cantabrian summer pastures ..... 107

Objetivo 2. Cebo ecológico de terneros tras el destete frente a un sistema convencional semi-extensivo

Organic vs. semi-extensive conventional fattening of weaned beef calves

Figure 1. Botanical composition of pastures grazed by yearling calves from March (Mr) to July (Jl) during three years and managed under conventional or organic management ..... 131

**LISTADO DE ABREVIATURAS**

<b>ADF</b>	Fibra Ácido Detergente	Acid Detergent Fibre
<b>ADL</b>	Lignina Ácido Detergente	Acid Detergent Lignin
<b>AM</b>	Asturiana de la Montaña	Asturian Mountain cattle
<b>ANOVA</b>	Análisis de la Varianza	Analysis of Variance
<b>AOAC</b>	Association of Official Analytical Chemists	
<b>ASEAMO</b>	Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de la Montaña	
<b>ASEAVA</b>	Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de los Valles	
<b>AV</b>	Asturiana de los Valles	Asturian Valley cattle
<b>BW</b>	Peso Vivo	Body Weight
<b>CC</b>	Alimentación convencional	Conventional Feeding with concentrate
<b>CE/EC</b>	Comunidad Europea	European Community
<b>CITAB</b>	Centro de Investigaçã o e Tecnologias Agroambientais e Biológicas	
<b>Conv</b>	Convencional	Conventional
<b>COPAE</b>	Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias	
<b>CP</b>	Proteína Bruta	Crude Protein
<b>DM/MS</b>	Materia Seca	Dry Matter
<b>EUROSTAT</b>	Oficina Europea de Estadística	
<b>Fig</b>	Figura	Figure
<b>FS</b>	Sistema de alimentación	Feeding System

Listado de abreviaturas

---

<b>GLM</b>	Modelo lineal general	General Linear Model
<b>ha</b>	Hectáreas	Hectares
<b>HS</b>	Ensilado de hierba	Herbage Silage
<b>IGP</b>	Indicación Geográfica Protegida	
<b>INIA</b>	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	
<b>L</b>	Valle	Lowland
<b>LM</b>	Músculo longísimo	Longissimus Muscle
<b>LU</b>	Unidad ganadera	Livestock Unit
<b>M</b>	Montaña	Mountain
<b>MAPAMA</b>	Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente	
<b>MARM</b>	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino	
<b>Min</b>	Minutos	Minutes
<b>MS</b>	Ensilado de maíz	Maize Silage
<b>MSTN</b>	Miostatina	Myostatin
<b>NDF</b>	Fibra Neutro Detergente	Neutral Detergent Fibre
<b>OM</b>	Materia Orgánica	Organic Matter
<b>Org</b>	Ecológico	Organic
<b>PAC</b>	Política Agraria Común	
<b>PG</b>	Pastoreo	Pasture Grazing
<b>SADEI</b>	Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales	
<b>SERIDA</b>	Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario	
<b>s.e.</b>	Error estándar	Standard Error
<b>s.e.m.</b>	Error estándar de la media	Standard Error of Mean
<b>s.n.m./a.s.l.</b>	Sobre el nivel del mar	Above sea level



<b>Spp.</b>	Especies	Species
<b>Subsp.</b>	Subespecie	Subspecie
<b>UE/EU</b>	Unión Europea	European Union

# **CAPÍTULO I. RESUMEN**

Esta Tesis Doctoral plantea distintos sistemas alternativos a los convencionales para la producción de vacuno en extensivo.

Como primera alternativa, estudiamos la producción de cebón de las dos razas autóctonas asturianas, Asturiana de los Valles (AV) y Asturiana de la Montaña (AM), comparando dos manejos, uno en el los cebones añojos pastaban en puertos de montaña durante el verano, y otro en el que los cebones permanecían pastando en praderas de valle. Los pastos de montaña (a 1600-1800 m s.n.m.) en su mayor parte (70% de la superficie) consistían en pastos herbáceos dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris*, siendo el resto matorrales de brechina (*Calluna vulgaris*) con arándano (*Vaccinium myrtillus*) junto con piornales de *Genista florida*. Las praderas de valle (a 65 m s.n.m.) eran sembradas con raigrás inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Utilizamos un total de 83 terneros nacidos en la paridera de invierno de cuatro años, desde 2010 a 2013, y que eran castrados cuando tenían alrededor de un año de edad. Los cebones se sacrificaban cuando tenían unos 33 meses.

En general, las ganancias de peso fueron mayores para los cebones AV que para los AM. Sin embargo, durante el verano de su segundo año de vida, cuando se establecían los dos manejos, en los pastos de montaña los AV presentaron menores ganancias de peso que los AM (133 vs. 252 g/día), al contrario que en las praderas de valle, lo que resultó en una interacción genotipo x ambiente.

En el puerto además, comparamos la conducta de pastoreo mediante controles visuales y la selección de dieta mediante la técnica de los *n*-alcanos (marcadores fecales) de ambas razas en julio y en septiembre de dos años. El

tiempo de pastoreo de los cebones añojos aumenta de julio a septiembre (488 vs. 557 min/día) como adaptación a la disminución en la disponibilidad de pasto herbáceo. Aunque ambas razas tienen preferencia por el pasto herbáceo, los cebones de raza AM pastaron sobre los brezales en mayor proporción que los AV (21,5 vs. 12,5%). Sin embargo, estas diferencias en la selección de las comunidades vegetales no se reflejaron en diferencias en la composición de dieta entre las dos razas. Los cebones seleccionaron sobre todo las herbáceas (71-89%), mientras que entre las leñosas, el porcentaje de arándano en la dieta era mayor (10-21%) que el de brechina (2-8%), aumentando el porcentaje de ambas especies de julio a septiembre. Durante la segunda mitad del verano, cuando la disponibilidad de pasto herbáceo era muy baja, las ganancias de peso disminuyeron hasta el punto en el que los cebones AV perdían peso (120 vs. -12 g/día).

Una vez que bajaban de puerto, los cebones mostraron un crecimiento compensatorio, alcanzando pesos similares a los cebones que permanecían en valles. En la fase de acabado, de 3-4 meses de duración, no se observaron diferencias en las ganancias de peso entre manejos o razas. El peso final al sacrificio resultó mayor en los cebones AV que en los AM (714 vs. 616 kg), al igual que el peso y el rendimiento de la canal, mientras que no se observaron diferencias entre los manejos salvo en el rendimientos de la canal, que mostró valores medios ligeramente superiores en los cebones manejados en praderas de valle.

La segunda alternativa planteada es la del cebo de terneros en régimen semi-extensivo, comparando un sistema ecológico con uno convencional. Se utilizaron 67 terneros de raza AV nacidos en la paridera de invierno durante

tres ciclos productivos, cada uno consistiendo en un pastoreo de otoño, tras el destete, invernada, pastoreo de primavera y acabado previo al sacrificio. Se establecieron tres repeticiones por tratamiento, distribuyendo a los animales en 6 parcelas de 1,6 ha con praderas de raigrás inglés y trébol blanco, y manejando lotes de 4-5 animales por parcela. Las parcelas del manejo convencional se abonaron con fertilizantes sintéticos (NPK), mientras que en las de ecológico se utilizó estiércol.

No hubo diferencias entre tratamientos en los rendimientos individuales de los terneros, siendo las ganancias medias de 846, 786 y 1.381 g/día en el pastoreo de otoño, invernada y pastoreo de primavera, respectivamente. En las parcelas tratadas con fertilizantes sintéticos la producción de hierba en primavera era mayor, permitiendo manejar una mayor carga ganadera que en los pastos ecológicos (4,22 vs. 3,05 animales/ha). Esto se tradujo en mayores ganancias diarias de peso por superficie de los terneros manejados en convencional que en ecológico (5,62 vs. 4,27 kg/ha/día), y por tanto en una mayor producción animal por superficie al final del pastoreo de primavera en convencional que en ecológico (2.183 vs. 1.606 kg/ha).

En la fase de acabado, dentro del manejo en ecológico se compararon tres tipos de alimentación: pastoreo, ensilado de hierba y ensilado de maíz, suplementados todos ellos con concentrado ecológico. El acabado convencional consistía en una alimentación a base de concentrado *ad libitum* y paja de cereal. Las mayores ganancias de peso en este periodo las obtuvieron los añejos del tratamiento convencional (1.340 g/día). Las ganancias de peso para los distintos acabados en ecológico fueron menores que en convencional, si bien es verdad que el acabado con ensilado de maíz conseguía ganancias

(1.116 g/día) cercanas a las alcanzadas en convencional y superiores a las obtenidas en pastoreo (753 g/día) o con ensilado de hierba (664 g/día).

Tras el sacrificio, se realizaron mediciones en la canal y disecciones para estudiar la composición. Aunque no había diferencias en el peso ni en la conformación de la canal debidas a los distintos tratamientos, la disección de la 6ª costilla reveló mayores porcentajes de grasa en los tratamientos convencional y de ensilado de maíz respecto a los de ensilado de hierba y pastoreo (10,2% vs. 7,5%).

This Doctoral Thesis proposes different alternative systems to the conventional ones for beef cattle production in extensive systems.

As a first alternative, we studied steer production from the two native Asturian breeds, Asturiana de los Valles (AV) and Asturiana de la Montaña (AM), comparing two managements. In one of them, yearling steers utilized summer pastures during their second year of life, while in the other one yearling steers remained grazing in valley improved grasslands. The mountain pastures (at 1600-1800 m a.s.l) consisted of grasslands dominated by *Festuca rubra* and *Agrostis capillaris* in most of the area (70%), the remainder being shrublands of heather (*Calluna vulgaris*) with bilberry (*Vaccinium myrtillus*) along with broom (*Genista florida*) formations. The valley grasslands (at 65 m s.n.m.) were sown with perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*). We studied a total of 83 calves born in winter-spring from 2010 to 2013. Calves were castrated when they were around one year old. Steers were slaughtered when they were about 33 months old.

In general, body weight (BW) gains were greater for AV than for AM breed. During the summer of their second year of life, when the two managements were established, in the mountain pastures AV steers had lower BW gains than AM ones (133 vs. 252 g/day), unlike in valley grasslands, which resulted in a genotype x environment interaction.

In mountain pastures we also studied the steers' grazing behaviour by visual recordings and diet selection by the *n*-alkane technique, comparing the two breeds in July and September of two years. Daily grazing time increased from July to September (488 vs. 557 min/day) as an adaptation to a decrease in herbage availability as season advanced. Although both breeds showed a

preference for herbaceous communities, AM steers grazed proportionally for longer in heathlands than AV ones (21.5 vs. 12.5%). However, these differences in plant community selection were not reflected in differences in diet composition between breeds. Steers selected mostly herbaceous plants (71-89%), while among the shrubs, dietary percentage of bilberry was higher (10-21%) than that of heather (2-8%), increasing the percentage of both species from July to September. During the second half of summer, when grassland herbage availability was very low, BW gains decreased, with AV steers even showing BW losses (120 vs. -12 g/day).

When returned to lowlands, steers showed a compensatory growth, reaching similar BW to those that stayed in lowlands during the summer. In the finishing period, which lasted about 3-4 months, there were no differences in BW gains between the two management strategies or breeds. Body weight at slaughter was greater in AV than in AM breed (714 vs. 616 kg), as well as carcass weight and yield. No differences were observed between the managements except for dressing percentage, which showed slightly higher mean values in the steers managed in valley grasslands.

The second alternative studied is the fattening of weaned beef calves in a semi-extensive system, comparing an organic with a conventional one. We studied 67 calves born in winter-spring across three productive cycles, each one consisting of post-weaning autumn grazing, wintering, spring grazing and a finishing period before slaughter. Three replicates per treatment were established, distributing the animals in 6 plots of 1.6 ha of improved pastures of perennial ryegrass and white clover, and managing 4-5 calves per plot. Conventionally managed plots were fertilized with synthetic fertilizers (NPK),



while in the organically managed ones only manure was applied. There were no between-treatment differences in individual calf performance, with mean BW gains of 846, 786 and 1,381 g/day during autumn grazing, wintering and spring grazing, respectively. Herbage production in spring was greater in conventionally fertilized plots, which allowed to handle a higher stocking density than in the organic pastures (4.22 vs. 3.05 animals/ha). This resulted in higher daily BW gains per hectare of conventionally managed calves compared to organically managed ones (5.62 vs. 4.27 kg/ha/day), and therefore in a greater animal production per unit land area at the end of spring grazing in conventional than in organic treatment (2,183 vs. 1,606 kg/ha).

In the finishing period, we compared three feeding types in organic management: pasture grazing, herbage silage and maize silage, all of them supplemented with organic concentrate. Conventional feeding in finishing period consisted of concentrate *ad libitum* and barley straw. The greatest BW gains were obtained under conventional treatment (1,340 g/day). Although BW gains achieved with the three organic feeding types were lower than in conventional feeding, calves fed with maize silage achieved BW gains (1,116 g/day) close to those reached under conventional treatment and higher than under pasture grazing (753 g/day) or herbage silage feeding (664 g/day).

After slaughter, different carcass measurements and dissections to study tissue composition were performed. There were no differences in carcass weight and conformation between treatments. The 6th rib dissection revealed higher fat contents from carcasses finished under conventional and maize silage feeding than in those finished with herbage silage and pasture grazing (10.2 vs. 7.5%).

## **CAPÍTULO II. INTRODUCCIÓN**

## **1. EL SECTOR VACUNO DE CARNE**

### **1.1. El sector vacuno de carne en España y en Asturias**

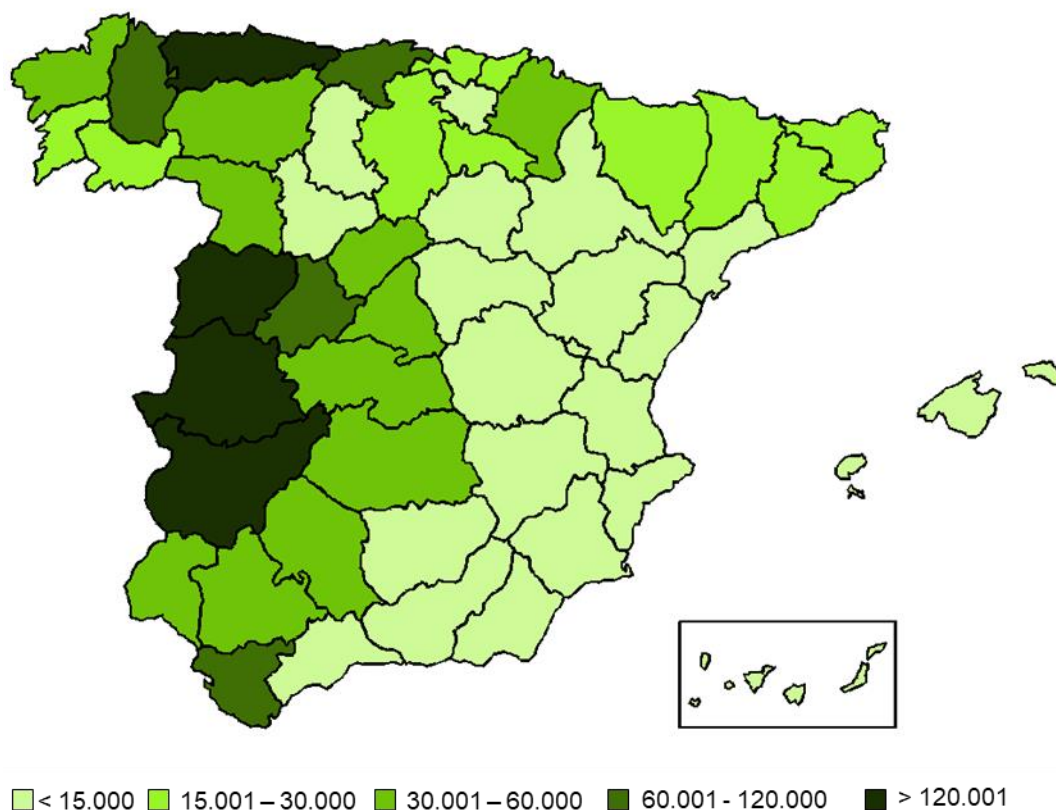
El sector vacuno de carne en España representa el 6% de la producción agraria. Es el cuarto sector en importancia económica, representando el 17,1% de la producción final ganadera, tras los sectores porcino, lácteo y avícola (MAPAMA, 2016). A nivel de la Unión Europea, España ocupa el quinto lugar como productor, con un 8,4% de la producción, tras Francia, Reino Unido, Alemania e Italia (EUROSTAT, 2016).

En 2016, el censo de ganado vacuno en España fue de 6.254.495 animales, superior en un 1,2% al censo de 2015. Pero si nos referimos al censo de vacas nodrizas (aquellas que pertenecen a una raza de aptitud cárnica o un cruce de estas y que producen terneros destinados a la producción de carne), fue un 2,2% superior al de 2015. Están distribuidas principalmente por la zona del suroeste y noroeste de España (Figura 1), siendo las provincias con mayor censo Cáceres, Salamanca, Badajoz, Asturias y Lugo, con más de 100.000 animales en cada una (MAPAMA, 2016). En Asturias, el ganado vacuno de carne, de gran importancia, está representado con un censo de 297.550 cabezas. El Principado cuenta con 16.331 explotaciones de ganado bovino, de las cuales 13.856 ganaderías están dedicadas a la producción de carne, lo que supone un 85% de las explotaciones de ganado vacuno, 476 son de aptitud mixta y 1.999 están destinadas a la producción láctea, representando solamente un 13% del total de explotaciones de vacuno (SADEI, 2017).

### 1.2. Evolución del censo de bovino

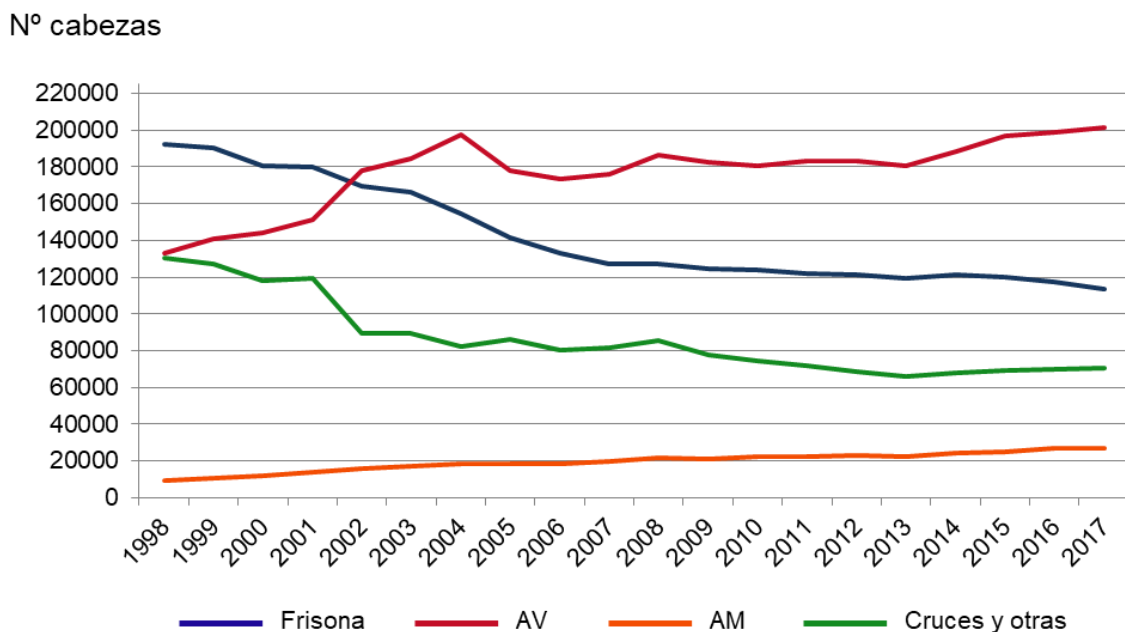
En España, el censo de vacuno de leche se ha reducido notablemente en las últimas décadas, aumentando el censo de vacuno de carne. Este cambio se ha debido a la Política Agraria Común (PAC), que establece un sistema de subvenciones al sector agropecuario en función del cumplimiento de ciertas normas y requerimientos. En el área del ganado bovino se introdujo la prima a la vaca nodriza y a la extensificación a principios de los 90, frenando la tendencia a la producción intensiva.

**Figura 1. Distribución del censo de vacas nodrizas en España por provincias en 2016 (MAPAMA, 2016).**



En Asturias, se ha pasado de un total de 32.575 explotaciones de ganado vacuno en 1998 a 15.974 en 2017. En 1998, 19.213 explotaciones estaban dedicadas a la producción de carne, mientras que 9.652 se dedicaban a la producción de leche. A lo largo de dichos años el número de explotaciones ha descendido, existiendo en 2017 tan solo 1.863 explotaciones de vacuno lechero, siendo 13.646 el número de explotaciones de vacuno de carne. Si bien el número de explotaciones ha descendido, observando la evolución del censo ganadero se constata una disminución en el número de vacas de raza frisona, destinada a la producción láctea, y un aumento en el número de ejemplares de razas Asturiana de Valles (AV) y de Montaña (AM), de aptitud cárnica (Figura 2).

**Figura 2. Evolución del censo de ganado vacuno en Asturias, según la raza, entre 1998 y 2017.**



### **1.3. Producción y consumo de carne de vacuno en España y Asturias**

En nuestro país, la producción cárnica más importante es la que procede de animales jóvenes, sacrificados entre 8 y 18 meses de edad, lo que supone un 49,7% de la producción, seguida por la de novillos, con un 32,6% de la producción, y la de vacas con un 17,2%, siendo la procedente de machos castrados de tan solo un 0,5% (EUROSTAT, 2016). La producción de carne de vacuno en España en 2016 aumentó un 1,8% respecto al año anterior, alcanzando las 637.737 toneladas (MAPAMA, 2016), correspondiendo con la evolución de los censos.

En España, los terneros que se destinan a producción de carne proceden principalmente de dos vías. Una es la de los terneros pasteros, hijos de vacas nodrizas de aptitud cárnica, y la otra es la de los terneros mamones, que son terneros procedentes de explotaciones de leche. El sistema de alimentación durante el cebo comúnmente es a base de pienso y paja *ad libitum* (Jimeno *et al.*, 2017). En Asturias, la alimentación del vacuno de carne de cría se basa en la utilización de pastos, siendo los animales de las dos razas autóctonas los de mayor relevancia en la producción de carne.

El consumidor cada vez demanda más productos obtenidos de la producción de carne bajo denominaciones de calidad y en certificaciones ecológicas. En España, existen 10 Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP) de carne de vacuno: *Carne de Ávila*, *Carne de Cantabria*, *Carne de la Sierra del Guadarrama*, *Carne de Morucha de Salamanca*, *Carne de Vacuno del País Vasco o Euskal Okela*, *Ternera Asturiana*, *Ternera de Extremadura*, *Ternera de los Pirineos Catalanes*, *Ternera de Navarra* y *Ternera Gallega*. Un 5,7% de la producción total de vacuno de carne se produjo bajo estas IGP, mientras que

un 2,9% del total provenía de carne ecológica certificada. La IGP *Ternera Asturiana* es la segunda en producción, con un 16,6% del total (MAPAMA, 2016).

La IGP *Ternera Asturiana* diferencia carne de vacuno procedente de animales de las razas Asturiana de los Valles o Asturiana de la Montaña nacidos, criados, cebados y sacrificados en Asturias, de entre 6 y 18 meses de edad. En el año 2015, la IGP contaba con 5.442 explotaciones registradas y 131 cebaderos. En 2015 se sacrificaron 22.412 animales, número muy superior a los 11.074 animales sacrificados en 2002, en los comienzos de la marca protegida (SADEI, 2017). La mayor parte de los animales, un 25,6%, son sacrificados con 11 meses de edad, seguido por un 13,2% de los animales sacrificados con 10 meses de edad. Sin embargo, sólo un 1,2% del total se sacrifican con 6 meses y un 1,4% son sacrificados con 17 meses. De los animales que se sacrifican bajo la IGP, el 89,8% son de raza Asturiana de los Valles, el 1,3% de Asturiana de la Montaña y un 9,0% son conjunto mestizo. En cuanto al sexo, el 68,7% de los sacrificios son de machos y el 31,3% son de hembras. Dentro de la IGP, en 2016 se sacrificaron 1.865 terneros provenientes de producción ecológica.

La carne de vacuno se puede clasificar en siete categorías desde el punto de vista comercial, que son las siguientes:

- Ternera blanca: machos o hembras menores de 8 meses. Son canales de animales que han llevado una alimentación exclusivamente a base de leche.

- Ternera: machos o hembras menores de 12 meses. Las canales pertenecen a animales que sí han sido destetados, por lo que han sido alimentados también a base de pastos y/o concentrados.
- Añejo: machos o hembras entre 12 y 24 meses.
- Vacuno mayor:
  - Novillo/a: macho o hembra entre 24 y 48 meses.
  - Toro/vaca: macho o hembra mayor de 48 meses.
  - Cebón: macho castrado menor de 48 meses.
  - Buey: macho castrado mayor de 48 meses.

Recientemente, en abril de 2018, el Consejo Regulador de la IGP *Ternera Asturiana* ha instaurado la nueva Marca de Garantía *Vacuno Mayor Asturiano*, que amparará la carne procedente de animales de las razas asturianas de más de 18 meses de edad (incluyendo añejos). Las características de estas carnes han propiciado una creciente demanda por los consumidores y el sector hostelero, siendo su promoción cada vez mayor tanto en Asturias como en el resto de España.

## **2. RECURSOS DISPONIBLES PARA LA PRODUCCIÓN DE VACUNO**

### **2.1. Razas autóctonas de ganado vacuno de Asturias**

Las razas autóctonas de Asturias de ganado bovino son la Asturiana de los Valles (AV) y la Asturiana de la Montaña (AM). Tal y como hemos mencionado previamente, al igual que en el resto de España, también en Asturias se ha producido un descenso notable en el censo del vacuno de leche en las últimas décadas, con un incremento simultáneo en el censo del vacuno de carne, representado por las razas autóctonas. En el año 1986, el vacuno de



leche suponía el 61% del ganado bovino total de Asturias. La raza AV representaba un 8% del ganado vacuno, y un 2% eran animales de raza AM (SADEI, 2011). En el año 2016, el vacuno de leche representaba un 28,5% del censo bovino total de Asturias, mientras que la raza AV alcanzaba un 48% y la raza AM suponía un 6,5% del total (SADEI, 2017).

Las dos razas tienen su origen en el tronco cantábrico, aunque sus tamaños son distintos, alcanzando las vacas de AV un peso medio de 550-600 kg, mientras que las vacas AM presentan pesos de 350-400 kg (Cañón *et al.*, 1994).

La raza AV es de aptitud cárnica y, aunque se cría principalmente en la cornisa cantábrica, existen ejemplares prácticamente por todo el país, ya que se ha adaptado muy bien a sistemas extensivos de zonas secas (Servicio de Genética-UCM, 2011b). Los terneros presentan una excelente conformación carnicera y poseen una muy buena capacidad de transformación de alimentos en carne, además de gran velocidad de crecimiento (Rodríguez-Castañón y Goyache, 1996; Villa Terrazas, 1997; Servicio de Genética-UCM, 2011b). Buena parte de los animales de esta raza presentan hipertrofia muscular hereditaria, lo que denominamos carácter culón. El gen responsable es el MSTN, que codifica la proteína miostatina, implicada en el desarrollo muscular. Es autosómico recesivo de penetrancia incompleta. La presencia o no de este gen hace que haya animales culones (homocigotos, aunque no todos los homocigotos son culones), heterocigotos y libres del gen MSTN (Dunner *et al.*, 1997; Grobet *et al.*, 1998). La hipertrofia muscular es un aumento en el tamaño de las fibras musculares que se traduce en un incremento de la masa muscular. Esta hipertrofia se observa en las masas musculares de nalga,

espalda y lomo principalmente, desapareciendo prácticamente las separaciones intermusculares y aponeurosis (Goyache *et al.*, 1996).

Los terneros AV nacen con un peso medio de 40,5 kg, pesando casi 5 kg más un ternero culón. Se destetan con un peso medio de 222 kg, destetándose los machos con 20 kg más que las hembras y los culones con unos 5 kg más que los no culones. Tienen una ganancia media diaria de 942 g durante la lactancia (ASEAVA, 2018). Los terneros se sacrifican alrededor de los 10 meses de edad. Tienen un rendimiento medio a la canal de 59%, siendo músculo un 77% de esta. Además, se caracteriza por un bajo nivel de engrasamiento (6%) y bajo contenido en hueso (17% de la canal). Dentro de la raza, los terneros culones presentan aún mayor rendimiento a la canal, menor engrasamiento y mejor conformación (Vallejo *et al.*, 1991; 1992a; Aldai *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2010).

El censo actual de la raza AV ronda en torno a 100.000 animales repartidos por todo el país, concentrándose la mayor parte en el Principado de Asturias, y en las provincias limítrofes de Cantabria y León (Tabla 1). Dentro del Principado de Asturias, la raza AV está distribuida por la zona interior de la comunidad. El mayor número de cabezas se localiza en el concejo de Cangas del Narcea seguido de Tineo, pero en cuanto a densidad, la mayor concentración de animales de esta raza por superficie se encuentra en el concejo de Santa Eulalia de Oscos, seguido de los concejos de Santo Adriano, Grado, Llanera y Proaza (Figura 3).

La raza AM está considerada como raza de protección oficial y declarada en peligro de extinción (MARM, 2010). Es de triple aptitud, carne-leche-trabajo, pero en la actualidad está orientada a la producción de carne. Se

cría principalmente en la zona montañosa del oriente de Asturias. Es más rústica que la raza AV, aprovechando mejor los pastos de zonas orográficamente accidentadas de difícil utilización (De Diego Sierra, 1997; Servicio de Genética-UCM, 2011a). Los terneros al nacimiento pesan 25,5 kg de media, pesando 1 kg más los machos que las hembras. El peso medio de destete para un macho es de 135 kg, mientras que las hembras se destetan con 10 kg menos de peso, alrededor de 126 kg. Tienen un crecimiento medio de 773 g/día los machos y 720 g/día las hembras (ASEAMO, 2018). El rendimiento medio de la canal es de un 49% y presentan mayor engrasamiento que las canales de animales AV (7%), la proporción de músculo es menor (73%), mientras que el porcentaje de hueso es alto, siendo de un 20% (Vallejo *et al.*, 1991; 1992b).

**Tabla 1. Censo de animales de raza Asturiana de los Valles (diciembre 2016; Fuente: MAPAMA).**

CCAA	Hembras	Machos	Total	Nº ganaderías
Andalucía	119	13	132	4
Aragón	4	2	6	1
Asturias	71.312	9.377	80.689	3.527
Islas Baleares	25	4	29	2
Canarias	32	1	33	1
Cantabria	7.933	684	8.617	255
Castilla-La Mancha	203	43	246	7
Castilla y León	4.324	470	4.794	159
Extremadura	2.105	244	2.349	34
Galicia	1.307	106	1.416	59
La Rioja	3	0	3	1
Madrid	175	19	194	2
País Vasco	353	58	411	32
<b>Total</b>	<b>87.895</b>	<b>11.021</b>	<b>98.916</b>	<b>4.084</b>

Por su parte, la raza AM, con un total de 21.267 animales, está distribuida en 626 explotaciones repartidas por la mitad norte de España. Además de Asturias, donde se concentran más de la mitad de los animales, también hay ejemplares en Castilla y León, Cantabria, País Vasco, Castilla-La Mancha, La Rioja y Madrid (Tabla 2). En Asturias se distribuye principalmente por la zona oriental, siendo el concejo de Llanes el que cuenta con mayor número de cabezas, aunque la mayor concentración de cabezas/km<sup>2</sup> se encuentra en los concejos de Caravia y Cangas de Onís (Figura 3).

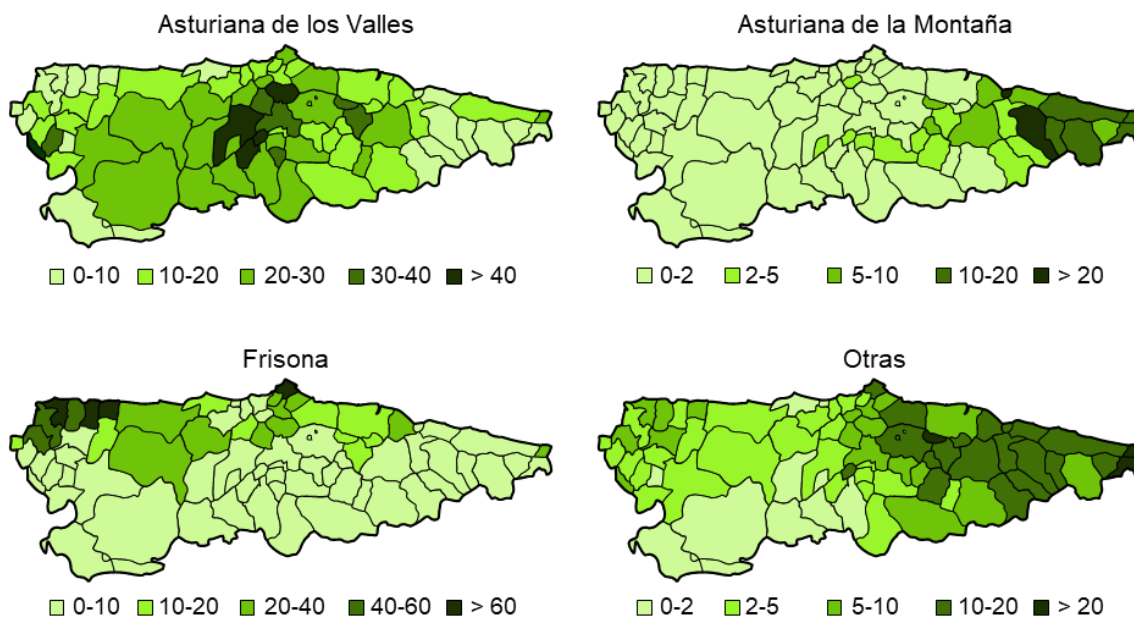
**Tabla 2. Censo de animales de raza Asturiana de la Montaña (diciembre 2016; Fuente: MAPAMA).**

CCAA	Hembras	Machos	Total	Nº ganaderías
Asturias	15.089	762	15.860	449
Cantabria	2.365	69	2.434	90
Castilla-La Mancha	125	0	125	1
Castilla y León	2.493	16	2.509	72
La Rioja	96	0	96	4
Madrid	93	1	94	2
País Vasco	144	5	149	8
Total	20.414	853	21.267	626

Además de estas dos razas autóctonas, en Asturias las vacas de raza frisona dedicadas a la producción de leche se distribuyen por la zona costera, especialmente por la parte occidental. La mayor densidad de ganado lechero la encontramos en los concejos de la costa occidental de Navia, Tapia de Casariego y Coaña, y en Gozón, en la costa central (Figura 3), siendo los concejos de Tineo y Valdés los que poseen mayor número de cabezas. Los cruces de razas, que forman el denominado conjunto mestizo, y las

minoritarias, como puede ser la Parda Alpina, se distribuyen principalmente por la zona oriental de Asturias (Figura 3). Este grupo de animales está destinado a la producción de carne.

**Figura 3. Densidad de población de las distintas razas de ganado vacuno (número de cabezas/km<sup>2</sup>) en los concejos de Asturias en 2016.**



## 2.2. Los pastos de Asturias

Asturias, por sus condiciones geoclimáticas, se caracteriza por la gran abundancia de recursos pastables, que son la base de la producción de vacuno de carne. Partiendo de la definición de pasto, que es cualquier recurso vegetal que sirve de alimento al ganado, ya sea en pastoreo o como forraje (Ferrer *et al.*, 2001), en Asturias podemos encontrar diversos tipos de pastos, que básicamente pueden clasificarse como herbáceos, arbustivos o arbóreos dependiendo de la fisionomía de la vegetación dominante. Los pastos arbóreos

(bosques y plantaciones forestales) suponen un 29% de la superficie regional (Álvarez *et al.*, 2004) pero su aprovechamiento ganadero es muy marginal.

Los pastos arbustivos cubren hasta un 35% de Asturias, sobre todo en zonas marginales con suelos poco productivos donde la ganadería ha dejado de ser importante. Entre los matorrales destacan los brezales, comunidades acidófilas dominadas por ericáceas (*Calluna vulgaris*, *Erica* spp.) que suponen un 21% de la superficie de Asturias (61% del total de pastos arbustivos; Álvarez *et al.*, 2004). Aunque hoy en día su único uso prácticamente se limita a la ganadería extensiva, se caracterizan por su escasa productividad y la baja calidad nutritiva de las especies leñosas dominantes (Hodgson *et al.*, 1991; Celaya *et al.*, 2007, 2011; Fraser *et al.*, 2009a; Mandaluniz *et al.*, 2009). Debido a su alta combustibilidad, son pasto de frecuentes incendios, con efectos ambientales muy perjudiciales (Celaya *et al.*, 2013).

Los pastos herbáceos cubren cerca de un 30% de la superficie asturiana (Álvarez *et al.*, 2004), siendo los prados en las zonas bajas y de media montaña los que sustentan la producción regional de vacuno de carne. Los prados están constituidos por especies espontáneas, dominando las gramíneas como *Agrostis* spp., *Festuca* spp, *Poa* spp., holco (*Holcus lanatus*), dactilo (*Dactylis glomerata*), etc., y son manejados de manera más o menos intensa, tanto por pastoreo como por siega, recibiendo aportes de fertilizantes (químicos o estiércol) de manera regular. Las praderas se siembran con variedades de gramíneas y leguminosas productivas y de alto valor nutritivo. Las especies que se siembran, mayoritariamente, son raigrás inglés (*Lolium perenne*) y raigrás italiano o vallico (*Lolium multiflorum*), festuca de los prados (*Festuca pratensis*), dactilo y trébol blanco (*Trifolium repens*). Además, los cultivos forrajeros

monofíticos (de ballico, maíz, remolacha, etc.) son instaurados en los terrenos más llanos y fértiles de los fondos de valle de manera rotacional para hacer acopio de forraje para la alimentación del ganado (sobre todo vacuno) en épocas de escasez.

Los prados y praderas de zonas bajas pueden alcanzar producciones altas de hierba cuando son fertilizados eficientemente, llegando a superar los 10.000 kg de materia seca (MS) por hectárea y año (Nuño *et al.*, 1990; Martínez y Piñeiro, 1994). Dichas producciones suelen ser más bajas a medida que subimos en altitud (Díaz *et al.*, 1997; Rodríguez-Castañón y Argamentería Gutiérrez, 1995). La presencia de leguminosas como el trébol blanco es muy importante en estos prados, ya que, gracias a su capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico (por medio de simbiosis con rizobios), se consiguen buenas producciones herbáceas con menores aportes de nitrógeno, además de mejorar la calidad nutritiva (contenidos en proteína y digestibilidad) del pasto para el ganado (Thomson, 1984).

Entre los pastos herbáceos también son muy importantes los pastos de puerto en la montaña asturiana, que son aprovechados sobre todo por ganado vacuno durante el verano. Estos pastos se caracterizan por su gran diversidad florística, destacando especies como *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, *Merendera montana* y *Carex caryophyllea* entre las más abundantes, y se asientan sobre suelos más o menos profundos donde se ejerce una elevada presión de pastoreo (Díaz González y Fernández Prieto, 1994). En las zonas de suelos más acidificados y húmedos se instalan los cervunales, dominados por la gramínea de hojas setáceas *Nardus stricta*, mientras que en las zonas más calcáreas y secas aparecen pastizales de *Bromus erectus*, *Eryngium*

*bourgatii*, *Thymus praecox* subsp. *britannicus*, *Brachypodium pinnatum* subsp. *rupestre*, etc. y salpicados de matas leñosas, que normalmente se agostan en verano.

En las comunidades mesófilas dominadas por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* se han obtenido producciones anuales en torno a 4.800 kg MS/ha, aunque con un rango muy variable (entre 2.100 y 7.500) dependiendo de las condiciones climáticas y topográficas (Celaya *et al.*, 2004a). La calidad nutritiva de estos pastos es aceptable, con contenidos relativamente altos de proteína y bajos de fibra indigestible en la hierba (Celaya *et al.*, 2004b; Mandaluniz *et al.*, 2009).

En los terrenos comunales de montaña es común la coexistencia de diversas comunidades herbáceas y leñosas en espacios relativamente cortos, formando mosaicos más o menos heterogéneos según las características edáficas, topográficas y de manejo al que son sometidos (Ortega *et al.*, 2011). Además de los pastos herbáceos dominantes mencionados arriba, es habitual la presencia de extensiones más o menos grandes de distintos tipos de matorral, entre los cabe destacar los brezales altimontano-subalpinos de brechina (*Calluna vulgaris*) y arándanos (*Vaccinium* spp.), los piornales de *Genista florida* (ambos en suelos más o menos ácidos) y los aulagares de *Genista occidentalis* con *Erica vagans* en suelos calcáreos (Díaz González y Fernández Prieto, 1994).



### **3. PRODUCTIVIDAD DEL VACUNO DE CARNE**

#### **3.1. Reproducción y sanidad**

La productividad de un rebaño de ganado vacuno de carne viene determinada por el número de crías obtenidas por reproductora y año, siendo por tanto dependiente del número de crías nacidas, reflejo de la eficiencia reproductiva del rebaño, y del número de bajas post-nacimiento, que dependerá del manejo y estado sanitario. La productividad va a depender también del peso de las crías en el momento de la venta, determinado por la producción de leche de la madre, disponibilidad y calidad del pasto y edad de sacrificio, raza, sexo, etc. (Osoro *et al.*, 2003).

Un parámetro importante que se utiliza para predecir la eficiencia reproductiva en vacas es la condición corporal o el estado de carnes (Osoro y Wright, 1992). La condición corporal se estima en una escala entre 1 y 5, con intervalos de 0,25 puntos (Lowman *et al.*, 1976), siguiendo estos criterios (Figura 4):

1.- Las apófisis espinosas se distinguen fácilmente y al tocarlas se notan cortantes.

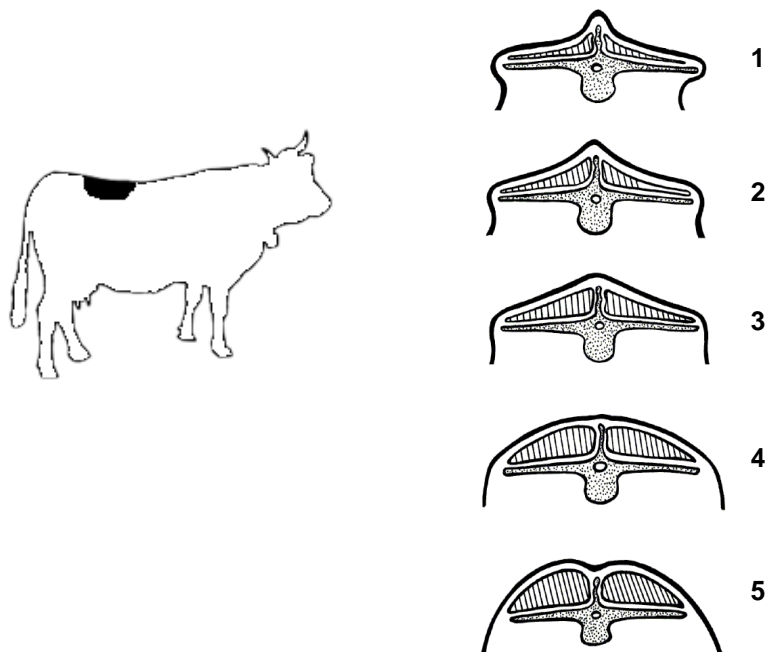
2.- Las apófisis espinosas se pueden identificar individualmente al tocarlas, aunque se notan redondeadas.

3.- Las apófisis espinosas se notan al presionar, comienza a acumularse algo de grasa alrededor de la cola.

4.- Se aprecia fácilmente el acúmulo de grasa en la base de la cola. Las apófisis espinosas no se notan.

5.- La base de la cola está oculta, casi por completo, por el tejido graso.

**Figura 4. Esquema de valoración de la condición corporal. Adaptado de National Farm Animal Care Council (NFACC, 2013).**



Siguiendo la escala de Lowman *et al.* (1976), el valor óptimo de condición corporal de las vacas en el momento del parto es de 2,75-3,0. Por tanto, el manejo de la alimentación alrededor del parto es sumamente importante, ya que la condición corporal es una variable que influye en gran medida en el tiempo que tardan las vacas en salir en celo tras el parto (Davis *et al.*, 1985; Osoro y Wright, 1992).

Las bajas de terneros recién nacidos son frecuentes debidos a procesos diarreicos, principalmente, y a neumonías. Por tanto, hay que extremar la higiene en las parideras y tener especial cuidado con el manejo en el parto y postparto para evitar estas bajas.

Lo habitual es concentrar los partos en dos épocas del año de 2-3 meses, que suelen ser a final de verano (mediados de agosto a mediados de octubre) e invierno (mediados de enero a finales de marzo). Con la agrupación

de los partos se mejora la eficiencia del manejo de alimentación y, por tanto, los resultados productivos y económicos, ya que el objetivo es ajustar el momento de mayor demanda de nutrientes con el de mayor disponibilidad de pasto. La época de paridera de invierno-primavera se adapta mejor a la disponibilidad de recursos, ya que la lactación, reproducción y recuperación de peso, que son los momentos de mayores necesidades, coinciden con la temporada de mayor disponibilidad de pasto, es decir, primavera e inicio de verano (Casasús, 1998). Sin embargo, el parto de verano-otoño garantiza de forma más segura un nivel adecuado de reservas corporales al parto, mientras que las vacas que paren en primavera necesitarían mayores niveles de alimentación en la invernada para llegar al parto con una condición corporal adecuada. La época de paridera influye notablemente en los parámetros reproductivos de la vaca, debido a la interacción de factores ambientales como el fotoperiodo (junto con la temperatura y grado de humedad) con factores animales (genética, edad y número de partos, producción de leche) y de manejo (alimentación y disponibilidad de pasto) sobre la actividad ovárica, duración del anoestro y tasa de concepción. En general, los intervalos entre partos parecen ser más cortos en la paridera de verano-otoño frente a la de invierno-primavera (Osoro, 1986).

Además de los parámetros reproductivos, la productividad también va a depender del peso del ternero en el momento de su venta. El ternero en los 4 primeros meses de vida se alimenta de leche de su madre, aumentando el consumo de pasto a medida que va creciendo (Le Du *et al.*, 1976). La producción lechera de la vaca es muy importante, ya que en la primera fase de la vida del ternero su ganancia de peso va a depender de ésta. El crecimiento

en esta fase es de vital importancia, condicionando el crecimiento en las siguientes fases de la vida del ternero (Osoro *et al.*, 2003). El destete se lleva a cabo entre los 6 y 10 meses de edad, en función de la época de nacimiento y disponibilidad de recursos pastables (Osoro *et al.*, 2005). Cuando dichos recursos son limitados, es recomendable hacer un destete temprano, ya que en vacas con una condición corporal por debajo de 2,5 y que estén en lactación, se puede retrasar su salida en celo, no cumpliendo el primer objetivo de obtener un ternero por vaca y año (Osoro, 1989).

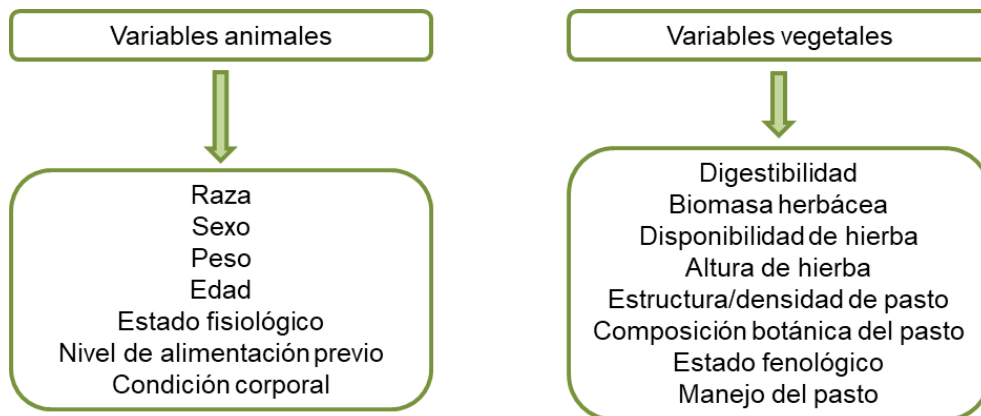
### **3.2. Nutrición y conducta de pastoreo**

Además de la reproducción y la sanidad, la nutrición animal es el factor clave para conseguir adecuados niveles de producción en sistemas de vacuno de carne, tanto en lo que se refiere a los crecimientos de los terneros como a la producción de leche y recuperaciones del estado de carnes de las madres (Osoro, 1989). A su vez, la nutrición puede incidir decisivamente en los parámetros reproductivos (fertilidad, duración del anoestro, salida en celo, gestación y parto) y el estado sanitario de los animales. En los sistemas extensivos basados en la utilización de pastos, la conducta de pastoreo de los animales será fundamental para establecer las estrategias de manejo más adecuadas a cada comunidad vegetal que satisfagan sus requerimientos nutricionales y con ello tratar de lograr la sostenibilidad de dichos sistemas (Hodgson, 1990).

Un animal en pastoreo ingiere una cantidad de pasto determinada por la interacción de distintas variables vegetales, como son la apetecibilidad, disponibilidad, digestibilidad, etc., y animales, como el peso, edad, estado

fisiológico, etc. (Hodgson, 1990; Osoro *et al.*, 2003; Figura 5). Los herbívoros buscan el alimento de forma selectiva, siendo esta selección una cuestión de preferencia (intentando maximizar la ingestión de nutrientes y evitando compuestos potencialmente tóxicos) modificada por las restricciones impuestas por la vegetación disponible (Dumont, 1997). La selección de dieta va a depender de las especies de plantas apetecibles y no apetecibles disponibles y de su distribución espacial (Hejcmanová y Mládek, 2012). Además, esta selección está influida por la capacidad de distinguir un alimento de otro, de recorrer largas distancias y de recordar dónde se encuentra el alimento preferente (Dumont, 1997). Los herbívoros tienen preferencia por las hojas y tejidos vivos frente a los tallos y tejido muerto, lo que puede ser debido a la diferencia en la estructura y resistencia al corte y a la calidad nutritiva (Hodgson, 1990; Hogan y Phillips, 2008).

**Figura 5. Factores que influyen en la ingestión de pasto.**

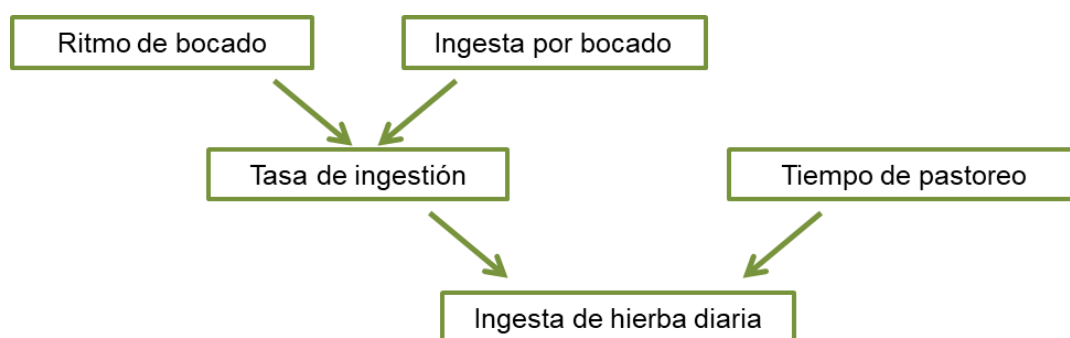


Los principales indicadores de la cantidad de pasto son la biomasa y la altura y densidad de pasto, mientras que los de calidad son el contenido de nutrientes y la digestibilidad de la materia orgánica, extremadamente variables

en función del estado fenológico de la planta (Hejcmanová y Mládek, 2012). Por encima de un umbral, una mayor disponibilidad de hierba no hace que incremente la ingestión y se traduce en una disminución de la calidad del pasto, ya que incrementa la cantidad de material vegetal en descomposición y lignificado (Grant y Hodgson, 1986), disminuyendo su valor nutritivo, con menor contenido en proteína y materia seca digestible (Realini *et al.*, 1999). Las plantas inmaduras contienen bajos porcentajes de fibra, fermentándose rápidamente en el rumen. A medida que va madurando la planta, aumenta la proporción de fibra y se van lignificando sus paredes celulares, disminuyendo los niveles de proteína y minerales hasta llegar a la senescencia, cuando los tejidos están altamente lignificados y las cantidades tanto de proteína como de minerales están prácticamente agotadas (Hogan y Phillips, 2008).

La cantidad de pasto ingerida al día es el producto del tiempo de pastoreo por la tasa de ingestión (Figura 6; Hodgson., 1990).

**Figura 6. Componentes de la conducta ingestiva en herbívoros (Hodgson, 1990).**



Las condiciones del pasto influyen de forma directa sobre la ingesta por bocado (Hodgson 1990; Distel *et al.*, 1995), y cuando esta disminuye, aumenta la frecuencia de bocado, intentando mantener la cantidad de hierba ingerida

(Hodgson, 1985), de modo que las variaciones en la ingesta de pasto entre distintas comunidades son un reflejo de las variaciones en la digestibilidad de la hierba ingerida (Hodgson *et al.*, 1991). En praderas de raigrás inglés y trébol blanco, el vacuno maximiza la ingestión de pasto cuando su altura media es de 8-10 cm (Baker *et al.*, 1981a; Wright *et al.*, 1986). Se mide la altura de hierba, ya que es un parámetro sencillo de medir y porque sus variaciones se corresponden con cambios en cantidad, estado fenológico y calidad nutritiva del pasto (Hodgson, 1990; Osoro *et al.*, 2003), disminuyendo su digestibilidad a medida que aumenta la altura del pasto (Baker *et al.*, 1981b). El máximo rendimiento se alcanza a aquella altura mínima de pasto en la que el animal maximiza el tamaño del bocado y la ingestión de nutrientes digestibles (Osoro *et al.*, 2005).

En los pastos, a la hora de seleccionar especies, el ganado vacuno tiene mayor preferencia por el trébol blanco que por gramíneas como el raigrás inglés, si bien hay que tener en cuenta el estado de madurez de la planta a la hora de seleccionar unas especies u otras (Hodgson *et al.*, 1994). Por tanto, el grado de selección va a depender del estado fenológico de la planta y de la especie de la que se trate (Grant *et al.*, 1985; Hodgson *et al.*, 1994). Por regla general, los animales tienen preferencia por el tipo de pasto que pueden ingerir de forma más rápida (Dumont, 1997).

Comparando la conducta ingestiva del vacuno frente a otras especies de herbívoros domésticos, Hodgson *et al.* (1991) observaron una menor capacidad de selección del vacuno que del ovino en distintas comunidades vegetales de montaña. En general, los herbívoros de gran tamaño como el vacuno tratan de mantener el nivel de ingestión a costa de una menor

digestibilidad de la dieta seleccionada (con mayores contenidos en fibra), mientras que los pequeños rumiantes seleccionan dietas de mayor calidad nutritiva a costa de reducir la ingestión de materia seca (Demment y Van Soest, 1985; Hodgson *et al.*, 1991). En praderas con brezales-tojales adyacentes manejadas en pastoreo mixto, las vacas incorporan menores porcentajes de leñosas como brezos o tojos que las ovejas y las cabras (Celaya *et al.*, 2007; 2008). Las vacas consumen más brezos y menos tojos que las yeguas (Celaya *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013).

Cuando se enfrentan a restricciones de disponibilidad y calidad, los herbívoros muestran un comportamiento flexible para compensar la reducción en la tasa de ingestión de nutrientes (Hodgson, 1990; Dumont, 2007). Estudios previos en pastos de montaña (Celaya *et al.*, 2007; Mandaluniz *et al.*, 2009; 2011) han mostrado que, cuando disminuye el pasto apetecible disponible, las vacas incorporan brezos a su dieta.

### **3.3. Manejo del pastoreo y de la alimentación**

El manejo del pastoreo puede incidir significativamente en la producción de vacuno en sistemas extensivos a través de sus efectos sobre la calidad y cantidad del pasto disponible. La carga ganadera es un factor clave que afecta a la presión de pastoreo y a la tasa de defoliación, afectando tanto a la dinámica vegetal como a la ingestión y producción animal (Morley, 1981). En general se acepta que hay una relación negativa entre la carga ganadera y los rendimientos individuales en vacunos, y positiva entre la carga y la producción animal por superficie (Willms *et al.*, 1986; Ackerman *et al.*, 2001), al menos hasta cierto punto en el que una carga demasiado alta provoca la desnutrición



por la falta de suficiente pasto disponible (Seman *et al.*, 1991).

Además de la cantidad de pasto, su composición botánica y valor nutritivo también se ven afectados por la carga ganadera. Así, cargas bajas favorecen la selección por parte del animal, que pastará las especies más apetecibles y de mayor valor nutritivo, aumentando el desarrollo de especies menos apetecibles que son rechazadas, además de incrementarse la tasa de senescencia de los tejidos vegetales, por lo que conducen a reducciones en la calidad nutritiva del pasto. Por el contrario, una alta presión de pastoreo favorece el renuevo foliar, manteniendo un pasto más nutritivo (Heitschmidt *et al.*, 1989; Pavlů *et al.*, 2006; Gardarin *et al.*, 2014). Por tanto, hay que mantener la carga ganadera a niveles que mantengan suficiente cantidad de hierba de aceptable calidad para garantizar unos rendimientos individuales mínimos, tratando de maximizar la producción animal por hectárea (Hodgson, 1990).

Independientemente de la carga, las distintas estrategias de pastoreo pueden afectar a la producción del vacuno de carne. En Asturias, los manejos más frecuentes son el pastoreo rotacional en pastos de zonas bajas y el pastoreo continuo en zonas de media y alta montaña (Osoro *et al.*, 2003). El pastoreo continuo es aquel en el que los animales se alimentan en el mismo pasto a lo largo del tiempo. En este tipo de pastoreo la defoliación es más frecuente y el ciclo de crecimiento más corto, estando más limitados los procesos de maduración y lignificación (Osoro *et al.*, 2003). El pastoreo rotacional, en el que los animales van cambiando de pasto, permaneciendo en cada uno un número limitado de días, deja crecer más la hierba, aumentando así la biomasa senescente. Además de estos sistemas, el pastoreo mixto es otra alternativa en la que herbívoros de diferentes especies pastan en la misma

superficie. Las distintas especies presentan distintas conductas de pastoreo en función de sus requerimientos nutricionales, morfología bucal, capacidad de selección e ingestión, fisiología digestiva, etc., por lo que esta complementariedad puede incrementar la eficiencia de utilización de pastos heterogéneos, además de diversificar la producción e incluso conducir a incrementos en los niveles de biodiversidad (Bullock y Armstrong, 2000; Fraser *et al.*, 2014).

Aparte de las posibles estrategias de pastoreo, la estrategia de la alimentación es fundamental para conseguir buenos rendimientos animales, sobre todo en épocas de escasez de pasto disponible en la explotación (invernada, sequías estivales, etc.), así como en el cebo de terneros para intentar reducir los costes de alimentación manteniendo buenos niveles de crecimiento de los animales. En la invernada es interesante llevar a cabo una alimentación restringida aprovechando la capacidad del ganado vacuno de mostrar un crecimiento compensatorio tras un periodo en el que su nivel de alimentación ha sido limitado (Meyer *et al.*, 1965; Scales y Lewis, 1971; Wright *et al.*, 1986, 1989). De este modo, además de obtener elevadas ganancias de peso durante el pastoreo de primavera, disminuyen los costes derivados de la compra de gran cantidad de alimento (Osoro *et al.*, 2005).

En cuanto a la alimentación de los terneros tras su destete, se pueden seguir dos vías. Una intensiva, en la que el animal va a ser alimentado a base de concentrado y paja y en la que su crecimiento va a depender de la calidad nutritiva del pienso y del potencial genético del animal. La otra vía es un cebo en pastoreo, con un acabado para que la canal engrase (Osoro *et al.*, 2005).

El manejo típico de la alimentación de terneros tras el destete consta de

las siguientes fases:

- Pastoreos de otoño y primavera: los terneros, una vez destetados, comienzan su alimentación a base de pasto. Durante el otoño conviene suplementar el pastoreo con concentrado debido a que, normalmente, la calidad del pasto es menor que en primavera, aunque depende de los factores climáticos, que son cambiantes. En primavera, a partir de finales de mayo, y dependiendo de la disponibilidad y calidad del pasto, es interesante suplementar con una cantidad creciente de concentrado para que los terneros mantengan niveles altos de crecimiento, en torno a 1,5 kg/día, y también se adapten a la alimentación que van a recibir en el acabado (Osoro *et al.*, 2005).
- Invernada: este periodo comienza a mediados de diciembre. Los terneros son alimentados a base de una cantidad restringida de concentrado, intentando aprovechar subproductos como pulpa de remolacha.
- Acabado: los añejos son alimentados a base de concentrado *ad libitum* y paja de cereal, con la finalidad de que las canales adquieran grasa. También se podría utilizar ensilado de maíz forrajero allí donde su cultivo sea factible y rentable.

#### **4. SISTEMAS DE MANEJO DEL VACUNO EN EXTENSIVO**

Mientras que los sistemas ganaderos intensivos están asociados a inputs y una escasa utilización del territorio (Osoro *et al.*, 2003), los manejos en extensivo son aquellos en los que los animales se manejan la mayor parte del

tiempo en pastos, constituyendo estos el principal componente de la dieta (Alberio, 2011), generando también beneficios de tipo ambiental y social. En España, los sistemas extensivos se pueden dividir en tres: el sistema de dehesa, el sistema montañoso y el sistema de la España húmeda (Acero Adámez, 2009).

El sistema de dehesa es característico de la zona oeste-suroeste de España, formado por terrenos de gran extensión, con baja aptitud agrícola y aprovechamiento poco eficiente de los pastos, y que poseen arbolado abierto de encina y alcornoque principalmente.

El sistema de montaña, distribuido en nuestro país en las montañas del Sistema Central, Pirineos y Cordillera Cantábrica, se puede dividir a su vez en dos sistemas, el valle/puerto y el de semiestabulación regular. El sistema valle/puerto se caracteriza por el aprovechamiento de pastos de montaña en verano, que suelen ser de gestión comunal. Los pastoreos de primavera y otoño se realizan en prados de valle, mientras que en invierno los animales son estabulados. Los movimientos del ganado son de entre 40-100 km, es decir, de recorrido corto o medio, y se les conoce como trashumancia corta o trasterminancia. El sistema de semiestabulación regular se caracteriza por el aprovechamiento de los pastos de la explotación y de monte cercano. En este sistema, los animales también son estabulados durante el invierno.

El sistema de la España húmeda es característico de Galicia y de zonas no montañosas de Asturias y Cantabria, de orografía y climatología benignas. En este sistema, los animales están en pastoreo permanente a lo largo del año, pudiendo ser estabulados por un breve periodo de tiempo en invierno, normalmente coincidiendo con la época de paridera.

En Asturias, los sistemas extensivos en los que se explota el ganado de carne son los sistemas de montaña y el de la España húmeda.

#### **4.1. Sistemas de alta montaña**

Los pastos de montaña se caracterizan por tener una gran estacionalidad en su tasa de crecimiento, así como en su calidad nutritiva, siendo la estación de crecimiento mucho más corta que en altitudes más bajas. La producción animal en estos pastos heterogéneos va a depender de las comunidades vegetales dominantes y de su valor nutritivo, habiendo diferencias en función de que en la cobertura vegetal dominen comunidades herbáceas como las de *Festuca-Agrostis*, con una relativamente buena calidad nutritiva, o leñosas, con menores valores de digestibilidad y contenidos proteicos en general (Osoro *et al.*, 1995, 1999a).

En cubiertas vegetales dominadas por pastos de *Festuca-Agrostis* se han observado diferencias importantes en los rendimientos de las vacas en función de su estado fisiológico (Osoro *et al.*, 1998). Las vacas sin cría eran capaces de mantener su peso y condición corporal durante la estación de pastoreo (de finales de primavera a principios de otoño), mientras que las vacas con cría perdían peso y condición, sobre todo en la segunda mitad del pastoreo (agosto-septiembre). La reducción en la disponibilidad de las herbáceas apetecibles a lo largo de la estación de pastoreo condujo a reducciones en la ingestión de pasto y producción de leche de las vacas, así como a reducciones en las ganancias de los terneros (Osoro *et al.*, 1998).

Los rendimientos tanto de las vacas como de sus crías eran menores en cubiertas vegetales dominadas por matorral de brechina que en las dominadas

por pastos herbáceos de *Festuca-Agrostis* (Osoro *et al.*, 1999a). Comparando las dos razas bovinas asturianas, se observó que existía una interacción entre el genotipo y el pasto disponible, dado que las variaciones de peso a partir de agosto eran menos desfavorables en las vacas de raza AM que en las vacas AV cuando dominaba el matorral, diferencia que no se observaba en condiciones de mayor disponibilidad de pasto herbáceo (Osoro *et al.*, 1999a). Las razas de menor tamaño en general muestran una mayor capacidad para adaptarse a situaciones de escasa disponibilidad de pasto apetecible de calidad (Morris y Wilton, 1976; Illius y Gordon, 1987; Wright *et al.*, 1994).

#### **4.2. Sistemas ecológicos**

Un sistema ecológico y uno convencional en extensivo se diferencian en el uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas sintéticos y de fármacos, ya que en el sistema ecológico están prohibidos o, como en el caso de medicamentos, se limita su uso (Esterhuizen *et al.*, 2008; Blanco-Penedo *et al.*, 2012). La producción ecológica está regulada por los Reglamentos (CE) 834/2007 y 889/2008 (Comisión Europea, 2007, 2008), que dictan que la fertilidad del suelo ha de mantenerse o incrementar mediante la aplicación de estiércol animal o materia orgánica provenientes de producción ecológica, estando prohibido el uso de fertilizantes minerales nitrogenados. Los animales criados en condiciones ecológicas deben proceder de explotaciones ecológicas o, de no ser así, superar un periodo de conversión de mínimo un año para ganado vacuno de carne. Además, tienen que tener acceso permanente a zonas al aire libre, preferiblemente pastizales. Los medicamentos veterinarios para el tratamiento de enfermedades pueden utilizarse bajo condiciones estrictas

cuando el uso de productos fitoterapéuticos u homeopáticos no resulte eficaz, habiendo restricciones a los tratamientos y tiempo de espera y adquiriendo una gran importancia en la prevención de enfermedades la selección de razas, las prácticas ganaderas, con cargas adecuadas y estabulación en buenas condiciones higiénicas.

La cada vez mayor preocupación de los consumidores por el impacto que tienen los sistemas de producción sobre el bienestar y el medio ambiente, y no solo por el precio del producto (Estherhuizen *et al.*, 2008), hace que cada vez demanden más productos ecológicos, percibiendo beneficios derivados de su consumo (Maxwell *et al.*, 2014).

Algunos autores como Siardos (2002) y Van Ryssen (2003) afirman que el rendimiento de los cultivos forrajeros es menor, siendo menor, por tanto, la producción animal, lo que se traduce en una menor producción por unidad de superficie. Sin embargo, en las explotaciones ecológicas, el gasto en la compra de alimento concentrado es menor, ya que la alimentación se basa en el consumo de forraje principalmente, además, el gasto en productos zoonosanitarios también es menor, por otra parte, el ingreso en forma de subvenciones es mayor que en explotaciones convencionales (Lavín *et al.*, 2016). Esto, junto al mayor precio de venta del producto ecológico, podría equiparar su rentabilidad frente al sistema convencional.

Aunque el manejo en la alimentación puede ser muy similar en ambos sistemas (Blanco-Penedo *et al.*, 2012), el sistema ecológico tiene limitaciones que observamos fundamentalmente en la fase de acabado de los terneros, previo al sacrificio (Martínez *et al.*, 2007). La producción ecológica, entre sus normas, dicta que el 60% de la materia seca (MS) de la ración diaria debe de

estar compuesta por pasto (a diente o como forraje). Sin embargo, hay pocos tipos de forrajes que se puedan cosechar en el territorio de Asturias que aporten una energía suficiente para mantener unas ganancias propias del acabado, en torno a 1,2-1,4 kg/día (Martínez *et al.*, 2014).

El tipo de alimentación en el acabado se traduce en una menor proporción de grasa en canales de animales alimentados en régimen ecológico que en convencional (Hansson *et al.*, 2000). Esto concuerda con los resultados obtenidos en estudios realizados con razas asturianas (Martínez *et al.*, 2007; 2014) en los que se ha observado que los sistemas de alimentación ecológica durante el acabado (pastoreo en praderas o a base de forrajes ecológicos con 40% de pienso ecológico) producen canales con bajos niveles de engrasamiento, significativamente por debajo de los obtenidos con sistemas de alimentación convencionales (comúnmente a base de pienso *ad libitum* y paja), lo que devalúa el valor de las canales y podría repercutir negativamente en la maduración y calidad final de la carne (Aldai *et al.*, 2007).



## **CAPÍTULO III. OBJETIVOS**

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral es el de estudiar si es posible llevar a cabo alternativas a los sistemas convencionales de producción de vacuno de carne en sistemas extensivos. Para ello, se marcaron dos objetivos:

1. Estudiar el potencial de los pastos de alta montaña para la producción de cebones.

1.1. Estudiar la producción de cebones de las dos razas autóctonas asturianas comparando dos sistemas de producción, uno basado en la utilización de pastos de montaña durante el segundo año de vida de los animales con otro basado en la utilización de pastos mejorados de valles.

1.2. Comparar la conducta de pastoreo, selección de dieta y rendimientos de cebones añojos entre las dos razas autóctonas asturianas durante su estancia en verano en pastos de alta montaña, compuestos por 70% de pasto herbáceo y 30% de matorral.

2. Estudiar un sistema de producción ecológico, comparando el engorde, la producción por superficie de pasto y el rendimiento y características de la canal de terneros añojos de raza Asturiana de los Valles con un sistema convencional semi-extensivo.

## **CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

## **1. FINCAS EXPERIMENTALES**

Los ensayos de este trabajo se han realizado en cuatro fincas experimentales del SERIDA (Figura 1), en Asturias: Villanueva, Priesca, La Mata y Cueva Palacios.

### **1.1. Localización y características de las fincas**

- Villanueva (latitud 43°27'N, longitud 5°25'O), situada en el concejo de Villaviciosa, se encuentra a 50-80 m sobre el nivel del mar (s.n.m.) y tiene una extensión de 30 ha, está en la zona de la costa centro-oriental del Principado. Cuenta con una nave, donde los animales son estabulados en invierno. Formada por praderas antiguas con raigrás y trébol sembrado. También hay otras gramíneas naturales abundantes, como *Agrostis spp.* y *Holcus lanatus*.
- Priesca (latitud 43°28'N, longitud 5°21'O), localizada también en el concejo de Villaviciosa, es una finca cercana a la costa, situada a 85-140 m s.n.m. y con 6 ha de extensión. Cuenta con prados abandonados hace pocos años dominados por gramíneas espontáneas como *Agrostis spp.*, dactilo y holco. Los pastos están siendo colonizados por especies leñosas y hay una abundante presencia de helecho común (*Pteridium aquilinum*).
- La Mata (latitud 43°22'N, longitud 6°03'O), de 20 ha, en el concejo de Grado, se encuentra en un valle de la zona interior, en el centro del Principado, a 65 m s.n.m. También hay naves para la estabulación del ganado en invierno. Las praderas son pastos sembrados dominados por raigrás, con presencia también de trébol blanco.
- Cueva Palacios, situado en los Puertos de Agüeria, en el Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa, en el concejo de Quirós (latitud 43°02'N, longitud

5°56'O), se encuentra a 1.600-1.800 m s.n.m. y su extensión es de 65 ha. La finca se encuentra en la zona centro-sur de la comunidad, cerca del límite con la provincia de León. El 70% de la cobertura vegetal son pastos herbáceos dominados por las especies de gramíneas *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris*. El 30% restante está compuesto por matorral, dominado por brezales de alta montaña y con áreas considerables de piornales de *Genista florida* subsp. *polygalaephylla*.

**Figura 1. Localización de las fincas experimentales en las que se han llevado a cabo los ensayos**



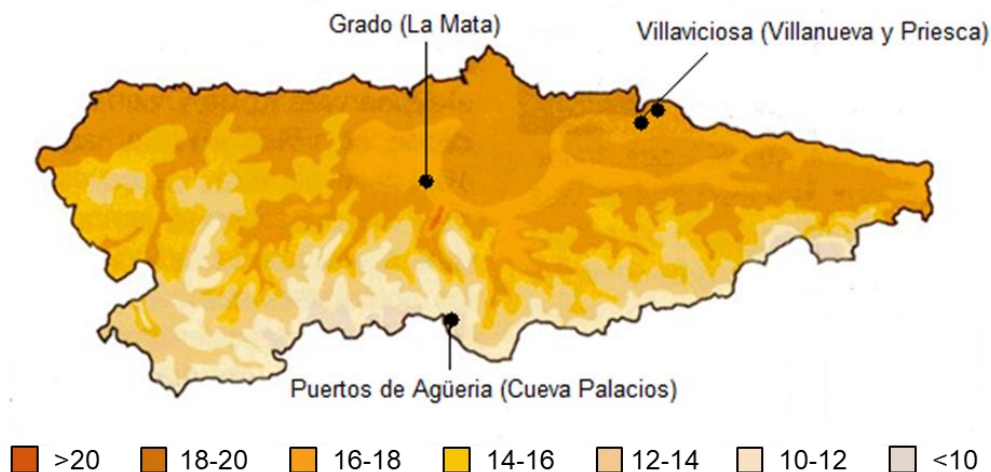
## 1.2. Datos climatológicos en las zonas de estudio

El clima en Asturias es oceánico, con contrastes de temperatura moderados, sobre todo en la zona costera. En la costa, la diferencia entre el mes más cálido y el más frío del año no supera los 10°C, sin embargo, según avanzamos hacia el interior, esta influencia oceánica disminuye, siendo las

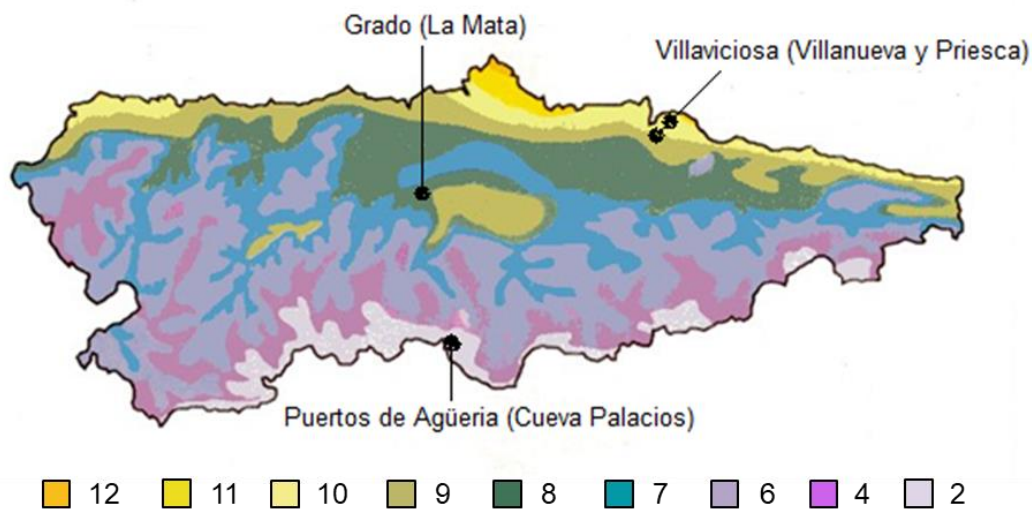
diferencias entre los meses más cálido y más frío mayores, como por ejemplo en Grado, donde esta diferencia es de 11,8°C. En la montaña, además de la menor influencia oceánica se añade el efecto de la altitud, disminuyendo 0,5°C la temperatura por cada 100 m de elevación (Felicísimo, 1990).

La temperatura media anual en el Parque Natural de las Ubiñas-La Mesa, donde se encuentran los Puertos de Agüeria, es de 10–11°C (Biesca Ingeniería). En la costa, en Villaviciosa, la temperatura media anual es de 14,1°C, variando entre 9,1°C en enero y 19,8°C en agosto (<https://es.climate-data.org/location/9240/>). En el interior, en Grado, la temperatura media anual es de 14°C, siendo el mes más frío enero, con una media de 8,7°C y llegando a agosto a una temperatura media 19,8°C (<https://es.climate-data.org/location/10580/>).

**Figura 2. Temperaturas máximas anuales medias en el Principado de Asturias (°C). Adaptado de *El monte de Asturias* (Ortega et al., 2011).**



**Figura 3. Temperaturas mínimas anuales medias en el Principado de Asturias (°C). Adaptado de *El monte de Asturias* (Ortega et al., 2011).**

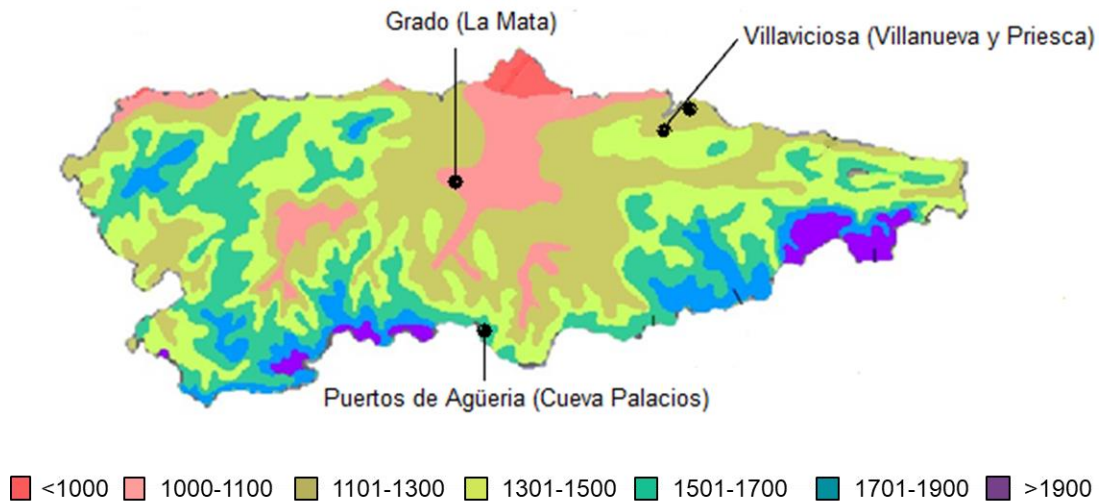


Las precipitaciones guardan relación con la altitud, encontrando los mínimos en la zona costera y los máximos en las zonas de montaña (Figura 4). Esto se debe al llamado *efecto de ladera*, que se da cuando una masa de aire con humedad asciende al encontrarse con una barrera montañosa. Este ascenso, junto a la menor temperatura, hace que se condense el vapor de agua, se formen nubes y se desencadenen las lluvias. En los valles de interior, se da el fenómeno llamado *abrigo orográfico*, donde encontramos el caso contrario al *efecto ladera*. En este caso lo que ocurre es que las masas de aire pueden descender por la ladera aumentando su temperatura en el descenso y disminuyendo así su humedad relativa.

Esto lo vemos reflejado en las fincas donde hemos realizado los ensayos, se presupone que las mayores precipitaciones se recogen en Cueva Palacios, en los Puertos de Agüeria, dado que no hay observatorio meteorológico en el puerto, mientras que en La Mata, situada en un valle en el

interior de la región, llueve menos que en Villanueva y Priesca, que están en la costa.

**Figura 4. Precipitación media anual en el Principado de Asturias ( $l/m^2$ ). Adaptado de *El clima de Asturias* (Felicísimo, 1990).**



## 2. ANIMALES

Los animales utilizados en los ensayos proceden del rebaño experimental de ganado vacuno del Área de Sistemas de Producción Animal del SERIDA.

El rebaño está compuesto por ganado vacuno de las dos razas autóctonas de Asturias, AV y AM. Cuenta con vacas de cría, novillas de reposición, terneros y sementales de ambas razas.

### 2.1. Manejo reproductivo

Los partos se concentran en dos parideras, una de invierno, en la que las crías nacen entre finales de enero y finales de marzo, y otra de verano-



otoño, en la que los partos se desarrollan entre finales de agosto y finales de octubre. El sistema de cubrición utilizado es la monta natural, reservando la inseminación artificial para casos aislados. Los toros están con las vacas para cubrirlas en dos épocas del año, en función de la paridera. Las vacas de la paridera de invierno están con el toro entre mediados de abril y mediados de junio, separando a los animales por parcelas en función de la raza. El semental se junta con las vacas de la paridera de verano-otoño entre mediados de noviembre y mediados de enero.

Los terneros utilizados en los ensayos han sido los terneros machos nacidos en la paridera de invierno. Algún año, debido al escaso número de machos nacidos, fue necesario comprar terneros a otras explotaciones.

### ***2.3. Manejo de la alimentación***

El rebaño pasta durante la primavera y el otoño en los pastos de las fincas de Villanueva y Priesca, en Villaviciosa, y también en La Mata, en Grado. En verano, las vacas que paren en invierno junto a sus crías, además de las novillas de reposición, suben a la finca de Cueva Palacios, en los Puertos de Agüeria, para aprovechar los pastos de alta montaña. Permanecen en puerto desde mediados de junio hasta principios de octubre. Las vacas de la paridera de verano-otoño y los sementales, continúan su pastoreo de verano en las fincas de zonas bajas (Villanueva, Priesca y Grado).

En invierno, los animales son estabulados en las naves de las fincas de Villanueva y La Mata, donde son alimentados a base de pienso compuesto, paja de cereal y ensilado de hierba.

### **3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **3.1. Objetivo 1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.**

##### **3.1.1. Manejo de los animales**

Para la realización de estos ensayos utilizamos 83 terneros del rebaño experimental del SERIDA, siendo 39 AV y 44 AM nacidos en las parideras de invierno de los años 2010 a 2013.

Los terneros permanecían junto a sus madres durante el pastoreo de primavera, y en verano subían con ellas a puerto. En otoño, a la bajada de puerto, eran destetados, llevando a cabo el pastoreo en Priesca. En invierno eran estabulados, y cuando tenían alrededor de un año de edad, a finales de febrero, eran castrados quirúrgicamente. Tras el pastoreo de primavera en Priesca, la mitad de los añojos (mitad AV y mitad AM, asignados al azar dentro de cada raza) subía a pasar el verano en puertos de montaña, en la finca de Cueva Palacios, mientras que la otra mitad permanecía en pastos mejorados de valle, en la finca de La Mata. Tras terminar el verano, los cebones de puerto bajaban a valle y se juntaban los rebaños, llevando a cabo las sucesivas fases de cebo y acabado en la Finca La Mata hasta su sacrificio. Al alcanzar los 33 meses de edad aproximadamente, eran sacrificados.

##### **3.1.2. Mediciones**

Los animales se pesaban al principio, a la mitad y al final de cada periodo de pastoreo.

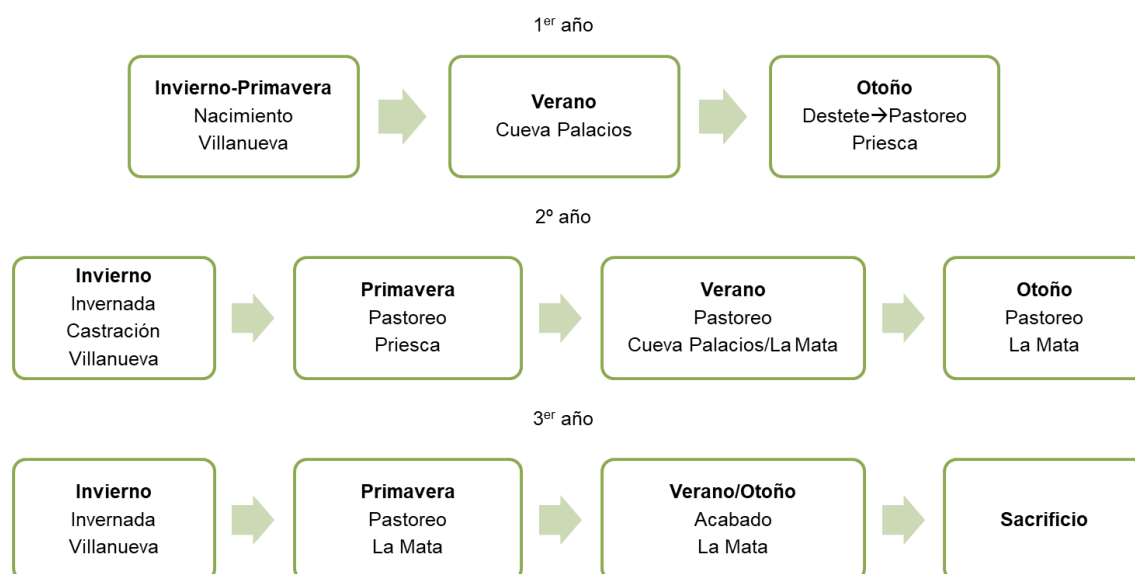
Se hicieron controles de composición botánica en primavera para los pastos de valles y en junio en los pastos de alta montaña.

La cantidad de pasto disponible en cada finca se estimó midiendo las alturas de pasto cada 15 días, mientras los cebones se encontraban allí pastando.

Las muestras de hierba, para estudiar la calidad de los pastos, se cogieron en primavera en valles, y a principio y final de verano en puerto. En el caso de los cebones que pastan en verano en alta montaña, se recogieron muestras de heces, a principio y final de verano, para estimar su selección de dieta por medio de la técnica de los alcanos (Ferreira et al., 2007).

Durante los años 2013 y 2014 llevamos a cabo observaciones de conducta de pastoreo de los cebones que aprovechaban los pastos de puerto en verano para estudiar la selección de las distintas comunidades vegetales.

**Figura 5. Esquema del ciclo de vida de los cebones**



### **3.2. Objetivo 2. Sistemas ecológicos en régimen semi-extensivo.**

#### **3.2.1. Diseño del ensayo**

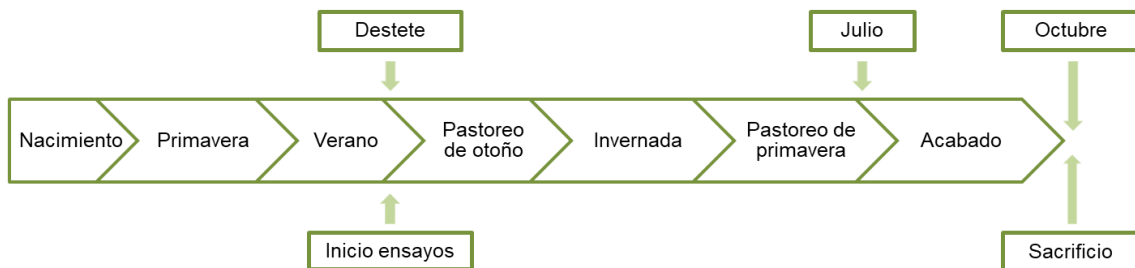
Todos los ensayos se llevaron a cabo en la finca de La Mata, en el interior de Asturias.

El diseño consistió en dos tratamientos con tres repeticiones sobre seis parcelas de 1,6-1,8 ha: convencional, en régimen extensivo, y ecológico, acorde con las normas de los Reglamentos (CE) 834/2007 y 889/2008 de producción ecológica. En la fase de acabado, además del cebo convencional a base de pienso concentrado y paja, se compararon tres tipos de alimentación dentro del sistema ecológico: pastoreo, ensilado de maíz y ensilado de hierba, todos ellos suplementados con concentrado ecológico.

Las parcelas del tratamiento convencional se abonaron con fertilizantes de síntesis, mientras que las de tratamiento ecológico estaban abonadas con estiércol procedente de la propia explotación.

Se utilizaron 67 terneros para realizar este estudio. Todos los terneros pertenecían a la raza AV y habían nacido en la paridera de invierno de los años 2008, 2009 y 2010. Tras el destete a finales de verano, pasaban al pastoreo de otoño, seguido de su estabulación en invierno. Tras la invernada, se llevaba a cabo un pastoreo de primavera tras el cual, en julio, comenzaba el acabado para su posterior sacrificio hacia mediados de octubre.

**Figura 6. Esquema del ciclo de vida de los terneros**



### **3.2.2. Mediciones**

La composición botánica se midió al comienzo y final de cada pastoreo de primavera.

La cantidad de pasto disponible se calculó midiendo la altura de pasto semanalmente.

En cada parcela se habían colocado tres exclusiones para medir la producción del pasto. La producción se estimó para cada época de pastoreo y también se calculó el crecimiento de pasto diario para cada fase de pastoreo.

Se recogieron muestras de hierba en el mes de junio de cada año para estimar la calidad del pasto.

Los animales se pesaron al inicio y final de cada periodo de pastoreo y una vez al mes. Se controló además el consumo diario de alimento durante el acabado.

En el matadero, una vez sacrificados, se midió su peso canal en frío, y a las 24 horas *post-mortem*, se valoró la conformación y engrasamiento. Se separó la 6ª costilla para su disección y estudio de su composición tisular.

#### **4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Los efectos de los tratamientos sobre las variables dependientes (ganancias de peso, rendimientos al sacrificio) se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) factorial, examinando los efectos fijos del manejo, raza, año y sus interacciones. En el caso de las variables repetidas en el tiempo, medidas en las mismas unidades experimentales (animales o parcelas), se empleó un ANOVA de medidas repetidas. Las relaciones entre variables cuantitativas continuas se examinaron mediante correlación de Pearson.

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS**

**Objetivo 1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.**

En el Principado de Asturias, más de la mitad del territorio se encuentra por encima de los 400 metros de altitud. De las 1.060.357 ha de extensión, 764.598 son forestales (monte), lo que se traduce en un 72,2% de la superficie del territorio (Ortega *et al.*, 2011). En cuanto a municipios, de 78 concejos que hay en Asturias, 69 se consideran municipios de montaña, lo que supone un 93% de la superficie del Principado. De la superficie que ocupan las explotaciones agroganaderas, el 94% corresponde a explotaciones de montaña. El 75% de las explotaciones son mixtas (agrícola-ganadera) y el 5% exclusivamente ganaderas. En cuanto al aprovechamiento de la superficie, mientras que el 5% de la superficie agrícola utilizada se dedica al cultivo, el 95% son pastos. En España, el 33% de la producción ganadera en zonas de montaña se dedica al bovino, lo que se traduce en 1.965.440 cabezas. La producción más importante se localiza en Castilla y León, Asturias, Galicia y Cantabria, localizándose en Asturias el 17% de la producción (343.545 cabezas). Dentro del Principado, la cría de ganado bovino supone un 88% del total de la cría de ganado en sistemas de montaña (MAPAMA, 2017).

Estas superficies de montaña (puertos) están formadas por zonas arboladas y por matorrales, prados y pastizales no cultivados por el hombre. Debido a su considerable extensión, es muy interesante su uso ganadero, ya que se trata de un recurso renovable y tiene un beneficio ambiental, contribuyendo a mantener el entorno, la biodiversidad y la cubierta vegetal, entre otros beneficios (Ortega *et al.*, 2011).



En Asturias el aprovechamiento de los pastos de alta montaña se lleva a cabo en forma de pastos comunales, terrenos cubiertos por vegetación espontánea y utilizados por el ganado de los propietarios del monte, que son los vecinos de una parroquia o concejo. Este tipo de pastos se utiliza en verano, entre junio y finales de septiembre, dada su gran estacionalidad. Este sistema de cría de ganado en extensivo es típico de la Cornisa Cantábrica, Pirineos y Sistema Central.

En los pastos de montaña en la Cordillera Cantábrica, las comunidades más representativas son los pastos graminoides, dominados por especies como *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris*, si bien los matorrales de brechina también suelen ocupar superficies notables. La producción animal en estos pastos depende de las especies dominantes en la cobertura vegetal, siendo los mayores limitantes la baja disponibilidad de herbáceas o que predomine el matorral (Osoro *et al.*, 1995).

Para el desarrollo del estudio hemos elegido analizar el engorde de machos castrados porque su demanda ha aumentado por parte del consumidor, habiendo una producción insuficiente para atenderla, ya que en nuestro país la producción de carne de ganado vacuno se enfoca, principalmente, en el sacrificio de terneros y añojos. Comparando la producción de carne en el primer semestre de 2016 y de 2017, el sacrificio de terneros (< 8 meses) y el de bovino joven (8-12 meses) aumentaron un 4,1% y un 5,8% respectivamente, mientras que el sacrificio de toros y bueyes disminuyó un 2%, situándose alrededor de las 80.000 cabezas sacrificadas (un 3,4% del total de vacuno).

Todo esto hace interesante el estudio de la producción de machos castrados en sistemas de alta montaña, aprovechando los recursos pastables disponibles, lo que puede resultar ventajoso desde el punto de vista económico, además del medioambiental, como mencionábamos anteriormente. El objetivo de este trabajo fue estudiar la producción de cebón (machos castrados de casi 3 años de edad) comparando las dos razas asturianas y dos sistemas de manejo: uno en el que los añojos suben a puerto para aprovechar durante el verano pastos de montaña de *Festuca-Agrostis* con brezales y piornales en su segundo año de vida, y otro en el que los añojos permanecen en valle pastando en praderas de raigrás inglés y trébol blanco en la misma época. También estudiamos la conducta de pastoreo y la selección de dieta de los cebones en los pastos de montaña, para conocer sus preferencias en un pasto heterogéneo compuesto por comunidades herbáceas y leñosas.

**Beef steer production from two local breeds under two management systems differing in the utilization of mountain pastures**

*A. Román-Trufero<sup>A</sup>, V. García-Prieto<sup>A,B</sup>, A. Martínez<sup>A,B</sup>, K. Osoro<sup>A</sup> and R. Celaya<sup>A,C</sup>*

<sup>A</sup>Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), 33300 Villaviciosa, Asturias, Spain.

<sup>B</sup>Present address: Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, Government of the Principality of Asturias, 33001 Oviedo, Spain.

<sup>C</sup>Corresponding author. E-mail: rcelaya@serida.org

Short title: Steer production from lowland or mountain pastures

## **Abstract**

Steer meat production is insufficient to meet market demand in northern Spain despite the abundance of pasture and genetic resources. This study aimed to compare steer production from two local breeds, Asturiana de los Valles (AV) and Asturiana de la Montaña (AM), and two management strategies: one consisting of yearling steers grazing summer mountain pastures (M treatment), and another consisting of yearling steers utilizing lowland grasslands at the same time (L treatment). A total of 83 calves born in winter-spring were studied during four life-cycles. During their first year of life, calves were carried with their mothers to summer pastures (1600–1800 m a.s.l.) and weaned when returned to lowland pastures. Once castrated, half of the yearlings of each breed were randomly assigned to treatment M or L. Steers were slaughtered at an age of approximately 33 months after a finishing period of 3–4 months when they were fed maize silage and concentrate. In general, body weight (BW) gains were greater in AV than in AM breed, resulting in greater ( $P < 0.001$ ) slaughter (714 vs. 616 kg) and carcass weights in the former. During the second summer, AV steers gained more BW than AM in lowland pastures (512 vs. 459 g/day), contrary to summer pastures (133 vs. 252 g/day), resulting in a breed  $\times$  management interaction ( $P < 0.05$ ). In the next periods M steers showed a compensatory growth counterbalancing their previous lower performance, whereas no differences between treatments or breeds were found in the finishing period. As a result, no differences between managements were observed in final BW at slaughter or carcass weight. Yearling steers could be managed at summer pastures without detrimental effects in their final yield, particularly in the case of AM breed, which proved to

be better suited to use mountain pastures.

**Additional keywords:** animal production, beef cattle, grazing management, perennial pastures

## 1. Introduction

Steer meat is a highly valued and demanded product by consumers and restaurant industry in most regions of Spain (Vieira *et al.* 2007). However, beef production is almost completely focused on veal category and, much less important, on yearling bulls, so the market is deficient in steer meat. This shortage prevails throughout the humid northern region of Spain, including Asturias, with abundant pasture resources and where beef production is one of the bases of the regional economy. Furthermore, the existence of a great genetic wealth in this region, with 14 anciently adapted autochthonous cattle breeds (11 of them in danger of extinction; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2010), offers possibilities to encourage an extensive and sustainable steer production. Two native cattle breeds are present in Asturias: Asturiana de los Valles (AV) and Asturiana de la Montaña (AM). Both breeds are adapted to extensive systems and their management is based on the use of semi-natural grazing resources. The first one is widespread throughout the region and is specialized in beef production, with animals having a good format, large capacity for food processing and a great growth rate (Cañón *et al.* 1994; Piedrafita *et al.* 2003; Albertí *et al.* 2008). The second one is declared endangered and is mostly restricted to the mountain areas of eastern Asturias, with more rustic and smaller animals than AV (Cañón *et al.* 1994; Osoro *et al.* 1999a). In Asturias, as in many other mountain areas, the traditional beef cattle

management is the valley-mountain system. In this system, suckler cows and their calves are moved from lowlands to summer mountain pastures from May-June to September-October. The rest of the year animals graze in lowland grasslands, while the housing period is usually restricted to winter, coinciding with the calving season. Nowadays, both lowland and mountain pastures are increasingly underutilized, endangering their productivity and biodiversity. The integration of lowland and mountain pastures promotes an efficient use of the available grazing resources, both economically and environmentally (Hadjigeorgiou *et al.* 2005). Although cow-calf operations under this management have been studied with both AV and AM breeds (Osoro *et al.* 1998, 1999a), there is very little information on the use of mountain pastures by weaned young animals such as yearling steers. The aim of this study was to evaluate the potential of mountain pastures for steer production comparing the two Asturian local breeds, based on the integrated use of lowland grasslands with summer pastures. We compare two production systems: one consisting of yearling steers utilizing summer mountain pastures in their second year of life, and another consisting of yearling steers grazing on lowland improved pastures. At the third year all steers stayed on lowland pastures, and then fed maize silage and concentrate during a finishing period to be slaughtered at an age of approximately 33 months.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Study sites and available pastures**

The study was carried out from 2010 to 2015 at four different locations in Asturias (northern Spain): 1) Villanueva (municipality of Villaviciosa, 43°27'N,

5°25'W, 50–80 m a.s.l.), in the coastal area, with old-sown grasslands that hold moderate abundances of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*); 2) Priesca (Villaviciosa, 43°28'N, 5°21'W, 85–140 m a.s.l.), in the coastal area, with semi-abandoned grasslands with incipient invasion of shrubs and bracken (*Pteridium aquilinum*); 3) La Mata (municipality of Grado, 43°22'N, 6°4'W, 65 m a.s.l.), in an inner valley, with improved perennial ryegrass-white clover grasslands that are eventually reseeded; 4) Puertos de Agüeria (nature park of Las Ubiñas-La Mesa, municipality of Quirós, 43°2'N, 5°55'W, 1600–1800 m a.s.l.), with mountain pastures composed of semi-natural grasslands dominated by *Festuca rubra* and *Agrostis capillaris* (70% of the area), and *Calluna vulgaris* heathlands including broom formations of *Genista florida* (30% of the area).

The lowland old-sown grasslands at Villanueva were annually fertilized with 35, 100 and 65 kg/ha of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively, sometimes substituted by manure, while the respective amounts at La Mata improved grasslands were 120, 120 and 80 kg/ha. In the semi-abandoned grasslands at Priesca, apart from fertilization with NPK (same doses as in Villanueva) and manure, additional improvements during the first two years of the study included clearing of shrub- and bracken-invaded areas and scattered sowing of perennial ryegrass and white clover. No management excepting grazing was performed in the mountain pastures of Agüeria.

## **2.2. Experimental design and animal management**

A factorial design of 2 breeds × 2 management strategies was established. The subjects of the study were 83 male calves from the two

Asturian breeds, 39 AV and 44 AM, born during winter and early spring in four consecutive years: 2010 (8 AV, 10 AM), 2011 (11 AV, 14 AM), 2012 (12 AV, 12 AM) and 2013 (8 AV, 8 AM). None of the AV animals was phenotypically double-muscled. During spring, calves were reared with their mothers at the coastal old-sown grasslands until mid-June, when they were moved to the summer pastures at Puertos de Agüeria. Cows and calves spent the summer on these mountain pastures until the end of season in late September or early October. Once returned to lowlands, calves were weaned and taken to Priesca semi-abandoned pastures for autumn grazing until December-January, when they were housed for wintering and fed with beet pulp, concentrate and grass hay (2.5, 1.5 and 1.5 kg/animal.day, respectively). In January-February, calves, aged about one year, were castrated by surgical removal of the testicles. Calves were previously sedated with 0.5 mL/100 kg body weight (BW) of 2% xylazine and locally anesthetized using lidocaine (60 mL/animal).

In the following spring (from March to June, second year of life) the yearlings grazed on the semi-abandoned grasslands. In mid-June, half of the steers (balanced by breed and BW) were randomly assigned to one of two groups: one group was taken to Agüeria mountain pastures (M treatment), while the other was moved to La Mata to utilize lowland improved pastures (L treatment). In October all steers got together at La Mata, where they stayed until their slaughter. Steers spent there the autumn grazing, the winter housing period, spring-summer grazing (third year of life) and the finishing period. During winter steers were fed with rationed concentrate (3 kg/steer.day, increasing to 4 kg/steer.day in the last month) and barley straw ad libitum. During the finishing period, which lasted 3 to 4 months from August-September



to November-December, steers were fed with concentrate fodder (5 kg/steer.day) and maize silage ad libitum, including barley straw in the initial days. The commercial concentrate was composed of 40% maize, 27% barley, 15% soybean meal, 8% wheat bran, 4% soybean husks, 3% soy oil, and 3% minerals (calcium carbonate, sodium bicarbonate, magnesium oxide and sodium chloride). Its nutritional contents on DM basis were 14% crude protein (CP), 5% crude fibre, 6% crude fat, and 6% crude ashes, in addition to added vitamins (A, D3, E) and oligoelements (Zn, Mn, Cu, Co, Se, I). Maize silage had mean contents (on DM basis) of 8.1% CP, 47.4% neutral detergent fibre (NDF), 29.8% starch, and 4.1% ashes.

Animals were drenched against gastrointestinal nematodes with albendazole (Albendex®, S.P. Veterinaria, Riudoms, Tarragona, Spain) and closantel (Endoex®, S.P. Veterinaria) before spring grazing, with deltamethrin (Deltavex pour-on®, S.P. Veterinaria) before summer grazing, and with ivermectin (Virbamec®, Virbac, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Spain) during autumn. Before summer, steers were vaccinated against *Clostridium* spp. (Miloxan®, Merial, Lyon, France). When steers reached target BW of around 700 kg and 600 kg for AV and AM breeds, respectively, were slaughtered in a commercial abattoir with an age of approximately 33 months. All procedures were performed in accordance with the EU Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes.

### **2.3. Measurements**

Botanical composition of the grazed pastures was measured in spring (March-April) at the lowland old-sown (2011-2014), semi-abandoned (2012-

2014) and improved grasslands (2010-2014) by recording 1000–1200 vertical hits at each site with a point quadrat (Grant 1981). In the mountain pastures, botanical composition was assessed at the end of June of 2011, 2013 and 2014 with the same method, recording 1000 and 500 contacts on grasslands and heathlands, respectively.

Herbage samples from lowland sites were collected during spring grazing seasons (May) to analyse their nutritive quality. Semi-abandoned grasslands utilized after weaning were also sampled in October, while at mountain pastures herbage and heather samples were collected in July and September. Samples were stored at  $-20^{\circ}\text{C}$ , freeze-dried and milled to 1 mm before chemical analyses. Organic matter (OM) and CP contents were determined following the procedures of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2006). Acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignin (ADL) and NDF were analysed by the methods of Van Soest *et al.* (1991).

Green herbage availability was assessed fortnightly during the grazing seasons at lowland pastures by measuring the sward height at 250–500 random points at each site with a swardstick (Barthram 1986). In the mountain grasslands sward height was measured at monthly intervals at 300–500 random points.

Animals were weighed at the start and at the end of each grazing or housing season. Daily BW gains were calculated for each season. At slaughter, carcasses were weighed and carcass yield was calculated as dressing percentage ( $100 \times \text{hot carcass weight}/\text{final BW}$ ).

## **2.4. Statistical analysis**

Data on chemical composition of spring herbage from lowland sites were analysed by one-way ANOVA to examine differences among sites. For semi-abandoned grasslands, differences between spring and autumn were also examined by the same method. Data from mountain pastures were subjected to factorial ANOVA to test the effects of plant component (herbage and heather), season (July and September) and their interaction. Animal performance data were analysed by factorial ANOVA. For the BW changes until treatments were imposed, the models included the effects of breed, birth year and their interaction. For the following BW changes during the life cycle, the effects of breed, treatment, birth year and their interactions were examined. Data on slaughter BW, carcass weight and yield were examined with the preceding model including the age of the animal (in days) as covariate. Tukey's test was used for multiple comparisons. All analyses were performed with Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

## **3. Results**

### **3.1. Pastures**

In the coastal old-sown grasslands, sown species accounted for 36% cover (26–28% ryegrass and 5–10% clover; Table 1). Dominant grasses were *Agrostis* spp. and *Holcus lanatus*, with *Poa* spp., *Festuca* spp. and *Dactylis glomerata* also being relatively abundant. Forbs accounted for 6–8% cover, being *Plantago lanceolata* and *Ranunculus* spp. the most abundant. The nearby semi-abandoned pastures were dominated by grasses (56–63%), especially *Agrostis* spp., with a lower presence of *D. glomerata* and *H. lanatus*. Forbs and

weeds were more abundant than in other lowland grasslands (16% cover), with *Centaurea nigra* and *Plantago lanceolata* as the most abundant, together with *Ranunculus* spp. and *Rumex* spp., among others. There was an incipient colonization by woody species like *Rubus* spp. and *Prunus spinosa*. The presence of bracken was reduced from 7.4% in 2012 to 1.3% in 2014 due to clearing labours, while dead matter accounted for a mean of 8%. The improved grasslands were dominated by perennial ryegrass (51–56%), with white clover accounting for 3–10% (Table 1). Pooled cover of unsown grasses (mostly *Agrostis* spp. and *Poa* spp.) varied between 27% and 34%, while the mean cover of forbs was 8%, with *Capsella bursa-pastoris* as the most abundant. Mountain grasslands were highly diverse, with *F. rubra* as the most abundant species (36%), together with other grasses such as *A. capillaris* (10%) and *Nardus stricta* (5%). Among the legumes (8–9%), *T. repens* and *Lotus corniculatus* were the most important. Among the many other species (forbs and monocots), *Merendera montana*, *Plantago media*, *Carex caryophyllea*, *Plantago alpina* and *Hieracium pilosella* were relatively abundant. Heathlands were dominated by *C. vulgaris* (40–48%), with bilberry (*Vaccinium myrtillus*) as the most abundant companion species (8–11%). *Potentilla erecta* and *Succisa pratensis* had the highest presence among the herbaceous species.

**Table 1. Botanical composition (mean cover percentages  $\pm$  s.e.) of the pastures grazed by steers at each study site.**

	Lowland old- sown grassland	Lowland semi- abandoned grassland	Lowland improved grassland	Mountain pastures	
				Grassland <sup>A</sup>	Heathland <sup>A</sup>
<i>n</i> (sampling years)	4	3	5	3	3
Perennial ryegrass	26.8 $\pm$ 0.67	4.9 $\pm$ 0.58	52.7 $\pm$ 0.84	0	0
Other grasses	55.5 $\pm$ 0.56	57.1 $\pm$ 3.33	29.8 $\pm$ 1.42	54.6 $\pm$ 1.19	8.0 $\pm$ 0.42
Legumes	9.1 $\pm$ 1.34	7.2 $\pm$ 0.31	6.7 $\pm$ 1.59	8.5 $\pm$ 0.39	0.9 $\pm$ 0.24
Other herbaceous spp.	7.3 $\pm$ 0.48	16.3 $\pm$ 0.79	8.1 $\pm$ 0.32	34.9 $\pm$ 0.17	22.7 $\pm$ 1.55
Woody species <sup>B</sup>	0	6.4 $\pm$ 2.42	0	0.1 $\pm$ 0.06	57.7 $\pm$ 1.76
Dead matter <sup>C</sup>	1.3 $\pm$ 0.45	8.2 $\pm$ 0.17	2.8 $\pm$ 0.41	1.9 $\pm$ 0.84	10.7 $\pm$ 0.37

<sup>A</sup>Grasslands and heathlands occupied 70% and 30% of the available grazing area, respectively.

<sup>B</sup>In semi-abandoned grassland bracken (*Pteridium aquilinum*) is included with 4.4%.

<sup>C</sup>Includes minimal percentages of bare ground in grasslands, 4.7% in heathland.

The nutritive quality of spring herbage did not differ among lowland sites, averaging 899  $\pm$  2.5 g OM/kg DM, 189  $\pm$  4.0 g CP/kg DM, 469  $\pm$  5.4 g NDF/kg DM, 256  $\pm$  3.9 g ADF/kg DM, and 26  $\pm$  1.1 g ADL/kg DM ( $n$  = 36; Table 2). In the semi-abandoned grasslands CP content tended to decrease from spring to autumn ( $P$  = 0.089), whereas ADF and ADL contents increased ( $P$  < 0.01 and  $P$  < 0.001, respectively). In mountain pastures, grassland herbage presented greater CP (178 vs. 90 g/kg DM; s.e.m. = 4.2;  $P$  < 0.001) and NDF contents (526 vs. 408 g/kg DM; s.e.m. = 20.7;  $P$  < 0.01), and lower OM (930 vs. 968 g/kg DM; s.e.m. = 2.3;  $P$  < 0.001), ADF (246 vs. 319 g/kg DM; s.e.m. = 15.4;  $P$  < 0.01) and ADL contents (34 vs. 190 g/kg DM; s.e.m. = 8.9;  $P$  < 0.001) than heather. Herbage CP content tended to increase from July to September ( $P$  = 0.070), whereas heather CP content decreased ( $P$  < 0.05; Table 2).

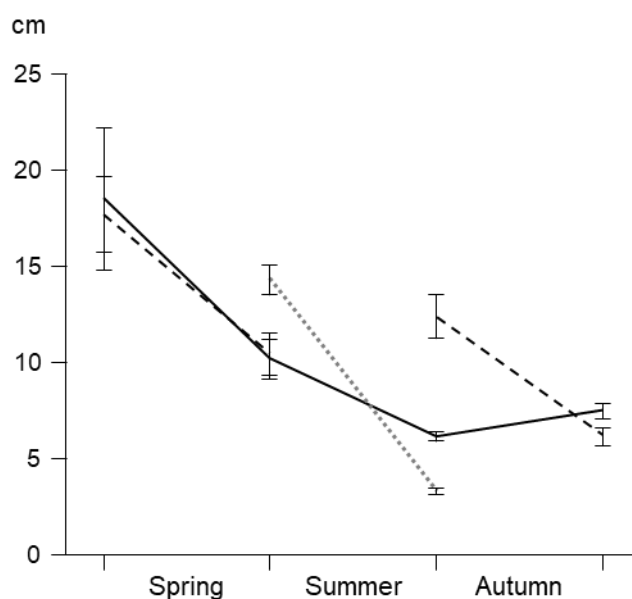
**Table 2. Chemical composition of the herbage from the different pastures, including heather green shoots from the mountain heathlands.**

Means  $\pm$  s.e. in g/kg DM; OM, organic matter; CP, crude protein; NDF, neutral detergent fibre; ADF, acid detergent fibre; ADL, acid detergent lignin

Pasture	Month	<i>n</i>	OM	CP	NDF	ADF	ADL
Old-sown grassland	May	10	903 $\pm$ 1.7	190 $\pm$ 5.1	463 $\pm$ 7.4	257 $\pm$ 5.0	25 $\pm$ 2.7
Semi-abandoned grassland	May	16	900 $\pm$ 5.0	186 $\pm$ 6.8	475 $\pm$ 8.4	254 $\pm$ 5.7	27 $\pm$ 1.3
	October	4	883 $\pm$ 7.3	169 $\pm$ 3.1	491 $\pm$ 11.6	301 $\pm$ 4.1	44 $\pm$ 2.3
Improved grassland	May	10	895 $\pm$ 3.4	194 $\pm$ 8.7	465 $\pm$ 12.4	257 $\pm$ 10.2	25 $\pm$ 2.4
Mountain grassland	July	4	927 $\pm$ 3.0	169 $\pm$ 2.1	521 $\pm$ 17.4	254 $\pm$ 5.1	35 $\pm$ 3.1
	September	3	932 $\pm$ 2.4	186 $\pm$ 8.4	532 $\pm$ 25.2	238 $\pm$ 12.8	32 $\pm$ 2.5
Heather	July	2	966 $\pm$ 1.9	99 $\pm$ 1.9	433 $\pm$ 40.1	339 $\pm$ 50.1	203 $\pm$ 30.8
	September	2	970 $\pm$ 1.5	81 $\pm$ 2.6	383 $\pm$ 25.7	299 $\pm$ 11.9	176 $\pm$ 9.3

In general, green herbage availability decreased during each grazing season at all sites. Mean sward height during spring ranged between 12.6 cm and 14.4 cm in lowland grasslands, decreasing from 17.8–18.6 cm at the beginning to 10.2–10.5 cm at the end (Fig. 1). During summer, mean sward height of improved grasslands was 7.3 cm, decreasing from 10.2 cm in June to 6.2 cm in September-October. In mountain grasslands mean sward height during summer was a little lower (6.1 cm), although a greater reduction rate was observed, from a mean of 14.4 cm to 3.3 cm at the end of the summer. During autumn, mean sward height of improved grasslands was 7.9 cm, fluctuating between 6.0 and 9.5 cm, while it was 9.7 cm in semi-abandoned grasslands, decreasing from 12.4 to 6.2 cm (Fig. 1).

**Figure 1. Sward height of the pastures grazed by steers: lowland improved (solid line) and semi-abandoned grasslands (dashed line), and mountain grasslands (dotted line). Means  $\pm$  s.e. of 4–5 years at each site at the start and end of each grazing season.**



### **3.2. Steer performance**

Steers' BW changes across the life cycle according to breed and treatment are shown in Fig. 2. During their first year of life, BW gains were greater in AV than in AM calves, except in winter (Table 3). In spring, suckling AV calves gained 21% more BW than AM calves ( $P < 0.01$ ). In summer, when calves were in mountain pastures with their dams, daily BW gains were 15% greater in AV than in AM calves ( $P < 0.05$ ). In autumn grazing, when animals returned to lowland pastures and were weaned, the gains were 37% greater for AV calves compared to AM ( $P < 0.01$ ). In winter, calves fed in the stables achieved mean BW gains of  $642 \pm 28.3$  g/day, with no differences between breeds, although being greater ( $P < 0.001$ ) in those born in 2011 compared to

the rest. During the next spring grazing season at semi-abandoned grasslands, AM steers tended to gain more BW than AV steers ( $P = 0.086$ ; Table 3).

**Table 3. Daily body weight gains (g/day) of male calves from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) during the early stages of their life: spring grazing at lowlands and summer grazing in the mountain as sucklers with their mothers, autumn grazing at lowlands after weaning, indoor wintering, and spring grazing after being castrated.**

Least squares means of four years ( $N = 83$ )

Breed (Br)	AV	AM	s.e.m.	P-value		
				Br	Year (Yr)	Br × Yr
Spring (first year)	904	747	39.5	0.009	0.008	0.844
Summer (first year)	711	618	28.5	0.029	0.032	0.507
Autumn (first year)	688	501	39.6	0.002	0.002	0.051
Winter (first year)	608	665	41.0	0.291	<0.001	0.109
Spring (second year)	487	620	53.6	0.086	0.278	0.392

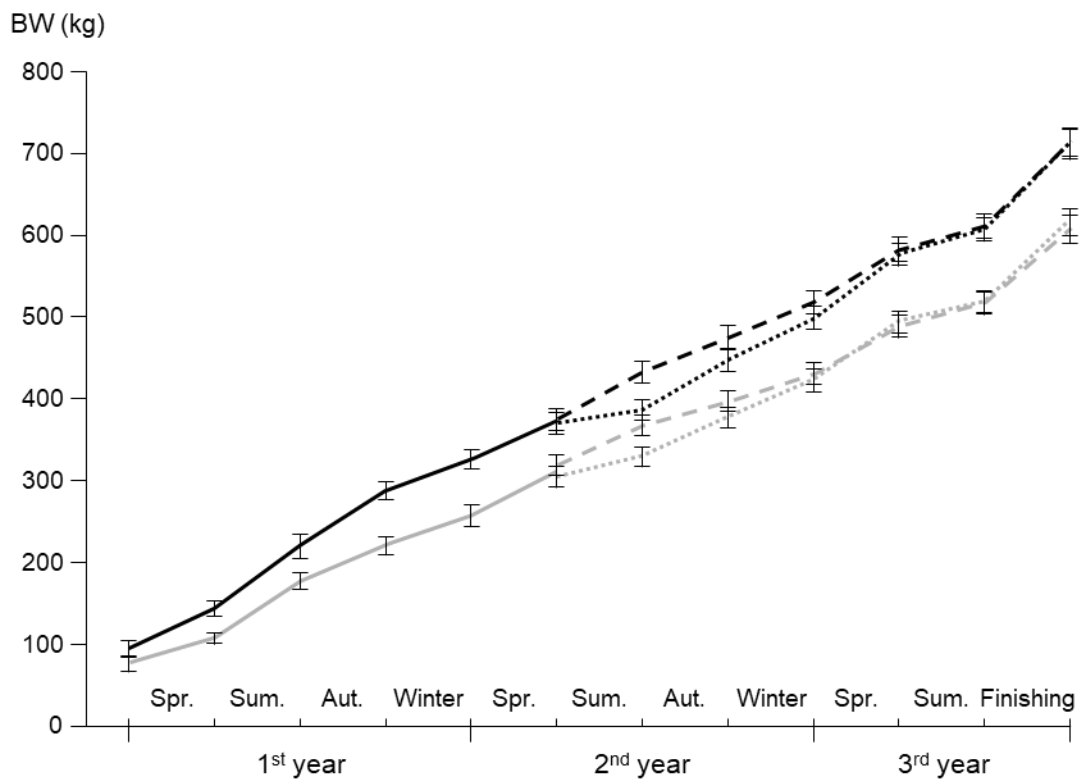
In the summer of the second year, once treatments were imposed, L steers generally had greater BW gains than M steers (485 vs. 193 g/day; s.e.m. = 26.8;  $P < 0.001$ ), although the extent of such differences varied among years ( $P < 0.01$  treatment × year). There was an interaction ( $P < 0.05$ ) between breed and management, as in L treatment AV steers gained more BW than AM steers (512 vs. 459 g/day), whereas in M treatment AM steers showed a better performance than AV ones (252 vs. 133 g/day; Table 4). The differences between managements increased from the first half of the summer grazing season (until early August; 672 vs. 424 g/day in L and M treatments, respectively; s.e.m. = 26.0;  $P < 0.001$ ) to the second half, when a general poor



performance was observed in mountain pastures (402 vs. 54 g/day; s.e.m. = 42.0;  $P < 0.001$ ).

In the following autumn at lowland improved grasslands, steers from M treatment showed greater daily BW gains than those from L treatment (642 vs. 350 g/day; s.e.m. = 30.3;  $P < 0.001$ ), although the differences increased year after year from non-significant 70-140 g/day in those born in 2010 and 2011 to 371-590 g/day ( $P < 0.001$ ) in those born in 2012 and 2013 ( $P < 0.001$  treatment  $\times$  year). In this season, AV steers presented greater gains than AM ones (556 vs. 436 g/day; s.e.m. = 30.6;  $P < 0.01$ ). During the second winter, AV steers tended to gain more BW than AM (569 vs. 503 g/day; s.e.m. = 26.2;  $P = 0.074$ ), with M steers showing greater BW gains than L steers again (597 vs. 475 g/day; s.e.m. = 25.9;  $P < 0.01$ ). In the following spring grazing season (third year of life), differences in performance followed a similar pattern to those found in the preceding periods, with AV steers gaining more BW than AM (905 vs. 787 g/day; s.e.m. = 28.1;  $P < 0.01$ ), and M steers still showing greater gains than L steers (931 vs. 762 g/day; s.e.m. = 27.9;  $P < 0.001$ ). In the summer grazing preceding the finishing period, there were no differences between breeds or managements, with steers achieving mean BW gains of  $591 \pm 38.0$  g/day. During the finishing period, steers gained an average of  $922 \pm 28.1$  g/day, with no significant differences between breeds, managements or years (Table 4).

**Figure 2. Changes in body weight (mean  $\pm$  s.e.) during the life cycle of steers from Asturiana de los Valles (black lines) or Asturiana de la Montaña (grey lines) breeds, managed at lowland (dashed lines) or mountain pastures (dotted lines) during the summer of the second year (solid lines indicate pre-treatment common management).**



**Table 4. Daily body weight gains (g/day) of steers from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) managed during summer grazing (second year of life) at lowlands (L) or mountain pastures (M), and thereafter managed at lowlands until their slaughter.**  
Least squares means of four years (N = 83)

Breed (Br)	AV		AM		s.e.m.	Br	Tr	P-value			
	L	M	L	M				Br × Tr	Year (Yr)	Br × Yr	Tr × Yr
Summer (second year)	512	133	459	252	37.9	0.386	<0.001	0.026	0.567	0.005	0.574
Autumn (second year)	402	710	298	575	42.9	0.007	<0.001	<0.001	0.573	<0.001	0.432
Winter (second year)	516	621	434	572	35.9	0.074	0.001	<0.001	0.084	0.761	0.193
Spring (third year)	800	1010	723	851	38.6	0.003	<0.001	<0.001	0.548	0.279	0.458
Summer (third year)	637	593	600	541	58.5	0.449	0.382	<0.001	0.904	0.947	0.073
Finishing (third year)	935	892	882	924	59.0	0.850	0.993	0.217	0.354	0.819	0.565

### **3.3. Yields at slaughter**

Steers were slaughtered at an average age of  $1002 \pm 6.7$  days, although there were differences between years ( $P < 0.05$ ), ranging from a minimum of 972 days in the steers born in 2012 to a maximum of 1024 days in those born in 2011. Steers from M treatment tended to be older than those from L treatment (1013 vs. 990 days; s.e.m. = 8.9;  $P = 0.076$ ), with no differences between breeds (Table 5). Age influenced ( $P < 0.01$ ) slaughter and carcass weight with positive coefficients (i.e. greater weights the older the age), but not carcass yield. After subtracting age effect, BW at slaughter was greater in AV than in AM steers (714 vs. 616 kg; s.e.m. = 10.0;  $P < 0.001$ ). As well, AV steers presented greater carcass weights than AM steers (387 vs. 317 kg; s.e.m. = 5.6;  $P < 0.001$ ), whereas no significant management effects were found in both slaughter and carcass weights (Table 5). The dressing percentage was greater in AV than in AM steers (54.1% vs. 51.5%; s.e.m. = 0.33;  $P < 0.001$ ). Although in general L steers tended to have carcass yields one point higher than M steers (53.2% vs. 52.3%; s.e.m. = 0.34;  $P = 0.065$ ), this effect was not constant across years, resulting in an interaction between management and year ( $P < 0.05$ ).

**Table 5. Age and yields at slaughter of steers from two breeds (AV, Asturiana de los Valles; AM, Asturiana de la Montaña) managed during summer grazing of their second year of life at lowlands (L) or mountain pastures (M), and thereafter managed at lowlands until their slaughter.**

Covariate-adjusted (except for age) least squares means of four years ( $N = 83$ ). The interactions Br x Tr, Br x Yr and Br x Tr x Yr were non-significant ( $P > 0.1$ ) for all variables

Breed (Br)	AV		AM		s.e.m.	Br	Tr	P-value			
	L	M	L	M				Year (Yr)	Tr x Yr	Age (covariate)	Coefficient
Age (days)	993	1013	988	1013	12.6	0.812	0.076	0.015	0.831		
Body weight (kg)	718	710	617	615	14.2	<0.001	0.744	0.007	0.813	0.001	0.456
Carcass weight (kg)	394	380	319	315	7.9	<0.001	0.265	0.003	0.338	0.003	0.238
Dressing percentage (%)	54.8	53.5	51.7	51.2	0.46	<0.001	0.065	0.038	0.022	0.835	-0.001

## **4. Discussion**

### **4.1. Available pastures**

The pastures utilized in this study represent the typical grasslands used for livestock grazing in Green Spain, concerning both lowlands and high mountains. In spite of the observed differences in botanical composition, no differences in herbage nutritive quality were found between the lowland grasslands, being the CP and fibre contents similar to those found in permanent grasslands in other Spanish Atlantic provinces (e.g. Salcedo and Sarmiento 1994; Brea *et al.* 1998). As well, mountain grasslands presented a nutritive quality roughly similar to that found in other mesic grasslands from Cantabrian Mountains (e.g. Mandaluniz *et al.* 2009; Bedia and Busqué 2014), although the herbage in our study presented CP contents somewhat higher, together with lower fibre contents, compared to the referred works. In general, both lowland and mountain grasslands had a good nutritive quality to meet beef cattle protein and energy demands, so they could maintain acceptable levels of animal production. On the contrary, heather plants are known to have a much poorer nutritive quality than improved or semi-natural grasslands (Celaya *et al.* 2007; Mandaluniz *et al.* 2009), limiting animal performance.

Apart from its nutritive quality, herbage allowance is basic to achieve adequate levels of nutrient intake by grazing cattle (Baker *et al.* 1981a). Different studies have shown that cattle obtain maximum intake rates with sward heights around 8-10 cm in spring ryegrass-clover pastures, enhancing animal performance (Wright *et al.* 1990; Realini *et al.* 1999). In the current study, mean sward heights during spring were maintained above 10 cm at both improved and semi-abandoned lowland grasslands, and thus it is to be

assumed that steers could obtain adequate herbage intakes to grow well in this season. However, at the end of summer grazing on improved grasslands, herbage allowance could be limiting steers' intake, so concentrate supply at pasture is advisable to enhance BW gains, especially before the finishing period to facilitate diet change. On the other hand, mountain grasslands provided enough herbage amounts during the first half of the summer grazing season, but sward height was markedly reduced at the end of season. In the same experimental farm, similar low sward heights were measured at this time, negatively affecting cow-calf performance (Osoro *et al.* 1998, 1999a). During autumn, when taller sward heights are recommended for bulls and steers (Morris *et al.* 1993b), herbage shortage could limit animal performance at specific times, especially at the end of season when grazing on semi-abandoned grasslands.

#### **4.2. Breed and management effects on steer performance**

Throughout the life cycle, AV steers had greater BW gains than AM ones. This was an expected result as AV breed has a larger mature body size than AM (Cañón *et al.* 1994). Although both breeds have a common origin from the Cantabric branch, AV animals are late maturing and show a higher growth potential, more capacity for protein deposition and less tendency to deposit fat compared to AM, which are intermediate maturing and accumulate more fat amounts (Piedrafita *et al.* 2003; Albertí *et al.* 2008). Our results show faster growth rates of AV than AM calves during the first year grazing seasons, i.e. both during pre-weaning (suckling their dams during spring-summer) and early post-weaning (autumn). However, previous studies at the same summer

pastures (Osoro *et al.* 1999a) showed similar calf BW gains between the same breeds (810-820 g/day), which could be partly attributed to the higher milk production of AM cows at the end of the grazing season (1.76 vs. 1.32 kg/day) counterbalancing the higher growth potential of AV calves. The lower BW gains observed in the present study, especially in AM calves (618 g/day), could be due to a more extended grazing season, thus relying on lower sward heights during the last weeks and negatively affecting herbage and milk intake by calves, in addition to worse weather conditions or animal genetics compared with the mentioned study.

The marginal difference between breeds observed in the first wintering period was possibly consequence of the limited amounts of feed offered, intended to maintain acceptable medium gains with low feeding costs. Under these conditions calves could not fully express their whole growth potential. During the following spring, unlike the first year, AM steers obtained higher BW gains than AV steers, which showed an unexpectedly poor performance grazing on those semi-abandoned grasslands. Although herbage nutritive quality and availability were similar to other lowland grasslands, other factors like the more rugged terrain and higher weed presence could increase animals' energy costs while reducing intake (Wright *et al.* 1994). These handicaps were better overcome by AM steers, which seemed to adapt better to the diet change.

When treatments were imposed during the second summer of steers' life, important differences in BW gains were found in favour of L management. Different reasons explain the general poor performance observed in high mountain pastures. Environmental factors, such as inclement weather and rough terrain negatively affect animal performance (Casasús *et al.* 2002).



Herbage nutritive quality was not much poorer compared to lowland grasslands, although moderately lower CP and higher NDF contents would reduce nutrient intake. More than this, the much shortened sward height in mountain grasslands in the second half of summer undoubtedly implied a reduction in herbage intake. As pointed above, herbage intake and performance are positively correlated with sward height (Wright *et al.* 1990; Osoro *et al.* 1998). Although steers could increase their grazing time on heathlands as preferred herbage was depleted (as observed in previous studies with cattle grazing grassland-heathland mosaics; Gordon 1989a; Ferreira *et al.* 2013), those shrub communities do not provide enough nutrients for the maintenance of grazing cattle (Hodgson *et al.* 1991; Fraser *et al.* 2009b; Celaya *et al.* 2011). In addition, a breed  $\times$  management interaction was observed, as the lowering of performance under M treatment was much more marked in AV than in AM steers. Genotype (regarding breed body size)  $\times$  environment (physical or nutritional) interactions have been previously observed with cattle (Ferrell *et al.* 1978; Fitzhugh 1978). It is generally assumed that smaller breeds can thrive better under harsher conditions of limited energy supply than more energy demanding animals (Morris *et al.* 1993a; Wright *et al.* 1994). In summer pastures, AM cows showed less unfavourable BW changes than AV cows when heathlands prevailed over grasslands, leading to very limited availabilities of preferred herbage (Osoro *et al.* 1999). The results from the current study suggest that the smaller AM steers are better suited than the larger AV breed to utilize these mountain pastures. As pointed out by Vercoe and Frisch (1992), growth in favourable environments would be a reflection of growth potential, but a reflection of resistance to environmental stresses in harsh ones.

In the following periods (autumn grazing, winter and spring grazing), regardless of the breed, steers from M treatment showed a compensatory growth, achieving greater BW gains than those from L treatment. Numerous studies have observed such compensatory growth in beef cattle after a period of restricted feeding (e.g. Wright *et al.* 1989; Sainz *et al.* 1995; Yarrow *et al.* 1996). Different mechanisms have been proposed for it, such as increased intake, lowered maintenance requirements, increased net efficiency of tissue growth or altered metabolism (Hornick *et al.* 2000), and several factors can affect its magnitude, such as severity and duration of restriction, age or growth stage (Sainz *et al.* 1995). In our study, the effect was observed for a long time (around 250 days), although not significantly in the first two study years during the autumn grazing. During the same periods, AV steers presented greater BW gains than AM ones, but the differences disappeared again during the last summer grazing, probably due to the limited sward height, in addition to the large inter-annual differences observed.

During the finishing period no effects of breed or management were observed on steer performance. Under more intensive fattening conditions with yearlings or young bulls, greater BW gains were found in AV (1300-1400 g/day) compared with AM breed (1000-1100 g/day; Piedrafita *et al.* 2003; Albertí *et al.* 2008; Martínez *et al.* 2010). The lower BW gains obtained in the current study, apart from the known reduced growth rates in steers compared to intact bulls (Field 1971; Bretschneider 2005; Álvarez-Rodríguez *et al.* 2017), would be partly related to lower concentrate ratios employed, in addition to the BW being closer to the maximum adult BW attainable. Supporting this, even lower gains (500 g/day) were obtained in AV oxen fed 10 kg/day of concentrate combined

with forage (Vieira *et al.* 2007). In the case of AV breed, it should also be noted that both double-muscled and normal animals were studied in some works, with the former ones showing higher gains (Martínez *et al.* 2010).

#### **4.3. Yields at slaughter**

Final BW at slaughter was greater in AV than in AM steers according to the targeted objectives. This was achieved thanks to the higher growth potential of AV breed, as both breeds were managed under the same pasture and feeding conditions throughout the life cycle. Notably, there were not differences between managements, so the observed compensatory growth was enough to compensate for the differences established during the second summer, although at the expense of a somewhat longer finishing period and lower carcass yield. As well, carcasses from AV steers were heavier than those from AM, regardless of previous management. Albertí *et al.* (2008) noted that, in general, carcass weight and dressing percentage are more influenced by breed type than by environment. In other studies comparing these breeds, heavier carcasses and higher dressing percentages were obtained for the specialized beef AV compared with the more rustic AM (Vallejo *et al.* 1992a, 1992b; Piedrafita *et al.* 2003; Albertí *et al.* 2008; Martínez *et al.* 2010). Compared with these studies with intact animals, in general lower dressing percentages were observed in the current work, excepting that of Vallejo *et al.* (1992a) with AM. Although differences between steers and bulls in dressing percentage are not consistent across different cattle breeds (Field 1971), greater values have been found in bulls than in steers from another Spanish local breed (Serrana de Teruel; Ripoll *et al.* 2016). Nevertheless, the dressing percentages in AV steers

from our study continue to be lower than those obtained with AV oxen slaughtered at 42 months old (Vieira *et al.* 2007), which is probably related to the feeds offered during the finishing phase.

This study did not include quality parameters in carcass and meat. Although productive traits were clearly superior in AV than in AM steers, the quality of saleable product should also be taken into account when evaluating market prices and final profit. In that sense, young AM bulls are known to show higher fatness and better sensory attributes than AV ones (Aldai *et al.* 2007; Martínez *et al.* 2010; Sierra *et al.* 2010). Therefore, a higher added value could compensate to a certain extent the lower carcass yields obtained with AM steers.

## **5. Conclusions**

In spite of the higher growth and productive potential of AV steers, in situations of limited forage availability AM steers attained performance levels similar to or higher than AV in summer pastures as yearlings. Their rusticity and smaller body size allows them to thrive better under harsh environmental and nutritional conditions like those in high mountains. Although managing yearling steers in summer mountain pastures considerably lowered their BW gains compared to those achieved in lowland improved grasslands, the compensatory growth shown in the next seasons was enough to equalize final BW and carcass weight. Valley-mountain system could constitute a cost-effective alternative for steer production when properly managed, not prolonging summer grazing season too much and taking advantage of compensatory growth. Apart from the final yield and product quality, the environment and available pasture

resources should also be considered to choose the appropriate breed for steer production.

### **Acknowledgements**

We thank the staff of Animal Production Systems Research Area of SERIDA for their work in animal management. This research was funded by the Spanish National Institute for Agricultural and Food Research and Technology (INIA, project RTA2011-00122-00-00) and co-funded by the European Regional Development Fund. A. Román-Trufero was recipient of a grant from INIA during the study.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

**Foraging behaviour and performance of steers from two local breeds  
grazing at Cantabrian (N Spain) summer pastures**

Alicia Román-Trufero<sup>1</sup>, Antonio Martínez<sup>1,2</sup>, Luis Miguel M. Ferreira<sup>3</sup>, Valentín García-Prieto<sup>1,2</sup>, Rocío Rosa-García<sup>1</sup>, Koldo Osoro<sup>1</sup>, and Rafael Celaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), 33300 Villaviciosa, Asturias, Spain.* <sup>2</sup>*(Present address) Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, Gobierno del Principado de Asturias, 33001 Oviedo, Spain.* <sup>3</sup>*Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Departamento de Zootecnia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5001-801 Vila Real, Portugal.*

### **Abstract**

Steer meat production in northern Spain is deficient to attend market demand. This research aimed to compare the foraging behaviour and production of yearling steers from two local breeds differing in body weight (BW), Asturian Valley (AV, 372 kg) and Asturian Mountain (AM, 307 kg), grazing in summer pastures consisting of 70% grassland and 30% heathland. Bodyweight gains from a total of 42 steers were recorded during four grazing seasons (from June to October). In two years, in July and September, plant community selection and diet composition were estimated by direct observation and faecal markers, respectively. Grazing time increased from July to September (488 vs. 557 min/day;  $p < 0.001$ ) as sward height in the grassland decreased. Although AV steers grazed proportionally for longer on herbaceous pastures than AM steers (81.3 vs. 73.3%;  $p < 0.05$ ), no differences between breeds were found in diet composition. AM steers showed greater mean daily BW gains than AV steers (252 vs. 133 g/day;  $p < 0.01$ ). From June to August, steers from both breeds gained BW (487 vs. 360 g/day for AM and AV, respectively;  $p < 0.01$ ), but thereafter BW gains decreased (120 vs. -12 g/day for AM and AV, respectively;  $p < 0.05$ ), because of reduced availability of grassland herbage. Yearling steers from AM breed seem to be better suited to mountain conditions than those from AV breed, probably because of their smaller body size and lower total nutrient requirements for maintenance.

**Additional key words:** beef; body weight; grazing behaviour; mountain pasture; rustic breed.

## 1. Introduction

Steer meat is a product of high value by its quality and organoleptic characteristics (Vieira *et al.*, 2007). However, its production in northern Spain is very low since beef production is mostly focused on veal category, so it is far from satisfying the market demands from trading companies, restaurants and consumers. A sustainable steer production could be feasible by taking advantage of the regional natural and semi-natural resources. In the mountainous areas of northern Spain (Cantabrian Range and Pyrenees), the traditional livestock management system is a short-term transhumance or valley-mountain system, in which communal high mountain pastures are extensively utilized by livestock (mainly beef suckler cows and their calves) during summer, usually from May-June to September-October. This system offers advantages over more intensive ones because of reduced production costs and lower dependence on purchased feedstuffs, although there may be drawbacks at summer pastures such as inclement weather, lack of sanitary control, unwanted matings and casualties by predation (Rodríguez-Castañón, 1996). In addition to the livestock production they sustain, mountain pastures are recognized for their great environmental value and high biodiversity wealth (most of them are included in the Natura 2000 network of the European Union Habitats Directive), so their multifunctionality as providers of many ecosystem services should be kept in mind (Hadjigeorgiou *et al.*, 2005).

Asturian Valley (AV) and Asturian Mountain (AM) cattle are two local breeds from Asturias (N Spain) that are well adapted to extensive grazing systems at Cantabrian mountain pastures. The first one is focused on meat production, having calves with excellent conformation, whereas AM breed is



listed as endangered and consists of smaller and more rustic animals (Cañón *et al.*, 1994; Osoro *et al.*, 1999a). Both breeds have been studied to a large extent in terms of productive performance of suckler cows and calves under different pasture conditions (e.g. Osoro *et al.*, 1999a, 2000). However, little information is available on other animal types such as steers. If steer production from local breeds and utilization of summer pastures directed to their biodiversity conservation have to be promoted, then a deeper knowledge on their grazing behaviour and productive potential is needed. The aim of this work was to compare the foraging behaviour (plant community and diet selection) and the productive performance (body weight changes) of yearling steers from AV and AM breeds, grazing typical Cantabrian summer pastures consisting of 70% grassland and 30% heathland with broom scrublands.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Study site and experimental animals**

The study was conducted during four years (2011-2014) at Cueva Palacios mountain research station, located in the nature park of Las Ubiñas-La Mesa, Quirós, south-central Asturias (43°03'N, 5°56'W), at 1600–1800 m above sea level. The experimental field comprised 36 ha composed of 70% herbaceous and 30% shrubland communities. The herbaceous pastures mostly consisted of mesophilous grasslands dominated by red fescue (*Festuca rubra* L., a fine-leaved grass), with a lower presence of other characteristic grasses such as *Agrostis capillaris* L. and *Nardus stricta* L. There were small areas of hygrophilous fens dominated by *Carex* spp., and calcareous rocky pastures with low plant cover. The shrublands mostly consisted of dwarf heathlands

dominated by heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), with bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) as the most abundant companion species. Other shrublands included broom (*Genista florida* L. subsp. *polygalaephylla* (Brot.) Cout.) formations on relatively deeper soils, in addition to small areas of furze (*Genista occidentalis* (Rouy) H.J.Coste) and barberry (*Berberis vulgaris* L. subsp. *cantabrica* Rivas Mart., T.E.Díaz, Fern.Prieto, Loidi & Penas) formations on calcareous soils.

A total of 42 yearling steers from the two Asturian local breeds were utilized (5, 6, 5 and 4 AV, and 6, 7, 5 and 4 AM in 2011, 2012, 2013 and 2014, respectively). All animals were born during winter-spring of the preceding year (from 2010 to 2013). As suckling calves, they spent the summer at the research station with their mothers, so they had previous experience on these summer pastures. Calves were weaned when returned to lowlands in October. When aged around one year, in January-February, they were castrated by surgical removal of the testicles. Previously, animals were sedated with 0.5 mL/100 kg of body weight (BW) of 2% xylazine and locally anesthetized with 60 mL/animal of lidocaine.

Experimental grazing season at summer pastures lasted from mid June to late September or early October. Mean BW ( $\pm$  standard error) at the start was  $372 \pm 7.9$  kg for AV and  $307 \pm 11.2$  kg for AM, with a mean age of  $481 \pm 7.7$  days. At the experimental field, yearling steers grazed accompanied by other cattle in a herd of 19–24 cows (approximately three quarters of them suckling their calves) plus heifers. Applying the livestock unit (LU) coefficients of the Commission of the European Communities (Commission Regulation (EC) No 1200/2009), managed stocking rate averaged over the four study years was

0.86±0.054 LU/ha. Before being moved to the mountain, animals were vaccinated against *Clostridium* spp. (Miloxan-Merial, Lyon, France), and drenched with deltamethrin (Deltavex pour-on-S.P. Veterinaria, Tarragona, Spain). All procedures were carried out in accordance with European Union Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes.

## **2.2. Measurements on vegetation**

Botanical composition of the main plant communities was sampled in late June of 2011, 2013 and 2014 recording 1000 vertical hits at 200 random loci in grasslands and 500 hits at 100 random loci in heathlands using a point quadrat (Grant, 1981). The availability of preferred pasture was assessed by monthly measuring the sward height at 300–500 random points in the grassland areas with a sward stick (Barthram, 1986). Samples of the main plant components (i.e. herbage foliage from grassland, and current season's green shoots of heather and bilberry) were collected in July and September to assess their nutritive quality. Chemical determinations included organic matter (OM, no. 942.05) and nitrogen (N, no. 990.03) following the procedures of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Crude protein (CP) was calculated as  $N \times 6.25$ . Neutral detergent fibre (NDF) was analysed according to the procedures described by Mertens (2002). Acid detergent fibre (ADF, no. 973.18) was analysed following the methods of AOAC (2006), and expressed inclusive of residual ash. Lignin (sa) was determined by solubilising cellulose with sulphuric acid (Robertson & Van Soest, 1981).

### **2.3. Foraging behaviour and performance of steers**

Grazing behaviour (grazing time and plant community selection) was monitored in mid July and mid September of 2013 and 2014 by visual observations of the steers every 15 minutes during daylight hours in two consecutive days. The grazing activity of each individual at the different plant communities (grasslands, fens, rocky pastures, heathlands, broomfields, furze shrublands and barberry formations) was recorded.

The day after the visual recordings, individual grab samples of faeces were collected to estimate steers' diet composition using *n*-alkanes as faecal markers (Dove & Mayes, 1991). After being stored at  $-20^{\circ}\text{C}$ , faecal and plant (the same also used for nutritive quality analyses) samples were freeze-dried and milled to 1 mm before chemical analyses. *n*-Alkanes (from  $\text{C}_{21}$  to  $\text{C}_{36}$ ) were extracted using the methods described by Dove & Mayes (2006), and their concentrations quantified by gas chromatography, using a Perkin Helmer Clarus 580 equipped with a flame ionisation detector and an auto-sampler. Identification was performed by comparison of retention times of the samples components with the previously injected mixture of *n*-alkanes. The response factors for the individual *n*-alkanes were calculated from peak areas and the known concentrations. The *n*-alkane concentrations were quantified relative to known amounts of the internal standards  $\text{C}_{22}$  (*n*-docosane) and  $\text{C}_{34}$  (*n*-tetratriacontane) added at the beginning of the extraction process. Faecal concentrations were corrected for their incomplete recovery in faeces using data from validation studies with cows (Ferreira *et al.*, 2007). Diet composition (proportions of herbage, heather and bilberry) was estimated using an iterative least-squares procedure, which minimizes the discrepancies between the

observed faecal concentrations of each *n*-alkane (C<sub>25</sub>–C<sub>27</sub> and C<sub>29</sub>–C<sub>33</sub>) and the estimated dietary proportions of plant components (Dove & Moore, 1995) using the Solver routine in Microsoft Excel. The other extracted alkanes were not used due to their low concentrations in both plant and faecal samples.

Steers were weighed at the beginning, middle (early August) and at the end of the grazing season. Daily BW changes were calculated for the different periods (i.e. from June to August, and from August to September-October) and for the whole grazing season.

#### **2.4. Statistical analyses**

Data on plant chemical composition (OM, CP, NDF, ADF and lignin) were analysed by a General Linear Model (GLM) procedure to examine differences among the plant components, season (July and September) and their interaction. Steers' individual data on grazing behaviour and diet composition were subjected to a GLM for repeated measures, including the fixed effects of breed, year, season (two repeated measures) and the full interactions. For non-grazed communities in one of the two seasons, that season with no variance was removed from the model to test the effects of breed, year and the interaction breed $\times$ year. Daily BW changes during the different periods (the two halves and the whole grazing season) were subjected to a GLM to examine the effects of breed, year and their interaction. Tukey's test was used for multiple comparisons among means. Correlations between mean sward height at each grazing period and mean BW change for each breed ( $n=8$ ) were checked with Pearson's correlation coefficient. All analyses were performed using Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

### 3. Results

#### 3.1. Available pastures and chemical composition

Grasslands presented a very diverse botanical composition, with 79 contacted vascular species. Although grasses predominated (54.6% cover on average, with red fescue as the most abundant), many other species were recorded, including other monocots (9.3% cover) such as *Merendera montana* (L.) Lange and *Carex caryophyllea* Latourr., legumes (8.5% cover) such as *Trifolium repens* L., *Lotus corniculatus* L. and *Vicia pyrenaica* Pourr., and other dicots (25.4% cover) such as *Plantago media* L., *Plantago alpina* L. and *Pilosella officinarum* F.W.Schultz & Sch.Bip. to quote the most abundant ones. Heather dominated in heathlands with 44.8% mean cover, followed by bilberry (9.0%), with herbaceous species accounting for 31.6% cover (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch. and *Succisa pratensis* Moench were the most abundant). Other shrub species such as *Chamaespartium sagittale* (L.) P.E.Gibbs and *Juniperus communis* L. subsp. *nana* (Willd.) Syme were sparsely found (3.9% cover in total).

The grassland sward height (means  $\pm$  standard error of four years) decreased from  $14.4 \pm 0.74$  cm at the start to  $3.3 \pm 0.06$  cm at the end of the grazing season. Averaged over time, mean sward heights were  $7.8 \pm 0.22$  cm and  $4.0 \pm 0.20$  cm during the first and second half of the grazing season, respectively, averaging  $6.1 \pm 0.11$  cm during the whole grazing season.

Grassland herbage had greater CP (178 vs. 98 g/kg DM) and NDF contents (526 vs. 394 g/kg DM), and lower OM (930 vs. 962 g /kg DM) and lignin contents (34 vs. 141 g/kg DM) than shrubs, with ADF contents being greater in heather than in herbage and bilberry (319 vs. 239 g/kg DM; Table 1).

Heather had greater OM and lignin contents, and lower CP contents than bilberry. Mean CP content in herbage increased from July to September, whereas it decreased in heather and bilberry ( $p < 0.01$  for component $\times$ season interaction; Table 1).

**Table 1. Chemical composition (g/kg DM) of the main plant components of mountain pastures sampled in early (July) or late summer (September).**

Plant component (PI)	Herbage		Heather		Bilberry		<i>P</i> -value			
	July	Sept.	July	Sept.	July	Sept.	SEM <sup>[1]</sup>	PI	Ss	PI $\times$ Ss
OM <sup>[2]</sup>	927	932	966	970	960	953	3.4	<0.001	0.684	0.173
CP <sup>[3]</sup>	169	186	99	81	113	98	5.6	<0.001	0.254	0.009
NDF <sup>[4]</sup>	521	532	433	383	414	347	29.3	<0.001	0.146	0.305
ADF <sup>[5]</sup>	254	238	339	299	229	236	20.8	0.005	0.338	0.542
Lignin (sa)	35	32	203	176	90	96	11.7	<0.001	0.399	0.389

<sup>[1]</sup> SEM: standard error of mean. <sup>[2]</sup> OM: organic matter, <sup>[3]</sup> CP: crude protein, <sup>[4]</sup> NDF: neutral detergent fibre, <sup>[5]</sup> ADF: acid detergent fibre.

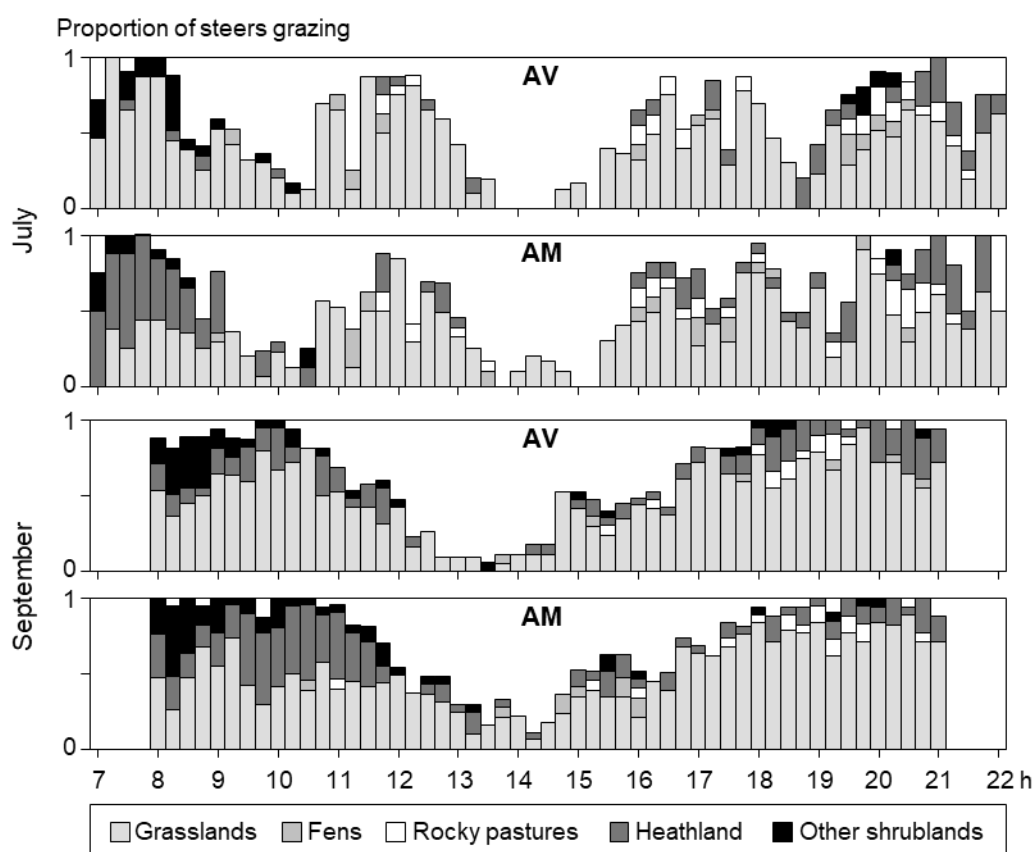
### 3.2. Foraging behaviour

Daily grazing time was similar for the two breeds and increased from July to September (from 488 to 557 min/day; SEM=11.2;  $p < 0.001$ ; Table 2). There were differences between years, with steers grazing for longer in 2013 than in 2014 (547 vs. 498 min/day; SEM=13.8;  $p < 0.05$ ). Grazing activity was concentrated from sunrise to midday (7:00–12:00 h) and again in the evening (18:00–21:00 h). Steers used to rest during the central hours of the day, especially from 13:00 to 15:00 h, although some differences between seasons were observed. The steers from both breeds showed more breaks in their grazing activity (both in the morning and in the afternoon) in July than in September (Figure 1).

In general, AV steers grazed for more proportional time on herbaceous pastures (81.1% vs. 73.4%; SEM=1.98;  $p<0.05$ ) and less on shrubby communities than AM steers (Table 2). The grazing time on herbaceous relative to shrub communities tended to decrease from July to September (from 80.1% to 74.4%; SEM=2.33;  $p=0.091$ ). In addition, steers in 2014 tended to spend more proportional time grazing on herbaceous communities than those managed in 2013 ( $p=0.054$ ), especially in the case of AM breed ( $p=0.085$  for breed $\times$ year interaction). The dominant grasslands were more used by AV than AM steers (75.0% vs. 66.5%; SEM=2.02;  $p<0.05$ ), whereas no differences between breeds were found in grazing time on other herbaceous communities with minor extension. In general, grazing time on both fens and rocky pastures decreased from July to September (from 3.5% and 5.8% to 1.2% and 2.4%, respectively;  $p<0.001$ ), but with great differences between years ( $p<0.01$  for year $\times$ season interaction). Regarding shrubby communities, AM steers grazed for longer on heathlands than AV steers (21.5% vs. 12.5%; SEM=1.80;  $p<0.01$ ; Table 2), especially during the morning meals (Figure 1). For AV steers, grazing time on heathlands increased from July to September, but not for AM steers ( $p=0.055$  for breed $\times$ season interaction). Heathlands were grazed proportionally for more time in 2014 than in 2013 (21.2% vs. 12.8%; SEM=1.90;  $p<0.01$ ). There were no differences between breeds in the time grazing on broom scrublands, but it was longer in 2014 (6.6%) than in 2013 (3.6%;  $p<0.05$ ). Noticeably, steers were not observed browsing the small-leaved shoots of brooms; instead, they were found only to graze below on the herbaceous or dwarf-shrub layer. Furze and barberry communities were only utilized in September with minimal grazing times (0.7% and 0.6%, respectively; Table 2).



**Figure 1. Diurnal variations in the grazing use of each plant community by yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) in Cantabrian summer pastures.**



Diet composition did not differ between breeds (Table 3). Steers selected greater percentages of herbage ( $80.0 \pm 2.23\%$ ) than shrubs ( $15.5 \pm 1.58\%$  bilberry,  $4.4 \pm 0.89\%$  heather). Herbage percentage in diet decreased from July to September (from  $88.8\%$  to  $70.8\%$ ;  $SEM=2.84$ ;  $p<0.001$ ), whereas those of shrubs increased (bilberry from  $9.7\%$  to  $21.5\%$ ;  $SEM=1.74$ ;  $p<0.001$ ; heather from  $1.5\%$  to  $7.7\%$ ;  $SEM=1.46$ ;  $p<0.01$ ). There were no differences between years in dietary percentages of herbage or bilberry, while heather tended to account for greater percentages in 2014 than in 2013 ( $6.1\%$  vs.  $3.1\%$ ;  $SEM=1.11$ ;  $p=0.068$ ).

Table 2. Daily grazing times and percentages on different plant communities of summer pastures by yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain).

Year (Yr)	2013						2014						P-value					
	July		September		July		September		SEM <sup>[1]</sup>		Br	Ss		Yr	Br x Ss	Br x Yr	Ss x Yr	Br x Ss x Yr
	AV	AM	AV	AM	AV	AM	AV	AM	AM	AM								
Grazing time (min/day)	513	501	578	597	450	489	489	562	23.6	0.128	<0.001	0.019	0.139	0.179	0.267	0.958		
Grasslands <sup>[2]</sup> (%)	81.3	60.3	72.2	67.6	71.7	70.0	74.8	68.3	4.91	0.010	0.980	0.769	0.435	0.150	0.825	0.165		
Fens (%)	4.6	3.6	0.6	0.0	2.0	3.8	1.5	2.9	1.26	0.659	<0.001	0.691	0.991	0.223	0.008	0.672		
Rocky pastures (%)	1.1	2.0	1.8	2.2	10.1	9.9	2.7	3.0	1.70	0.801	<0.001	0.005	0.971	0.816	<0.001	0.687		
Total herbaceous (%)	87.0	65.9	74.5	69.8	83.9	83.7	79.0	74.2	4.91	0.016	0.091	0.054	0.374	0.085	0.653	0.122		
<i>Calluna</i> heathlands (%)	10.1	33.5	19.4	21.9	7.2	11.8	13.4	18.8	3.78	0.003	0.279	0.005	0.055	0.144	0.127	0.040		
<i>Genista florida</i> broomfields (%)	2.9	0.6	4.8	6.0	8.9	4.5	7.3	5.7	2.23	0.169	0.248	0.027	0.283	0.337	0.202	0.913		
Other woody communities <sup>[3]</sup> (%)	0.0	0.0	1.3	2.3	0.0	0.0	0.4	1.2	1.06	0.361	-	0.346	-	0.928	-	-		
Total shrublands (%)	13.0	34.1	25.5	30.2	16.1	16.3	21.0	25.8	4.91	0.016	0.091	0.054	0.374	0.085	0.653	0.122		

<sup>[1]</sup> SEM: standard error of mean. <sup>[2]</sup> Include dominant mesophilous *Festuca-Agrostis* grasslands with interspersed patches of acidophilous *Nardus* grasslands and basophilous grasslands. <sup>[3]</sup> Include furze (*Genista occidentalis*) shrublands and barberry (*Berberis vulgaris*) formations on calcareous soils.

**Table 3. Diet composition of yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) grazing on mountain pastures composed of 70% grasslands and 30% heathlands.**

Year (Yr)	2013				2014				SEM <sup>[1]</sup>	P-value <sup>[2]</sup>		
Season (Ss)	July		September		July		September			Br	Ss	Yr
Breed (Br)	AV	AM	AV	AM	AV	AM	AV	AM				
Herbage (%)	94.9	90.8	71.9	69.7	81.8	87.5	69.2	72.5	5.99	0.855	<0.001	0.272
Heather (%)	0.2	0.0	5.8	6.5	2.0	3.8	10.2	8.3	3.08	0.948	0.001	0.068
Bilberry (%)	4.9	9.2	22.3	23.8	16.2	8.7	20.7	19.2	3.66	0.752	<0.001	0.634

<sup>[1]</sup> SEM: standard error of mean. <sup>[2]</sup> All 2-way and 3-way interactions were non-significant ( $p>0.1$ ) for all dependent variables.

### 3.3. Animal performance

In general, AM steers attained greater daily BW gains during the whole summer than AV steers (252 vs. 133 g/day; SEM=36.0;  $p<0.05$ ), with greater overall gains observed in 2011 compared to 2012 and 2013 (319 vs. 112 g/day; SEM=50.4;  $p<0.05$ ; Table 4). During the first half of the grazing season (from June to August) AM steers gained significantly more BW than AV steers (487 vs. 360 g/day; SEM=31.9;  $p<0.01$ ). From August to October between-breed differences persisted, and AM steers continued to gain BW, whereas AV steers lost BW on average (120 vs. -12 g/day; SEM=45.5;  $p<0.05$ ). There were between-year differences in BW gains in both periods. From June to August greater gains were observed in 2012 and 2013 compared to 2011 (505 vs. 292 g/day; SEM=44.7;  $p<0.01$ ), but thereafter the gains were greater in 2011 than in the following years (347 vs. -43 g/day; SEM=71.3;  $p<0.001$ ). Thus, BW gains were reduced from the first to the second half of the grazing season except in 2011 (Table 4). No significant interactions between breed and year were detected in any period.

Correlation analyses showed significant ( $p < 0.01$ ) positive relationships between grassland mean sward height during a particular season and steers' mean BW gains for both breeds ( $r = 0.838$  for AV,  $r = 0.877$  for AM).

**Table 4. Daily bodyweight (BW) changes of yearling steers from two local breeds (AV: Asturian Valley; AM: Asturian Mountain) grazing on mountain pastures composed of 70% grasslands and 30% heathlands.**

Year (Yr)	2011		2012		2013		2014		SEM <sup>[1]</sup>	P-value <sup>[2]</sup>	
Breed (Br)	AV	AM	AV	AM	AV	AM	AV	AM		Br	Yr
Initial BW (kg)	361	291	380	345	355	288	397	286	21.2	<0.001	0.099
BW change (g/day)											
Period 1 <sup>[3]</sup>	278	307	454	562	419	584	288	497	70.6	0.007	0.003
Period 2 <sup>[4]</sup>	333	360	-41	-2	-260	-80	-81	202	100.8	0.044	<0.001
Overall	305	333	101	131	22	195	104	349	79.6	0.022	0.011

<sup>[1]</sup> SEM: standard error of mean. <sup>[2]</sup> The interaction BrxYr was non-significant ( $p > 0.25$ ) for all dependent variables. <sup>[3]</sup> From mid June to early August. <sup>[4]</sup> From early August to September-October.

## 4. Discussion

### 4.1. Grazing behaviour and diet selection

No differences in total grazing time and diet selection were found between AV and AM steers at these summer pastures. In general, scarce differences in grazing behaviour have been observed between similar cattle breeds (Walker *et al.*, 1981; Funston *et al.*, 1991; De Alba Becerra *et al.*, 1998; Dumont *et al.*, 2007b; Fraser *et al.*, 2009b), although some studies comparing breeds differing in mature body size, origin or aptitude did find differences in grazing activity (Kropp *et al.*, 1973; Erlinger *et al.*, 1990; Hessle *et al.*, 2008) or selected diet (Herbel & Nelson, 1966; Winder *et al.*, 1996). Much of the

between-breed differences in foraging behaviour can be associated to differences in body size and related intake capacity, nutrient requirements and feeding efficiency for maintenance or growth (Rook *et al.*, 2004; Dumont *et al.*, 2007b). In the current study AM steers grazed for more proportional time on heathlands and less on grasslands than AV steers. As heathlands generally occupied more rugged and steeper terrains than grasslands, the larger AV steers could be more constrained to move on and utilize those shrublands than the smaller AM steers (Bailey *et al.*, 1996), which are recognized to be more rustic and climber than AV (Cañón *et al.*, 1994; Osoro *et al.*, 1999a). Nevertheless, such differences in plant community selection were not reflected in differences in diet composition. It could be due to the fact that, when grazing on heathlands, especially at early summer (July), AM steers selected mostly herbaceous species growing among the dominant shrubs. Particularly in open heathland areas, steers could be selecting the narrow grassland strips as we did not record the particular plant items eaten at each feeding site, but the location. Open heathlands are much more utilized by cattle than close heathlands (Mandaluniz *et al.*, 2011).

Steers preferentially selected grassland herbage against woody species of lower nutritive quality. Cattle are well known to graze preferentially on grasslands over heathlands (Gordon, 1989b; Mandaluniz *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013). In September however, once grassland sward height was much shortened (3–4 cm), shrub percentage in diet increased, as previously observed in different studies with cows (Putman *et al.*, 1987; Celaya *et al.*, 2008). Bilberry was more selected than heather, similar to what was found by Grant *et al.* (1987) in Scottish heathlands. However, Sæther *et al.* (2006) observed low

percentages of bilberry and similar to those of heather (around 2%) in cattle faeces by microhistological analyses, as most of the faecal fragments corresponded to herbaceous species (76% grasses, 8% sedges and 8% herbs). On the other hand, the null observations of steers browsing on brooms agree with previous findings on the cattle reluctance to consume this woody legume (Osoro *et al.*, 2000).

The diurnal grazing pattern shown by steers, with two main grazing periods in the morning and in the evening separated by a more or less marked break at noon, has been described in several studies with cattle foraging on mountain pastures (Funston *et al.*, 1991; Aldezabal *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2013). Nevertheless, cattle show flexible circadian grazing patterns depending on environmental and pasture conditions, and may have between three and five grazing periods during a day depending on season (Erlinger *et al.*, 1990; Linnane *et al.*, 2001; Celaya *et al.*, 2008). In the current study, the length of the meals increased from July to September, which resulted in longer daily grazing times late in the season, even though steers' activity was recorded for two hours less than in July (Figure 1) according to the shortening of sunlight time. Similar results were obtained in heifers of traditional and commercial breeds grazing in Swedish semi-natural grasslands (Hessle *et al.*, 2008). Regardless of some possible grazing activity at night (Linnane *et al.*, 2001), the observed increase in daily grazing time from July to September would be mainly related to the reduced availability of preferred grassland herbage, thus forcing the steers to graze for longer in an attempt to compensate the reduced intake rate (Hodgson, 1990; Ferrer Cazcarra *et al.*, 1995).

#### **4.2. Steer performance**

In spite of the lower growth potential, AM steers achieved greater BW gains than AV ones grazing on these summer pastures. Differences were observed in the two periods considered, i.e. regardless of the preferred herbage availability (mean grassland sward heights of 7.2–8.3 cm from June to August, and 3.7–4.6 cm thereafter). On the contrary, comparing the same animals suckling their dams during the preceding year, AV calves showed greater BW gains than their AM counterparts at the same summer pastures (Román-Trufero *et al.*, 2015). Thus, as yearlings, AV steers could not fully express their growth potential even with relatively high availabilities of palatable herbage of acceptable nutritive quality. Other factors like rugged terrain and increased energy costs could be affecting more AV steers compared to AM breed (Morris & Wilton, 1976).

With the exception of the first study year (2011), BW gains were reduced from the first to the second half of the grazing season. The nutritive quality of the main forages hardly changed, so the lowered performances from August onwards were primarily due to the reduced herbage availability limiting intake, which is supported by the positive correlations found between grassland sward height and steers' BW gain for both breeds. The positive relationship between grassland sward height and cattle performance has been observed repeatedly (e.g. Wright & Whyte, 1989; Morris *et al.*, 1993b; Realini *et al.*, 1999). Even the exception of 2011 could be explained by the lowest sward height observed from June to August in that year (7.2 cm), reverted to be the highest from August to late September (4.6 cm) among the four study years, thereby implying a less severe restriction in herbage intake during the second half of the grazing

season compared to the following years.

The poorer performance of AV steers during the second half of the grazing season (with BW losses in three of the four years) indicates their worse suitability to graze short pastures than AM steers, supporting the hypothesis that smaller animal species, breeds or individuals can thrive better under conditions of scarce food availability because of their higher ability to graze on short swards and lower total energy demands (Morris & Wilton, 1976; Illius & Gordon, 1987; Wright *et al.*, 1994; Osoro *et al.*, 1999b). Previous studies in the same and nearby summer pastures as in the present study observed that AM cows had more favourable BW changes than AV cows when grazing on short grasslands with mean sward heights below 4 cm (Osoro *et al.*, 1999a). However, other studies in mountain pastures did not find significant differences between cattle breeds in animal performance, whereas pasture type had a great influence (Casasús *et al.*, 2002; Fraser *et al.*, 2009a). Evidently, these production results depend on the particular breeds (namely the extent of between-breed differences in adult body size) and the type of pasture studied.

Regardless of the between-breed differences, steer productive performance in these summer pastures was relatively low compared to what can be achieved in lowland grasslands with milder climate (unpublished data). The great interannual variability observed shows the dependence of this type of animal production on climatic factors that affect animal welfare and performance directly or indirectly through available pasture characteristics. However, it is noteworthy that the steers from the current study showed a compensatory growth once they returned to lowlands, achieving greater BW gains than similar yearling steers managed at lowlands during the preceding summer (Román-



Trufero *et al.*, 2015). It indicates that summer pastures could be utilized to produce yearling steers with little detrimental effects in their final yield and possible cost savings. Anyway, the significant reduction in BW gain in summer pastures late in the season should be avoided as much as possible to get a more sustainable steer production utilizing these natural resources. Yearling steers could be returned to lowlands a few weeks before, e.g. towards the beginning of September depending on weather and pasture conditions, to alleviate the slowdown of their growth.

In conclusion, yearling steers from AM breed showed to be better adapted to graze these heterogeneous summer pastures, composed mostly of grasslands with adjacent heathlands, than their AV counterparts thanks to their smaller body size and greater rusticity. Besides the higher performance, AM steers could favour a better and more homogeneous forage use of available pasture resources because of their greater willingness to access the most rugged terrains (Bailey *et al.*, 1998). Given the progressive abandonment that is occurring in mountain areas with regard to the pastoral management of sheep and goats, many of these areas are being occupied by cattle, which are also attacked by predators such as wolves, although with a significantly lower risk than in the case of small ruminants (González Díaz *et al.*, 2017). The more rustic cattle breeds, generally of smaller body size, can make a considerable use of those summer pastures that were previously used by small ruminants, unlike the larger and less rustic breeds. Besides the animal production, these are important aspects when considering the land sustainable management and its biodiversity.

### **Acknowledgements**

We thank the staff of SERIDA Animal Production Systems Area for their work in animal management and care, and the staff of the CITAB laboratory for undertaking the chemical analyses.

**Objetivo 2. Cebo ecológico de terneros tras el destete frente a un sistema convencional semi-extensivo.**

Los consumidores, cada vez más preocupados por su salud y por el medio ambiente, dan más importancia al modo de cría de los animales, al bienestar animal y al impacto medioambiental, aumentando su demanda por los productos ecológicos. En España, en 2015, la carne ecológica certificada supuso el 2,9% del total de la carne de vacuno producida. Entre 2014 y 2015 la producción aumentó un 19,8% en toneladas de carne, lo que se traduce en un aumento de 160.500 a 185.445 cabezas sacrificadas (15,5%). El 79,1% de la carne de vacuno ecológica se produce en Andalucía. Sin embargo, la producción en Asturias es muy baja (MAPAMA, 2016). En 2016, de 13.856 explotaciones dedicadas a la producción de vacuno de carne en el Principado, solo 153 explotaciones eran de producción ecológica, es decir, un 1,1% (COPAE, 2016).

En un sistema de cría de ganado ecológico, la ración diaria debe estar compuesta por un mínimo de 60% de forrajes. Esto hace que en el Principado, con casi un tercio de su superficie cubierta de prados y praderas, se den las condiciones ideales para el desarrollo de la ganadería ecológica.

En estos sistemas parece conveniente utilizar razas autóctonas, ya que los animales tienen que adaptarse al entorno y potenciar su uso del territorio, siendo también importante la resistencia a enfermedades, incidencias reproductivas, etc., evitando problemas sanitarios asociados a las razas utilizadas en ganadería intensiva (Casasús *et al.*, 2013).

Todo esto hace que, para la realización de este trabajo, hayamos elegido animales de la raza Asturiana de los Valles para estudiar su producción en un sistema ecológico frente a un manejo convencional. El objetivo de este estudio fue comparar los parámetros productivos (ganancias individuales de peso, producción por hectárea, y rendimientos y características de la canal) del cebo post-destete de terneros manejados en un sistema ecológico frente a uno convencional semi-extensivo (ambos basados en la utilización de praderas hasta el acabado de los añojos), y sometidos a diferentes tipos de alimentación durante el acabado: uno convencional a base de pienso concentrado y paja, y tres ecológicos (pastoreo, ensilado de hierba y ensilado de maíz) suplementados con pienso ecológico.

**Organic vs. semi-extensive conventional fattening of weaned beef calves**

A. Román-Trufero <sup>1</sup>, A. Martínez <sup>1,a</sup>, K. Osoro <sup>1</sup>, V. García-Prieto <sup>1,a</sup> and R.  
Celaya <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA),  
33300 Villaviciosa, Asturias, Spain*

<sup>a</sup> *Present address: Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos,  
Government of the Principality of Asturias, 33001 Oviedo, Spain*

Corresponding author: Rafael Celaya. Email: rcelaya@serida.org

Short title: Organic vs. conventional beef fattening

## **Abstract**

Organic livestock production is increasing in interest among farmers and consumers worldwide. The objective of this research was to compare yearling beef calf production (BW gains and carcass characteristics) under organic and conventional (semi-extensive) management. The study comprised three production cycles (post-weaning autumn grazing, indoors wintering, spring grazing and finishing before slaughter), with a total of 67 calves (Asturiana de los Valles breed). For the grazing periods, three replicates (1.6-ha paddocks with *Lolium perenne-Trifolium repens* pasture) per treatment were established, and 4-5 animals per paddock were managed. Conventional paddocks were fertilized with synthetic NPK, whereas in the organic ones only manure was used. During finishing, conventional feeding consisted of concentrate *ad libitum* with barley straw (CC). Within the organic treatment, three feeding types were studied: pasture grazing (PG), herbage silage (HS) and maize silage (MS), all supplemented with organic concentrate. After slaughter, carcass measurements and dissections for tissue composition were performed. Results showed similar individual performances before finishing in both treatments, with average BW gains of 846, 786 and 1381 g/day during autumn, winter and spring, respectively. Daily BW gain per unit area during spring was greater in conventional than in organic system (5.62 vs. 4.27 kg/ha;  $P < 0.01$ ), propitiating greater final production in the former (2183 vs. 1606 kg/ha;  $P < 0.05$ ), a result of greater herbage production allowing higher stocking rates managed on conventional pastures (4.22 vs. 3.05 animals/ha). During the finishing period, CC yearlings had greater ( $P < 0.001$ ) BW gains (1340 g/day) compared to organic feeding systems, although maize silage feeding enhanced BW gains

(1116 g/day), coming closer to CC values than PG or HS (average 709 g/day). There were no differences among feeding systems in carcass weight and conformation, while the rib dissection revealed greater fat contents in CC and MS relative to PG and HS (10.2% vs. 7.5%;  $P < 0.05$ ). An efficient use of organic manure is needed to enhance pasture growth, aiming to increase stocking rates and production per unit land area. Feeding with maize silage during finishing improved calf growth and carcass characteristics, so it is a good option to achieve organic production values close to the conventional ones.

**Keywords:** Beef cattle, Carcass, Fattening, Grazing, Organic production

### **Implications**

Organic beef production on ryegrass-clover pastures should rely on adequate herbage availabilities to maximize nutrient intake and animal performance, although efficient management of manure is needed to enhance pasture production and annual stocking rates (without exceeding the limits set by law), and thus production per unit of land area. Fattening yearlings with maize silage plus organic concentrate (below the maximum rates set by organic regulations) provides acceptable gains and carcass traits, although organic maize production in the farm and its ensiling may present technical difficulties. The high price of organic concentrates should also be taken into account.

### **1. Introduction**

Organic production is expanding since consumers demand healthier products and are more concerned about the environment and animal welfare

(Escribano, 2016). Organic livestock may also contribute to a sustainable rural development, as extensive grazing systems could easily be turned into organic systems, benefiting from added value of the saleable product (Pauselli, 2009; Escribano *et al.*, 2015). Organic beef production could be a good alternative in the humid northern Spain due to its geoclimatic conditions that favour pastures forage production and extensive livestock production systems. In northern Spain, fattening of weaned calves has increased in importance thanks to geographical indications, valued product quality and bonuses from European Union (EU). Usually calves are fed in intensive systems based on purchased concentrates and cereal straw, so economic margins tend to be narrow because of dependence on external supply and price fluctuations (Lavín *et al.*, 2016).

Scientific literature on organic livestock production is mostly focused on comparisons with conventional systems at farm level (e.g. Pacini *et al.*, 2003; Blanco-Penedo *et al.*, 2012). However, there are very few experimental direct comparisons between organic and conventional beef production systems under the same environmental and feeding conditions (Fernández and Woodward, 1999; Esterhuizen *et al.*, 2008). The aim of this study was to compare productive parameters (individual performance, production per unit of land area, carcass yields and characteristics) of weaned beef calves growing in a semi-extensive conventional or organic management system, and subjected to different types of feeding during finishing: a conventional one based on concentrate and barley straw, and three organic (pasture grazing, herbage silage and maize silage), the three supplemented with organic concentrate.



## 2. Material and methods

### 2.1. Experimental design and animal management

The study was conducted from 2008 to 2011 (three productive cycles) at La Mata research station (43° 22' N, 6° 04' W), located at 65 m a.s.l. in an inner valley in Grado, Asturias (northern Spain), with improved pastures of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*). Six paddocks (1.6 ha each) were fenced and randomly assigned to two treatments, conventional or organic management (three replicates per treatment). Conventional pastures were annually fertilized with synthetic fertilizers (calcium ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride), applying 150 kg N/ha (40 in February, 40 in April, 40 in May, and 30 in September), 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 80 kg K<sub>2</sub>O/ha (the last two in February). Under organic management (regulated by EU Council Regulation (EC) No 834/2007 and Commission Regulation (EC) No 889/2008), paddocks were annually fertilized in mid-January with 30 Mg/ha of cattle manure (pH 9.42, 19.6% DM) produced in the farm. According to mineral composition, the estimated annual amounts applied were 126 kg N/ha, 135 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 190 kg K<sub>2</sub>O/ha. Topsoil samples (15 cm deep) collected in January 2008 revealed little differences between treatments in chemical composition, with overall means ( $\pm$  SEM; n = 6) of 5.22  $\pm$  0.62% organic matter, 0.297  $\pm$  0.033% N, C/N 10.13  $\pm$  0.19, 46.5  $\pm$  5.05 mg P/l, 186.3  $\pm$  16.8 mg K/l, 120.3  $\pm$  12.0 mg Mg/l, and 2410  $\pm$  279 mg Ca/l, although pH tended to have higher values under organic than under conventional management (6.87 vs. 6.47;  $P = 0.055$ ).

Experimental animals were 76 weaned male calves from Asturiana de los Valles local breed (246  $\pm$  5.1 kg BW). All calves were born in winter-early spring

and weaned in late September-early October being 7-9 months old. After a week of adaptation, the experimental productive cycle was initiated in early-mid October. It included autumn grazing (until late November-mid December), indoor wintering (until late February or early March), spring grazing (until mid July) and finishing (until mid October). Each year, six groups of 4-5 calves were made up balanced by initial BW, and randomly assigned to conventionally or organically managed paddocks. On pasture, it was intended to maintain mean sward heights around 8-10 cm in spring and 7-8 cm in autumn in all paddocks by means of adding or taking out non-experimental animals. Initial stocking densities at the start of autumn grazing were around 3.5 calves/ha. In the first experimental year, there were not enough purebreed male calves, so weaned female calves were used in one out of three paddocks of each treatment, thus having two replicates per treatment.

During autumn grazing, calves were supplemented with 1.5 kg/day of concentrate meal, conventional or organic according to treatment (Table 1), offered in troughs. In November-December (depending on climatic and pasture conditions), calves were stabled and fed indoors with 2.5 kg/day of concentrate and 5 kg/day of barley straw, conventional or organic depending on treatment. In February-March, yearling calves were turned out to the same pastures for the spring grazing season. Since the end of May, calves were supplemented with 2 kg/day of concentrate (conventional or organic according to treatment). In July, once mean sward height was reduced below 6-7 cm, the finishing period began, which lasted about three months.

During finishing, experimental groups were subjected to four feeding treatments: (1) conventional, consisting of concentrate meal *ad libitum* and 1.3

kg/day barley straw (CC); (2) pasture grazing supplemented with 4.5 kg/day of organic concentrate (PG); (3) herbage silage *ad libitum* with 4.5 kg/day of organic concentrate (HS); and (4) maize silage *ad libitum* with 4.5 kg/day of organic concentrate (MS). Unlike PG, treatments CC, HS and MS were indoors. Although conventional and organic concentrates were intended to be as similar as possible, some differences were unavoidable due to the limited commercial offer of organic feedstuffs in the region (Table 1). The amounts of organic concentrate offered were set to comply with the requirements of EU regulation regarding the maximum percentage of concentrates (40%) that can be included in the daily ration. Not all feeding treatments were studied in all years, depending on the availability of herbage and maize silage (organically produced in the experimental farm), so there was no HS treatment in 2009, nor MS treatment in 2010. Including the three study years, five groups were subjected to CC, three to PG, four to HS, and four to MS.

Animals were treated against parasites before autumn and spring grazing seasons with albendazole and ivermectin. According to the EU regulation, two strategic applications were performed to prevent excessive parasite infestation in these humid areas. All experimental animals were slaughtered in a commercial abattoir according to standard procedures when they reached final BW of around 620 kg at an age of 19-20 months. In the case of organic feeding treatments, the end of the finishing period was also contingent on the availability of forages. All procedures were carried out in accordance with the EU Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes.

## **2.2. Vegetation measurements**

Pasture botanical composition was assessed at the start (February-March) and end (July) of each spring grazing season (2009-2011) by recording 250 vertical hits with a point-quadrat at 50 random loci in each paddock. Cover percentages were calculated for white clover, perennial ryegrass, other (unsown) grasses, forbs and dead matter.

Sward surface height was weekly measured at 50 random points in each paddock using a swardstick (Barthram, 1986). These measurements were taken into account to maintain similar grazing pressures at all paddocks by the addition or removal of non-experimental animals.

Herbage production was estimated using three exclosures in each paddock. Above-ground herbage samples (0.2 m x 1 m) were harvested inside and outside the exclusion cages at monthly intervals. Samples were dried at 80°C during 24 hours to determine DM. Herbage production was calculated for each grazing season by adding up the successive net accumulations. Daily herbage growth rates were also estimated for each grazing season.

Herbage samples (one per paddock) were collected by hand-plucking in June 2009 and 2010 to assess their nutritive quality. Chemical analyses included determinations of ashes and CP by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006), and NDF and ADF by the methods of Van Soest *et al.* (1991).

## **2.3. Animal performance**

Animals were weighed on two consecutive days one week after the start and at the end of each grazing season, with an additional single-day weighing in

early June. Animals were also weighed on two consecutive days at the end of wintering and finishing periods. Average daily BW gains were calculated for each growing phase. Mean stocking rates during autumn and spring grazing seasons were calculated for each paddock on the basis of total animals managed. These stocking rates were applied to mean BW gains of experimental animals to calculate production per hectare. During finishing, the amounts of feeds consumed by the animals were estimated on a per-group basis by daily weighing the offered and refused feedstuffs.

#### **2.4. Carcass measurements**

After slaughtering and dressing, carcasses were chilled at 3°C during 24 hours. Then, carcasses were weighed to obtain the cold carcass weight, and carcass yield was calculated as dressing percentage from the relation between cold carcass weight and BW at slaughter. Carcass length was measured and compactness index calculated as the ratio between carcass weight and length. Carcasses were classified according to EU Council Regulation (EC) 1183/2006. Conformation was visually assessed using the SEUROP classification scale (S = superior; E = excellent; U = very good; R = good; O = fair; P = poor). As the S grade is restricted to double-muscléd animals (not included in the present study), carcasses were scored on a 15-point scale by further dividing each grade from P to E into three subgrades (i.e. from 1 = P<sup>-</sup> to 15 = E<sup>+</sup>). As well, fat cover degree was scored on a 15-point scale from 1 for very low to 15 for very high fat cover.

The 6th to 9th rib joint of the left half carcass was removed for laboratory processing. The 6th rib was weighed and the longissimus muscle (LM)

separated to record its weight and measure its area by a digital planimeter (Planix 7, Tamaya Technics Inc., Tokyo, Japan). The rest of the rib was dissected into lean, subcutaneous fat, intermuscular fat, bone, and waste tissues (ligaments, tendons and blood vessels).

### **2.5. Statistical analysis**

Data on plant cover percentages were subjected to GLM for repeated measures, including the fixed effects of treatment (conventional vs. organic), season and year and the full interactions. Mean sward heights (averaged for each grazing season), herbage production and chemical composition were analysed with a factorial ANOVA to examine the effects of treatment, year and their interaction.

Data on individual BW gains during autumn grazing, wintering and spring grazing from the experimental animals were first averaged for each paddock or lot (experimental unit) before being subjected to a factorial ANOVA to test the effects of treatment, year and their interaction. Data on stocking rates and production per unit area were analysed in the same way. As the four feeding treatments during the finishing period were not studied in the three experimental years, data on BW gains and feed intake during finishing, and carcass measurements after slaughter were bulked and analysed with a one-way ANOVA to test the effects of feeding treatment, taking the experimental groups as statistical units ( $n = 5, 3, 4$  and  $4$  for CC, PG, HS and MS, respectively). The covariate effect of animals' age (in days) at slaughter on final BW and carcass characteristics resulted non-significant. Tukey's test was used for multiple

comparisons among means. All analyses were performed with Statistica 8.0 software (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

### 3. Results

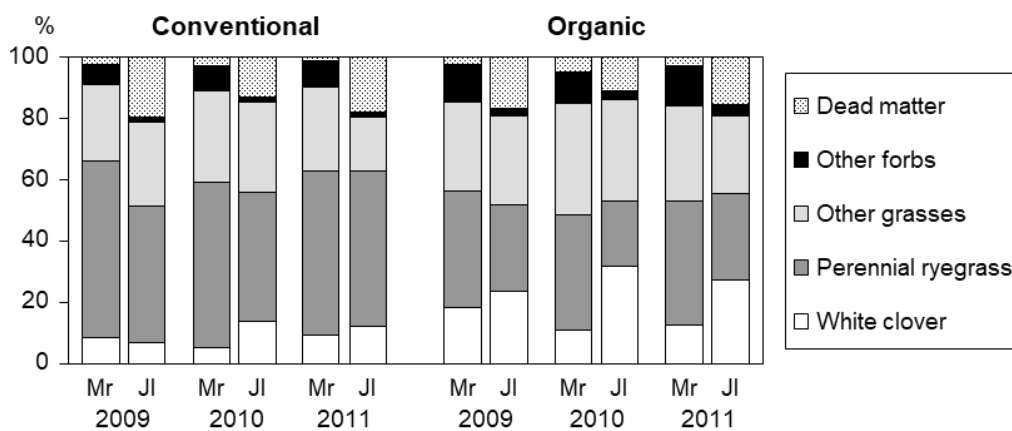
#### 3.1. Grazed pastures

Pasture botanical composition was affected by treatment, especially for white clover which accounted for greater mean cover percentages under organic than under conventional management (21.2% vs. 9.4%; SEM = 1.49;  $P < 0.01$ ). Its percentage increased from March to July ( $P < 0.05$ ), and more markedly in organic (from 14.2% to 27.8%) than in conventional paddocks (from 7.7% to 11.2%;  $P < 0.001$ ; Fig. 1). On the contrary, perennial ryegrass tended to have lower percentages in organic than in conventional pastures (32.3% vs. 50.5%; SEM = 5.56;  $P = 0.081$ ). Its cover was reduced from 47.0% in March to 35.8% in July ( $P < 0.05$ ). Other grasses (mostly *Agrostis capillaris*, with lower presence of *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus* and *Poa* spp.) did not differ between treatments. The cover of forbs (*Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Erodium moschatum* and *Taraxacum officinale*, among others) decreased from 9.8% in March to 2.4% in July ( $P < 0.01$ ), whereas dead matter percentage increased from 2.2% to 14.9% ( $P < 0.01$ ; Fig. 1).

Mean sward height during autumn and spring did not differ between conventional and organic paddocks. In spite of the removal of non-experimental animals, mean sward height during autumn was below the target, especially in 2009 when herbage availability was lower compared to 2008 and 2010 (5.3, 6.3 and 6.8 cm, respectively; SEM = 0.20;  $P < 0.001$ ). Sward height was maintained close to target levels for most of spring (over 8 cm), except for the end of

season when it was reduced to 5-6 cm. Mean sward height during spring was higher in 2010 (9.5 cm) compared to 2009 and 2011 (7.7-8.5 cm; SEM = 0.32;  $P < 0.01$ ).

**Figure 1. Botanical composition of pastures grazed by yearling calves from March (Mr) to July (Jl) during three years and managed under conventional or organic management.**



Annual herbage production was greater under conventional than under organic treatment (10717 vs. 8768 kg DM/ha; SEM = 545;  $P < 0.05$ ). Net herbage accumulation during spring was 6859 and 5487 kg DM/ha in conventional and organic pastures, respectively (SEM = 359;  $P < 0.05$ ), with greater productions estimated in 2009 than in 2010 and 2011 (8830 vs. 4844 kg DM/ha; SEM = 440;  $P < 0.001$ ). Although this difference was partly due to different period lengths between years, the estimated herbage growth rates were also higher in 2009 than in 2010 and 2011 (66.9, 51.4 and 41.7 kg DM/d/ha, respectively; SEM = 3.62;  $P < 0.01$ ). During summer and autumn there were no differences between treatments in herbage production or growth



rate. During summer higher productions were observed in 2010 than in 2009 (3679 vs. 1427 kg DM/ha; SEM = 385;  $P < 0.01$ ), while mean autumn production was only 706 kg DM/ha (9.7 kg DM/d/ha), with no differences between years.

There were no differences between treatments in the nutritive quality of herbage sampled in June. Concentration of NDF was lower in 2009 than in 2010 (400 vs. 446 g/kg DM; SEM = 11.3;  $P < 0.05$ ). The overall means (in g/kg DM  $\pm$  SEM) for ashes, CP and ADF were  $111 \pm 1.3$ ,  $279 \pm 5.3$  and  $222 \pm 2.9$ , respectively.

**Table 1. Ingredients and nutritional characteristics of conventional and organic feedstuffs used for calf fattening before (grazing and winter, Gr-W) and during the finishing period.**

	Conventional		Organic			
	Concentrate		Concentrate		Maize silage	Herbage silage
	Gr-W	Finishing	Gr-W	Finishing	Finishing	Finishing
<b>Ingredients</b>						
Barley (%)	80	85	45	40	-	-
Maize (%)	0	0	16	17	100	-
Soybean meal (%)	16	10	13	13	-	-
Wheat (%)	0	0	15	15	-	-
Others <sup>1</sup> (%)	4	5	11	15	-	-
<b>Chemical composition</b>						
Crude protein (%)	15.9	13.9	15.0	15.5	7.3 $\pm$ 0.26	16.1 $\pm$ 0.71
Crude fat (%)	1.76	4.73	2.68	2.70	nd	3.4 $\pm$ 0.28
Crude fibre (%)	4.77	4.43	3.87	3.92	nd	28.0 $\pm$ 1.10
Crude ash (%)	5.36	4.87	7.17	6.92	4.66 $\pm$ 0.22	12.0 $\pm$ 0.88
NDF (%)					39.2 $\pm$ 2.09	50.3 $\pm$ 0.71
ADF (%)					21.5 $\pm$ 0.95	37.2 $\pm$ 0.73

<sup>1</sup>Include minerals and vitamins in conventional concentrate; peas and minerals in organic concentrate.

### **3.2. Animal performance**

There were no significant differences in daily BW gains during autumn and spring grazing seasons between conventional and organic treatments (Table 2). In autumn, weaned calves gained  $846 \pm 87.6$  g/day on average, although gains were much lower in 2009 than in 2008 and 2010 (465 vs. 1069 g/day; SEM = 102.5;  $P < 0.001$ ). In winter stabling, organically fed calves tended to gain more BW than those in conventional treatment (846 vs. 764 g/day; SEM = 27.2;  $P = 0.059$ ), with greater gains being observed in 2009 than in 2010 and 2011 (961, 812 and 642 g/day, respectively; SEM = 37.7;  $P < 0.001$ ; Table 2). During spring grazing, yearlings gained  $1381 \pm 36.3$  g/day on average, with no significant differences between treatments or years, although BW gains were reduced from  $1465 \pm 46.2$  g/day during March-June to  $1126 \pm 26.3$  g/day during the last grazing period (June-July).

Mean stocking rate during autumn was similar in both treatments ( $3.75 \pm 0.168$  calves/ha). Consequently, production per hectare did not differ between treatments (mean daily BW gain of  $3.17 \pm 0.399$  kg/ha and final BW of  $1079 \pm 67.3$  kg/ha), although differences among years were observed ( $P < 0.01$ ; Table 3). During spring, managed stocking rates were higher in conventional than in organic treatment (4.22 vs. 3.05 calves/ha; SEM = 0.346;  $P < 0.05$ ). As a result, greater daily gains (5.62 vs. 4.27 kg/ha; SEM = 0.285;  $P < 0.01$ ) and final productions (2183 vs. 1606 kg/ha; SEM = 143.1;  $P < 0.05$ ) were obtained on conventional than on organically managed pastures (Table 3).

**Table 2. Calves' BW gains during autumn grazing after weaning, winter feeding in stable, and spring grazing under conventional (Conv) or organic (Org) management.**

	2008-2009						2009-2010		2010-2011		Effects					
	Conv		Org		Conv		Org		Conv		Org		SEM	Tr <sup>1</sup>	Y <sup>2</sup>	Tr x Y
<b>Autumn grazing</b>																
Initial BW (kg)	187	181	181	181	278	271	271	253	254	254	253	3.6	ns	***	ns	
BW gain (g/day)	1048	1038	1038	1038	420	509	509	1048	1141	1141	1048	144.9	ns	***	ns	
<b>Winter</b>																
Initial BW (kg)	237	231	231	231	293	296	296	307	309	309	307	10.9	ns	***	ns	
BW gain (g/day)	907	1015	1015	1015	744	879	879	644	641	641	644	53.4	ns	***	ns	
<b>Spring grazing</b>																
Initial BW (kg)	296	304	304	304	353	348	348	366	367	367	366	12.3	ns	***	ns	
BW gain (g/day)	1637	1407	1407	1407	1453	1533	1533	1444	1357	1357	1444	135.9	ns	ns	ns	
March-June	1044	1239	1239	1239	839	1141	1141	1311	1193	1193	1311	183.1	ns	ns	ns	
June-July	1404	1340	1340	1340	1345	1464	1464	1414	1320	1320	1414	114.1	ns	ns	ns	
Overall																

<sup>1</sup>Tr = treatment; <sup>2</sup>Y = year.

\*\*\*  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ .

**Table 3. Mean stocking rates and production per unit of land area of beef calves during autumn and spring grazing under conventional (Conv) or organic (Org) management.**

	2008-2009						2009-2010						2010-2011						Effects			
	Conv		Org		SEM		Conv		Org		SEM		Conv		Org		SEM		Tr <sup>1</sup>	Y <sup>2</sup>	Tr × Y	
	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org						
<b>Autumn</b>																						
Stocking rate (kg)	3.17	3.54	3.17	3.54	3.38	3.54	3.38	3.38	3.38	4.37	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	0.423	ns	*	ns		
Initial BW (kg/ha)	591	644	591	644	982	913	982	913	1112	1078	1078	1078	1078	1078	1078	1078	111.8	ns	**	ns		
Final BW (kg/ha)	750	821	750	821	1057	998	1057	998	1349	1304	1304	1304	1304	1304	1304	1304	131.5	ns	**	ns		
BW gain (kg/ha)	159	178	159	178	74	84	74	84	237	224	224	224	224	224	224	224	36.8	ns	**	ns		
Daily BW gain (kg/ha per day)	3.32	3.70	3.32	3.70	1.45	1.65	1.45	1.65	4.69	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	0.712	ns	**	ns		
<b>Spring</b>																						
Stocking rate (kg)	3.80	3.14	3.80	3.14	4.41	3.12	4.41	3.12	4.44	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	0.635	*	ns	ns		
Initial BW (kg/ha)	1126	951	1126	951	1556	1084	1556	1084	1614	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	207.4	*	ns	ns		
Final BW (kg/ha)	1900	1556	1900	1556	2335	1700	2335	1700	2314	1563	1563	1563	1563	1563	1563	1563	263.0	*	ns	ns		
BW gain (kg/ha)	774	605	774	605	779	616	779	616	700	497	497	497	497	497	497	497	65.9	**	ns	ns		
Daily BW gain (kg/ha per day)	5.34	4.17	5.34	4.17	5.73	4.53	5.73	4.53	5.78	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	4.11	0.523	**	ns	ns		

<sup>1</sup> Tr = treatment; <sup>2</sup> Y = year.

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; ns: P > 0.05.

In the finishing period, CC calves gained more BW than PG and HS calves (1340 vs. 709 g/day;  $P < 0.001$ ), while MS calves obtained intermediate gains (1116 g/day) between CC and PG with no significant differences, and greater than HS calves (Table 4). There were no differences among feeding treatments in final BW ( $613 \pm 9.8$  kg). Fodder consumption was related to treatment, with CC calves consuming greater amounts of concentrate meal than those fed organically (938 vs. 372 kg;  $P < 0.001$ ). Silage consumption was greater in MS than in HS calves, with silage amounts being greater than the straw amounts consumed by CC calves (Table 4).

**Table 4. Performance and feed consumption of yearling calves during finishing fed on conventional (CC: concentrate and straw) or organic (PG pasture grazing; HS: hebage silage; MS: maize silage) feeding systems.**

	Conventional		Organic		SEM	Effect
	CC	PG	HS	MS		FS <sup>1</sup>
Duration (days)	98.8 <sup>c</sup>	70.3 <sup>c</sup>	94.3 <sup>ab</sup>	83.5 <sup>bc</sup>	3.54	*
Initial BW (kg)	495	540	554	515	24.6	ns
Daily BW gain (g/day)	1340 <sup>a</sup>	753 <sup>bc</sup>	664 <sup>c</sup>	1116 <sup>ab</sup>	106.7	***
BW at slaughter (kg)	626	593	617	608	23.9	ns
Feed intake (kg/day)						
Concentrate meal	(9.48)	(4.50)	(4.50)	(4.50)		
Forages (straw/silage)	(1.30)	(0)	13.88 <sup>b</sup>	19.22 <sup>a</sup>	0.829	**
Feed consumption (kg)						
Concentrate meal	938 <sup>a</sup>	316 <sup>b</sup>	424 <sup>b</sup>	376 <sup>b</sup>	31.1	***
Forages (straw/silage)	128 <sup>c</sup>	(0)	1305 <sup>b</sup>	1604 <sup>a</sup>	13.9	***

<sup>1</sup> FS = feeding system.

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ .

Means with common superscript letters do not differ ( $P > 0.05$  Tukey's test).

Means in brackets not included in ANOVA.

### **3.3. Carcass characteristics**

Feeding treatment did not affect carcass weight ( $353 \pm 6.5$  kg), length ( $133 \pm 0.7$  cm), conformation ( $10.5 \pm 0.20$ ) or fat cover degree ( $3.65 \pm 0.355$ ). Dressing percentage was higher ( $P < 0.001$ ) for CC calves compared to PG and HS calves ( $59.0\%$  vs.  $56.4\%$ ), while MS calves showed intermediate values between CC and HS calves and higher than PG calves. Carcasses from CC calves were more compact compared to those from PG calves ( $P = 0.064$ ), being intermediate in MS and HS calves (Table 5).

The weight of the 6th rib was greater in CC than in PG calves ( $P < 0.05$ ), with intermediate weights for MS and HS calves. There were no differences between feeding treatments in LM weight or area. Regarding the tissue composition, lean percentage tended to be higher ( $P = 0.085$ ) in HS than in other treatments. The percentage of subcutaneous fat was greater in CC and MS calves compared to PG calves ( $1.88\%$  vs.  $0.73\%$ ;  $P < 0.01$ ), being intermediate in HS calves. Intermuscular fat showed higher percentages in CC and MS calves than in PG and HS calves ( $8.31\%$  vs.  $6.60\%$ ;  $P = 0.058$ ). Total fat accounted for greater percentages in CC than in HS and PG calves, with MS calves showing marginally higher percentages than the latter ( $P < 0.1$ ). Bone percentage was greater ( $P < 0.05$ ) in PG than in HS and CC (Table 5). No difference was found in the percentage of waste tissues.

**Table 5. Carcass traits and tissue composition of yearling calves fed on conventional (CC: concentrate and straw) or organic (PG pasture grazing; HS: hebage silage; MS: maize silage) feeding systems.**

	Conventional		Organic		SEM	Effect
	CC	PG	HS	MS		FS <sup>1</sup>
Carcass weight (kg)	369	330	352	351	14.3	ns
Carcass yield (%)	59.0 <sup>a</sup>	55.7 <sup>c</sup>	57.1 <sup>bc</sup>	57.7 <sup>ab</sup>	0.47	***
Conformation score (1-15)	10.83	10.47	10.38	10.35	0.495	ns
Fatness score (1-15)	4.51	3.27	2.47	4.05	0.74	ns
Carcass length (cm)	133.2	134.4	133.0	131.9	1.82	ns
Compactness index (kg/cm)	2.77	2.45	2.65	2.65	0.081	ns
Rib weight (g)	2351 <sup>a</sup>	1655 <sup>b</sup>	2172 <sup>ab</sup>	2077 <sup>ab</sup>	141.3	*
LM <sup>2</sup> weight (g)	330	294	314	309	20.0	ns
LM <sup>2</sup> area (cm <sup>2</sup> )	60.7	58.3	55.8	57.6	2.77	ns
Tissue composition (%)						
Lean	74.46	74.01	77.71	74.61	1.153	ns
Subcutaneous fat	2.05 <sup>a</sup>	0.73 <sup>c</sup>	1.11 <sup>bc</sup>	1.71 <sup>ab</sup>	0.221	**
Intermuscular fat	8.29	6.71	6.49	8.32	0.629	ns
Total fat	10.34 <sup>a</sup>	7.44 <sup>b</sup>	7.60 <sup>b</sup>	10.04 <sup>ab</sup>	0.755	*
Bone	13.96 <sup>b</sup>	17.27 <sup>a</sup>	13.23 <sup>b</sup>	14.01 <sup>ab</sup>	0.967	*
Others	1.25	1.28	1.46	1.35	0.107	ns

<sup>1</sup> FS = feeding system; <sup>2</sup> LM = longissimus muscle.

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ .

Means with common superscript letters do not differ ( $P > 0.05$  Tukey's test).

## 4. Discussion

### 4.1. Pastures

Management treatment affected pasture botanical composition regarding the sown species. As grazing pressure was maintained similar between conventionally and organically managed paddocks, these effects were primarily due to the fertilizers used. It is known that white clover presence is negatively affected related to competitive grasses with moderate N applications (Ennik, 1981; Frame and Boyd, 1987), so the legume achieved greater percentages with manure, which provided less N but more  $P_2O_5$  and  $K_2O$  than synthetic fertilizers. Higher percentages of white clover were also found under organic (with cattle manure) than under conventional management (NPK) in rotationally grazed pastures with dairy cattle (Martínez-Fernández *et al.*, 2009). Clover cover increased from March to July, especially under organic management, as overtopping grasses were progressively defoliated. Similar results were found under organic dairy cattle grazing in Wales, with white clover percentages (in DM) increasing from 19% in May to 32% in July (Weller and Cooper, 2001).

In spite of greater white clover percentages in organic pastures, herbage nutritive quality was not significantly affected. Greater CP contents and lower fibre contents could be expected related to higher legume proportions in organically managed pastures than in conventional ones (Thomson, 1984; Martínez-Fernández *et al.*, 2009). The only samplings were performed in late spring, with white clover in flowering stage, which could reduce its mean digestibility and protein content compared to grass foliage (Wilman and Altimini, 1984; Frame and Laidlaw, 1998). In addition, synthetic fertilizers could promote



higher N assimilation by grasses (Frame and Boyd, 1987), thus counterbalancing the lower clover percentages compared to organic pastures.

On the other hand, synthetic fertilization promoted a greater herbage production during spring than manure application, as the most important nutrients are more readily available for plants (Berry *et al.*, 2002). Nevertheless, efficient manure processing and application could improve soil characteristics (aeration, microbial activity and nutrient levels) to enhance plant growth in a longer term (Witter *et al.*, 1993; Fließbach *et al.*, 2007).

#### **4.2. Animal performance and production per grazing area**

Individual BW gains of grazing calves did not differ between conventional and organic treatments, as similar sward heights were maintained at both systems, in addition to the small differences found in herbage nutritive quality. Although greater BW gains have been observed in grazing livestock with increasing white clover contents in the sward (Thomson, 1984; Yarrow and Penning, 2001), the greater clover cover found in organic pastures in the current study did not significantly enhance calf performance over that achieved on conventional pastures, although yearlings on organic pastures obtained numerically greater gains from June onwards in the three years. Gains were lower in autumn than in spring, probably related to a lower herbage availability and nutritive quality during autumn (Morris *et al.*, 1993b), in addition to the younger age, less grazing experience and lower intake capacity of recently weaned calves, even though they were supplemented with concentrate. Gains were reduced from June onwards, so again supplementation did not fully counterbalance the reduction in sward height. Maintaining mean sward heights

around 8-10 cm to maximize nutrient intake and cattle performance has been suggested in different works (Wright and Whyte, 1989; Morris *et al.*, 1993b; Realini *et al.*, 1999).

During winter stabling, organically fed calves achieved marginally greater BW gains than under conventional feeding. Since the composition of conventional and organic concentrates was not exactly the same, some feature or oligoelements of organic concentrate could be benefiting calf nutrition.

The higher herbage growth rates measured during spring in conventional pastures enabled the management of higher stocking rates while maintaining similar herbage allowances compared to organic pastures. Thus, production per unit area was greater under conventional than under organic treatment. Comparing several farms at regional level, in general greater stocking rates and beef production have been found in conventional farms (Veysset *et al.*, 2011; Lavín *et al.*, 2016), although in these studies other factors besides pasture production (environmental conditions, types of pastures and forages, animal genetics, management, etc.) could also be affecting animal production.

### **4.3. Finishing**

During the finishing period, none of the organic feedings reached the BW gains achieved by conventionally fed calves. Pasture grazing during summer-autumn had the disadvantage of low green herbage availability aggravated by drought episodes, but HS calves showed even lower gains. Greater yields have been obtained in bull calves fattened intensively with concentrate and forage *ad libitum* compared with pasture grazing with limited amounts of concentrate or hay (Humada *et al.*, 2013; Bjorklund *et al.*, 2014). However, MS calves

achieved gains much closer to CC calves. Hart *et al.* (2015) found similar BW gains in dairy cows fed 70:30 or 30:70 grass silage-to-maize silage ratios, but greater milk yields in the latter. Avilés *et al.* (2015) did not find differences in BW gain of Limousine and Retinta young bulls fed *ad libitum* with concentrate and straw including or not maize silage. In spite of the BW gain differences found in the current study, final BW at slaughter did not differ between feeding systems due to the initial BW differences at the start of the finishing period, in addition to a great variability within treatments (especially in PG), even though organic treatments had a shorter duration because of limited forage quantities available. Obviously, daily feed consumption during finishing depended on treatment. Calculating total feeding costs for each feeding system (applying current market prices of 0.259, 0.404 and 0.110 €/kg of conventional and organic concentrates and barley straw, respectively, and estimated production costs of 0.066 and 0.058 €/kg for herbage and maize silage), resulted in lower costs in PG compared to CC, MS and HS (128 vs. 254 €/animal), whereas cost per gained BW was higher in HS than in other treatments (4.02 vs. 2.40 €/kg). Therefore, without considering the prices of the saleable product, HS provided the lowest economic efficiency because of the poor gains and the high price of organic concentrate. Usually the high prices of purchased feedstuffs condition the profitability of organic beef production in feedlots (Fernández and Woodward, 1999). Bjorklund *et al.* (2014) obtained less profit from organic maize-fed dairy steers than from conventionally (80% concentrate, 20% forage) fed ones due to the high value of organic maize, which substantially increased production costs.

#### **4.4. Carcass characteristics**

Although most of the carcass traits did not show significant differences between feeding treatments, MS calves presented higher yields and fatness scores than PG and HS calves, approaching those obtained in CC calves, which in general achieved similar characteristics to those obtained in other studies with young bulls of the same breed fattened with concentrates and straw (Aldai *et al.*, 2007; Albertí *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2010). Although differences in the degree of fat cover did not reach significance, subcutaneous and total fat from the rib dissection accounted for higher percentages in CC and MS than in HS and PG treatments. The higher energy content of maize silage compared to grass-legume forages (either grazed or ensiled) propitiated carcass traits close to those achieved under conventional feeding. In general, lower fat contents have been found in organic than in conventionally reared cattle (Hansson *et al.*, 2000), although Woodward and Fernández (1999) observed less back fat and marbling in conventionally fed steers than in those organically fed in feedlot finishing systems.

In conclusion, on-farm maize ensiling could be a good alternative for organic beef fattening, aiming to hasten calf growth before slaughter and improve carcass traits. Nevertheless, its cultivation and ensiling without incurring excessive costs might present some agronomic difficulties that need to be solved according to the organic regulation in force.

#### **Acknowledgements**

We thank the staff of the SERIDA research station for their animal care and management, and assistance in field work. This research was financed by

the Spanish National Institute for Agricultural and Food Research and Technology (INIA, projects RTA 04-142 and RTA2008-00110-00-00) and co-funded by the European Regional Development Fund.

## **CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN GENERAL**

En la realización de esta tesis se plantearon como sistemas alternativos de producción de carne en extensivo:

- Un manejo de valle-puerto, típico de la Cornisa Cantábrica y Pirineos, utilizando cebones de las dos razas asturianas (AV y AM), y
- El cebo post-destete de terneros AV en un sistema ecológico.

Los pastos utilizados en el estudio de sistemas de alta montaña fueron pastos mejorados y pastos semi-abandonados de valle (prados en general) y pastos de alta montaña (pastos herbáceos de *Festuca-Agrostis* junto con brezales y piornales).

A pesar de las diferencias en su composición botánica, tanto los prados de valle como los pastos herbáceos de montaña tenían una calidad nutritiva adecuada para satisfacer las necesidades proteicas y energéticas de los cebones, y así mantener niveles adecuados de producción. Sin embargo, como se ha observado en estudios previos (Celaya *et al.*, 2007; Mandaluniz *et al.*, 2009), los brezales de montaña presentaron una peor calidad nutritiva que los pastos herbáceos.

Para alcanzar un adecuado aporte de nutrientes, además de la calidad nutritiva, tiene que haber una cantidad suficiente de pasto disponible (Baker *et al.*, 1981). Diversos autores (Wright *et al.*, 1990; Realini *et al.*, 1999) observaron que el ganado vacuno alcanza unos máximos de ingesta con una altura de pasto de 8-10 cm en praderas de raigrás-trébol. En nuestro caso, en primavera, la altura de pasto se mantuvo sobre los 10 cm. Sin embargo, a final de verano la ingesta de hierba estaba limitada por una baja disponibilidad, siendo la altura media de pasto de 6,2 cm en octubre en los prados de valle y llegando a reducirse a 3,3 cm en puerto. En estos casos es aconsejable suplementar el

pastoreo con un aporte de concentrado, práctica inviable en montaña, por lo que sería aconsejable bajar a los valles a los cebones añojos antes de que la baja disponibilidad de hierba conduzca a una parada de su crecimiento o desarrollo, limitando las ganancias de peso venideras.

En nuestro caso, mantuvimos en el puerto a los cebones hasta finales de septiembre o inicios de octubre. Para compensar la disminución de pasto apetecible disponible en la segunda mitad de la estación de pastoreo, los cebones aumentaron el tiempo de pastoreo y aumentó también la incorporación de leñosas en su dieta. Este comportamiento ya lo habían descrito Gordon (1989) y Ferreira *et al.* (2013) en estudios previos sobre conducta de pastoreo en pastos mixtos de herbáceas-matorral.

Los cebones de ambas razas tenían preferencia por los pastos herbáceos, si bien los cebones AM pasaron más tiempo pastando en las áreas dominadas por matorral que los AV, que por lo general son de más difícil acceso. En general, se ha observado que las razas rústicas pastan en mayor proporción plantas con menor concentración de nutrientes que otras razas más exigentes (Osoro *et al.*, 1999a; Sæther *et al.*, 2006; Dumont *et al.*, 2007; Hessle *et al.*, 2008).

La selección, además de por la preferencia, está influida por la disponibilidad, el valor nutritivo y la distribución de las distintas especies en la cubierta vegetal. La composición de la dieta es un reflejo de la preferencia modificada por la selección (Dumont, 1997). En la realización de esta tesis doctoral, la composición de la dieta de los cebones se estimó por la técnica de alcanos como marcadores fecales (Mayes *et al.*, 1986; Dove y Mayes, 1991; 2006). Aunque no se encontraron diferencias entre las dos razas, las



estimaciones de la dieta seleccionada en las dos épocas (julio y septiembre) en general concordaban con los tiempos de pastoreo observados en cada comunidad vegetal. Había mayor proporción de herbáceas en la dieta, pero la proporción de leñosas (ericáceas) aumentó en los muestreos de septiembre respecto a los de julio. Dentro del matorral, los resultados de dieta mostraron que los cebones seleccionaron el arándano en mayor grado que la brechina. Diversos autores (Grant *et al.*, 1987; Celaya *et al.*, 2007; 2008; Mandaluniz *et al.*, 2011) observaron que el ganado vacuno solo selecciona la brechina cuando la cantidad de pasto herbáceo es muy limitante, como ocurría en nuestro caso, con un pasto apetecible de una altura media en torno a los 3 cm.

En cuanto a las ganancias de peso de los cebones, a lo largo de todo el ciclo productivo fueron mayores en los AV que en los AM. Los animales de la raza AV son de mayor talla y tienen mayor potencial de crecimiento (Cañón *et al.*, 1994). Sin embargo, en aquellos cebones que pasaron el verano de su segundo año de vida en puerto, las ganancias de peso durante esa estación fueron más favorables para los de raza AM que para los AV (252 vs. 133 g/día).

Cuando comparamos las ganancias de los cebones que permanecían en pastos mejorados de valles con los que pastaban en alta montaña, estas resultaron ser mayores en los primeros (485 vs. 193 g/día), siendo las ganancias durante la segunda mitad del verano de 402 g/día para los cebones en valles y de solo 54 g/día para los de puerto. Las ganancias de peso en pastos de alta montaña son más bajas debido a factores ambientales, como condiciones climatológicas más extremas, y al terreno por el que se tienen que mover los animales, que al ser más abrupto hace que aumente el consumo de energía (Morris y Wilton, 1976). Además, Cosgrove (1997) indica que la

producción disminuye debido a alteraciones en el metabolismo causadas por el estrés que sufre el animal al salir de su zona de confort térmico.

Observamos, por tanto, una interacción genotipo x ambiente, descrita en estudios anteriores realizados con vacas (Fitzhugh, 1978; Morris *et al.*, 1993a). En ellos describieron que las vacas de razas de mayor tamaño tenían menores producciones y peores rendimientos reproductivos en lugares en los que el aporte de nutrientes era más limitado y las condiciones ambientales más adversas. Cuando el aporte de energía en la dieta es más limitado, las razas de menor tamaño prosperan mejor que aquellas con mayores necesidades energéticas (Morris *et al.*, 1993a; Wright *et al.*, 1994). Las razas de mayor tamaño tienen en sus canales mayor proporción de proteína que las pequeñas, que tienen mayor proporción de grasa; la síntesis de proteína requiere un mayor gasto energético, haciendo que estos animales ganen menos peso que los de razas pequeñas, que acumulan grasa (Ferrell *et al.*, 1988). Vercoe y Frisch (1992) afirman que el crecimiento en condiciones adversas es un reflejo de la resistencia al estrés, mientras que el crecimiento bajo condiciones favorables es el reflejo del potencial de crecimiento.

Una vez que los cebones bajaban de puerto, alcanzaron mayores ganancias de peso que aquellos que habían permanecido en prados mejorados de valle durante el verano. Este fenómeno se conoce como crecimiento compensatorio, y se observa en ganado vacuno tras un periodo de alimentación restringida (Wright *et al.*, 1989; Sainz *et al.*, 1995; Yarrow *et al.*, 1996). Su magnitud depende de factores como la severidad y la duración de la restricción, además de la edad o etapa de crecimiento (Sainz *et al.*, 1995).

Durante el acabado no observamos diferencias en las ganancias de peso entre los bueyes de los distintos manejos ni entre las razas. En general, se han observado mayores ganancias en AV frente a AM en añojos o novillos no castrados y engordados en cebo intensivo (Piedrafita *et al.*, 2003; Albertí *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2010). Las menores ganancias observadas en el presente estudio frente a los trabajos citados se deberían al menor ritmo de crecimiento de los bovinos castrados frente a los enteros (Field, 1971), además de la alimentación empleada y la edad. Dicho menor crecimiento de los castrados frente a los enteros, en parte, se debería a la mayor deposición de grasa en los primeros.

Los cebones de raza AV tienen un mayor peso a la hora del sacrificio que los de AM, debido al mayor potencial de crecimiento de la primera raza. Si comparamos los pesos al sacrificio de los cebones de los dos manejos (valle vs. puerto) no encontramos diferencias, por lo que el crecimiento compensatorio observado tras la bajada de puerto resultó suficiente para compensar las diferencias establecidas entre los dos manejos llevados a cabo en el segundo verano de sus vidas. Las canales de los cebones AV pesaron más que las de los AM. En estudios previos ya se había observado que las canales y el rendimiento a la canal de los animales AV eran mayores que en los AM (Vallejo *et al.*, 1992a, 1992b; Piedrafita *et al.*, 2003; Albertí *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2010), sugiriendo que estas características dependen más de la raza que del ambiente (Albertí *et al.*, 2008).

En este trabajo no hemos realizado estudios sobre la calidad de la carne, pero en estudios previos como el de Sierra *et al.* (2010) se observó que la carne de añojos de raza AM tenía mejores cualidades sensoriales,

principalmente debido al mayor porcentaje de grasa en la composición de la carne de animales de raza AM frente al encontrado en los de raza AV (Aldai *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2010).

En cuanto al estudio de un sistema de cebo bajo las normas de producción ecológica, en los ensayos realizados vimos que el tratamiento realizado en función del manejo de las praderas (convencional o ecológico) afectaba a la composición botánica de estas. Los pastos fertilizados con estiércol tenían mayores porcentajes de trébol blanco, al aportarse menos N pero más  $P_2O_5$  y  $K_2O$  que los fertilizantes sintéticos, lo que concuerda con los resultados de Martínez-Fernández *et al.* (2009) en un estudio que comparaba el pastoreo rotacional de vacas de leche en prados convencionales frente a ecológicos. A pesar de que el porcentaje de trébol era mayor en los pastos ecológicos, no había diferencias significativas en la calidad nutritiva de los pastos de ambos tratamientos. Los fertilizantes sintéticos promueven una liberación más rápida de N asimilable para las plantas (Frame y Boyd, 1987), lo que compensaría la menor cantidad de trébol de los pastos de tratamiento convencional. Los fertilizantes sintéticos provocan una mayor producción de hierba que los abonos orgánicos (Berry *et al.*, 2002), si bien una adecuada aplicación de estiércol puede mejorar las características del suelo a la larga, estimulando el crecimiento de las plantas (Witter *et al.*, 1993; Fließbach *et al.*, 2007).

No observamos diferencias en las ganancias de peso de los terneros de ambos tratamientos, dado que se mantenía una disponibilidad de hierba (altura de pasto) similar en todas las parcelas. En general, otros trabajos (e.g. Thomson, 1984; Yarrow y Penning, 2001) muestran ganancias de peso

mayores en animales manejados en pastos con mayor contenido en trébol. Sin embargo, en nuestro caso, a pesar de que en los pastos ecológicos había mayor proporción de trébol, los animales no obtuvieron ganancias de peso significativamente mayores que los del tratamiento convencional, aun cuando dichas ganancias resultaron algo mayores en los primeros al final del pastoreo previo a la fase de acabado. Durante la invernada los terneros del tratamiento ecológico tendieron a ganar más peso que los del tratamiento convencional, lo que pudo deberse en parte a la distinta composición de los concentrados ecológicos y convencionales empleados.

La mayor producción de hierba en pastos convencionales en primavera permitió mantener mayores cargas ganaderas en estas praderas que en las ecológicas manteniendo una altura de pasto similar. Por tanto, la producción animal por unidad de superficie resultó mayor en el tratamiento convencional que en el ecológico. Esto concuerda con los resultados de otros autores como Veysset *et al.* (2011) y Lavín *et al.* (2016), que encontraron mayores cargas ganaderas, y por tanto mayor productividad por área, en explotaciones convencionales frente a ecológicas, si bien en estos estudios otros factores podrían estar afectando a dicha productividad, como las condiciones ambientales, los tipos de pastos y forrajes, la genética animal, el manejo, etc.

Mientras que en las distintas fases de pastoreo y durante la invernada no había diferencias significativas en las ganancias individuales entre los animales de ambos tratamientos, en el acabado, las ganancias en convencional fueron superiores a aquellas obtenidas en ecológico. Dentro de los tres tipos de alimentación que comparamos en el acabado ecológico, el que conseguía ganancias de peso más cercanas al acabado convencional fue aquel que

consistía en ensilado de maíz *ad libitum* suplementado con 4,5 kg de concentrado ecológico al día. Humada *et al.* (2013) y Bjorklund *et al.* (2014) describen que se obtienen mejores rendimientos en terneros alimentados de forma intensiva con concentrado y forraje *ad libitum* que en aquellos manejados en pastoreo suplementado con cantidades limitadas de concentrado. En estudios con vacuno de leche, Hart *et al.* (2015) no observaron diferencias en las ganancias de peso en vacas alimentadas con ensilado de hierba y de maíz en proporciones 70:30 ó 30:70, si bien es verdad que encontraron un mayor rendimiento lechero en las alimentadas con un 70% de ensilado de maíz. A pesar de las diferencias encontradas en las ganancias de peso y de la duración más corta en los acabados ecológicos (debido a limitaciones en la disponibilidad de pasto y forrajes ofertados), el peso con el que llegaron al sacrificio fue similar en todos los añejos, lo que en gran parte fue debido a las diferencias de partida que había en los pesos al comienzo del acabado.

En cuanto a las canales, a pesar de que no había diferencias significativas entre tratamientos en su peso, longitud y conformación, los terneros alimentados con ensilado de maíz obtuvieron mayores rendimientos y mayor proporción de grasa que los otros acabados ecológicos, aproximándose a las características obtenidas con el acabado convencional. La mayor proporción de grasa obtenida con ensilado de maíz es debida al mayor contenido energético del maíz frente a las gramíneas-leguminosas. Hansson *et al.* (2000) también encontraron mayores contenidos de grasa en canales procedentes de bovinos criados en sistema convencional frente a los criados en ecológico. Sin embargo, Woodward y Fernández (1999) observaron menos

grasa en bueyes de raza cruzada alimentados de forma convencional que en ecológico en sistemas intensivos de engorde.

En España, el cebo de terneros para producción de carne es industrial principalmente, estando reservado el cebo en extensivo a la España Húmeda, principalmente debido a la gran producción de pastos. En la dehesa también se lleva a cabo un sistema semi-extensivo, pero con mayor suplementación en el pastoreo que en la España Húmeda. Debido a que la producción de pasto no es constante a lo largo del año, el ciclo de cebo se alarga y, por norma general, se producen lotes de animales menos homogéneos (Acero-Adámez, 2009).

Una de las ventajas de estos sistemas extensivos es la reducción de costes, ya que el dinero destinado a la compra de alimentos es mucho menor que en un sistema intensivo. En el caso del sistema ecológico además se ahorra en gastos destinados a productos zootécnicos, si bien los altos precios de los piensos ecológicos y su baja disponibilidad en el mercado pueden suponer un incremento de los costes en el acabado. Los sistemas ecológicos conllevan una reducción en la contaminación y en el consumo de combustibles fósiles, siendo por tanto ventajosos desde un punto de vista medioambiental, además de otros beneficios para la sociedad en general, como la seguridad alimentaria, bienestar animal, etc.

En el caso de los pastos de montaña, su utilización ganadera es muy importante, dado el progresivo abandono de las actividades pastorales en estos territorios, sobre todo con pequeños rumiantes (González Díaz *et al.*, 2017). Aun no habiendo un abandono total, la infrautilización, los cambios en los censos de las distintas especies ganaderas y la falta de gestión pueden acarrear problemas importantes, como la pérdida de valor nutritivo y

productividad de los pastos por embastecimiento, cambios indeseables en composición botánica, matorralización a más largo plazo, con las consiguientes pérdidas de biodiversidad (tanto de flora como de fauna), homogeneización del paisaje, incremento del riesgo de incendios, pérdida de patrimonio cultural, etc. (Rook *et al.*, 2004; Hadjigeorgiu *et al.*, 2005). Los servicios ecosistémicos que proporcionan los sistemas ganaderos (trashumantes o trastermitantes) de montaña, además de los mencionados, incluyen otros como el mantenimiento de la fertilidad de los suelos o la regulación del cambio climático por el secuestro de carbono (Cooper *et al.*, 2009).

De este modo obtenemos productos de calidad diferenciada, entendiendo por calidad no solo las cualidades organolépticas, sino el efecto sobre la salud, el impacto ambiental, bienestar animal, etc. Estas cuestiones, y no solo el precio del producto, importan cada vez más al consumidor, cuya preocupación por el medio que le rodea ha aumentado (Sundrum, 2001; Hermansen, 2003).

Por último, estos cebones tanto por su tamaño, edad y experiencia se defenderían bastante mejor frente a los depredadores que los pequeños rumiantes, que van desapareciendo de las montañas de nuestras regiones, a pesar de ser más eficientes en la utilización de los recursos pastables (Celaya *et al.*, 2008; Osoro *et al.*, 2017).



## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos en los distintos ensayos de esta Tesis Doctoral, podemos obtener las siguientes conclusiones:

### **1. Producción de cebón de razas bovinas asturianas en sistemas de alta montaña.**

1.1. Aunque el manejo de cebones añojos en pastos de montaña durante el verano redujo considerablemente sus ganancias de peso respecto a los logrados en praderas de valle, el posterior crecimiento compensatorio mostrado por los primeros hizo que se equipararan los rendimientos finales al sacrificio, por lo que el sistema valle-puerto podría constituir una alternativa rentable para la producción de cebón con un manejo adecuado, no prolongando demasiado la estancia en puerto y proporcionando alimento suficiente tras la bajada en forma de pasto disponible o suplementando con concentrado en caso de baja disponibilidad de pasto, para que se pueda manifestar en grado suficiente dicho crecimiento compensatorio.

1.2. En los pastos de puerto, los cebones añojos de la raza más pequeña y rústica (Asturiana de la Montaña) utilizaron más las comunidades menos nutritivas como los brezales, y, al contrario que en las praderas de valle, presentaban mayores ganancias de peso que los animales de la raza Asturiana de los Valles, de mayor tamaño y con mayores necesidades energéticas, mostrando los primeros una mejor adaptación a las condiciones de alta montaña.

1.3. La selección de dieta realizada por los cebones en los pastos de puerto no difirió significativamente entre las dos razas, mostrando ambas una mayor preferencia por las herbáceas que por las matas leñosas, y entre estas

mayor por el arándano que por la brecina, mientras que los piornos fueron rechazados.

## **2. Cebo post-destete de terneros en ecológico frente a un sistema convencional semi-extensivo.**

2.1. El manejo ecológico de las praderas, abonadas con estiércol, resultó en mayores porcentajes de trébol blanco en la cubierta pero menores producciones de hierba en primavera respecto a las praderas abonadas convencionalmente con fertilizante de síntesis.

2.2. Manteniendo similares disponibilidades de hierba durante el pastoreo, los rendimientos individuales de los terneros en términos de ganancias de peso fueron similares entre el sistema ecológico y el convencional.

2.3. La mayor producción herbácea con fertilización convencional propició el manejo de mayores cargas ganaderas que en las praderas manejadas ecológicamente, por lo que la producción animal por superficie de pasto resultó mayor en el sistema convencional.

2.4. Durante el acabado, la alimentación de los añejos a base de ensilado de maíz suplementado con pienso ecológico resultó en rendimientos y características de la canal similares a los obtenidos con un acabado convencional a base de concentrado más paja de cereal, mientras que los sistemas de alimentación ecológicos basados en pastoreo de pradera o ensilado de hierba produjeron rendimientos más pobres y canales menos grasas.

## **CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFÍA**

Acero Adámez P. 2009. *Planificación y manejo de la explotación de ganado vacuno de carne*. Tomo II. Consejería de Agricultura y Ganadería, Junta de Castilla y León, Valladolid.

Ackerman C.J., Purvis H.T. II, Horn G.W., Paisley S.I., Reuter R.R., Bodine T.N. 2001. Performance of light vs. heavy steers grazing Plains Old World bluestem at three stocking rates. *Journal of Animal Science*. 79: 493-499.

Alberio R. 2011. Estrategias para la mejora de sistemas extensivos. En: *XVI Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina*, pp. 145-154. Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE), Ávila.

Albertí P., Panea B., Sañudo C., Olleta J.L., Ripoll G., Ertbjerg P., Christensen M., Gigli S., Failla S., Concetti S., Hocquette J.F., Jailler R., Rudel S., Renand G., Nute G.R., Richardson R.I., Williams J.L. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science*. 114: 19-30.

Aldai N., Murray B.E., Oliván M., Martínez A., Troy D.J., Osoro K., Nájera A.I. 2006. The influence of breed and *mh*-genotype on carcass conformation, meat physico-chemical characteristics, and the fatty acid profile of muscle from yearling bulls. *Meat Science*. 72: 486-495.

Aldai N., Nájera A.I., Martínez A., Celaya R., Osoro K. 2007. Correlation between carcass conformation and fat cover degree, and muscle fatty acid profile of yearling bulls depending on breed and *mh*-genotype. *Livestock Science*. 107: 199-212.

Aldezabal A., Garin I., García-González R. 1999. Activity rhythms and the influence of some environmental variables on summer ungulate behaviour in Ordesa-Monte Perdido National Park. *Pirineos*. 153-154: 145-157.

Álvarez M.A., García P., Valderrábano J. 2004. *Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos españoles: Cartografía de los pastos de Asturias*. SEEP-INIA-SERIDA-INDUROT, Oviedo.

Álvarez-Rodríguez J., Albertí P., Ripoll G., Blasco I., Sanz A. 2017. Effect of castration at 10 months of age on growth physiology and behavior of male feral beef cattle. *Journal of Animal Science*. 88: 991-998.

ASEAMO – Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de la Montaña. 2018. [www.aseamo.com/raza\\_productivas.aspx](http://www.aseamo.com/raza_productivas.aspx)

ASEAVA – Asociación Española de criadores de ganado vacuno selecto de la raza Asturiana de los Valles. 2018. [http://www.aseava.com/raza\\_capitulo\\_09.aspx](http://www.aseava.com/raza_capitulo_09.aspx)

Association of Official Analytical Chemists. 2006. *Official methods of analysis*, 18<sup>th</sup> edition. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

Avilés C., Martínez A.L., Domenech V., Peña F. 2015. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat Science*. 107: 94-103.

Bailey D.W., Gross J.E., Laca E.A., Rittenhouse L.R., Coughenour M.B., Swift D.M., Sims P.L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*. 49: 386-400.

Bailey D.W., Dumont B., WallisDeVries M.F. 1998. Utilization of heterogeneous grasslands by domestic herbivores: Theory to management. *Annales de Zootechnie*. 47: 321-333.

Baker R.D., Álvarez F., Le Du Y.L.P. 1981a. The effect of herbage allowance upon the herbage intake and performance of suckler cows and calves. *Grass and Forage Science*. 36: 189-199.

Baker R.D., Le Du Y.L.P., Álvarez F. 1981b. The herbage intake and performance of set-stocked suckler cows and calves. *Grass and Forage Science*. 36: 201-210.

Barthram G.T. 1986. Experimental techniques: the HFRO swardstick. In: *The Hill Farming Research Organisation biennial report 1984-85*, pp. 29-30. HFRO, Penicuik, Midlothian, UK.

Bedia J., Busqué J. 2012. Productivity, grazing utilization, forage quality and primary production controls of species-rich alpine grasslands with *Nardus stricta* in northern Spain. *Grass and Forage Science*. 68: 297-312.

Berry P.M., Sylvester-Bradley R., Philipps L., Hatch D.J., Cuttle S.P., Rayns F.W., Gosling P. 2002. Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management*. 18: 248-255.

Bjorklund E.A., Heins B.J., DiCostanzo A., Chester-Jones H. 2014. Growth, carcass characteristics, and profitability of organic versus conventional dairy beef steers. *Journal of Dairy Science*. 97: 1817-1827.

Blanco-Penedo I., López-Alonso M., Shore R.F., Miranda M., Castillo C., Hernández J., Benedito J.L. 2012. Evaluation of organic, conventional and intensive beef farm systems: health, management and animal production. *Animal*. 6: 1503-1511.

Brea T., Monserrat L., Zea J. 1998. Calidad de la hierba aprovechada en pastoreo: efecto del sistema de manejo y de la estación en las condiciones de Galicia. *Pastos*. 28: 57-70.

Bretschneider G. 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*. 97: 89-100.

Bullock D.J., Armstrong H.M. 2000. Grazing for environmental benefits. In: *Grazing management. The principles and practice of grazing, for profit and environmental gain, within temperate grassland systems* (eds. Rook A.J., Penning P.D.), pp. 191-200. Occasional Symposium No. 34 British Grassland Society, Okehampton, Devon, UK.

Cañón J., Gutiérrez J.P., Dunner S., Goyache F., Vallejo M. 1994. Herdbook analyses of the Asturiana beef cattle breeds. *Genetics Selection Evolution*. 26: 65-75.

Casasús I. 1998. *Contribución al estudio de los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas de montaña: efecto de la raza y de la época de parto sobre la ingestión voluntaria de forrajes y los rendimientos en pastoreo*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.



Casasús I., Sanz A., Villalba D., Ferrer R., Revilla R. 2002. Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system. *Journal of Animal Science*. 80: 1638-1651.

Casasús I., Sanz A., Blanco M., Álvarez-Rodríguez J., Joy M., Revilla R. 2013. Ganadería ecológica de vacuno de carne: aspectos prácticos. *Informaciones técnicas* 249: 2-19. Servicio de Recursos Agrícolas, Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón.

Celaya R., García P., Fernández Prieto E., Oliván M., Osoro K. 2004a. Producción de pastos de puerto dominados por *Festuca rubra* y *Agrostis capillaris* en la Cordillera Cantábrica. En: *Pastos y ganadería extensiva* (eds. García Criado B., García Ciudad A., Vázquez de Aldana B.R., Zabalgozcoa Í.), pp. 393-397. XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Salamanca.

Celaya R., Oliván M., Mocha M., Martínez M.J., García P., Osoro K. 2004b. Calidad nutritiva de pastos de puerto de la cordillera Cantábrica aprovechados por rebaños de vacuno u ovino. En: *Pastos y ganadería extensiva* (eds. García Criado B., García Ciudad A., Vázquez de Aldana B.R., Zabalgozcoa Í.), pp. 331-336. XLIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Salamanca.

Celaya R., Oliván M., Ferreira L.M.M., Martínez A., García U., Osoro K. 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science*. 106: 271-281.

Celaya R., Benavides R., García U., Ferreira L.M.M., Ferre I., Martínez A., Ortega-Mora L.M., Osoro K. 2008. Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. *Animal*. 12: 1818-1831.

Celaya R., Ferreira L.M.M., García U., Rosa García R., Osoro K. 2011. Diet selection and performance of cattle and horses grazing in heathlands. *Animal*. 5: 1467-1473.

Celaya R., Martínez A., Rosa García R., Ferreira L.M.M., López López C., García U., Osoro K. 2013. Sustainable grazing systems for the enhancement of livestock production and biodiversity in less-favored heathland areas of humid northern Spain. In: *Agricultural Research Updates*, Vol. 6 (eds. Gorawala P., Mandhatri S.), pp. 205-227. Nova Science Publishers, Inc., New York, NY, USA.

Comisión Europea. 2007. Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) 2092/91. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 189: 1-23.

Comisión Europea. 2008. Reglamento (CE) 889/2008 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del reglamento (CE) 834/2007 del consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y control. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 250: 1-84.

Cooper T., Hart K., Baldock D. 2009. *The provision of public goods through agriculture in the European Union*. Report for DG Agriculture and Rural Development. Institute for European Environmental Policy, London.

COPAE – Consejo de la Producción Agraria Ecológica del Principado de Asturias. [www.copaeastur.org](http://www.copaeastur.org)

Cosgrove G.P. 1997. Grazing behavior and forage intake. In: *Simpósio Internacional sobre produção animal em pastejo* (ed. Gomide J.A.), pp. 59-80. UFV, Viçosa, Brazil.

Davis M.E., Rutledge J.J., Cundiff L.V., Hauser E.R. 1985. Life cycle efficiency of beef production: VI. Relationship of cow efficiency ratios for progeny slaughtered to 26 growth condition, fertility and milk production of the dam. *Journal of Animal Science*. 60: 69-81.

De Alba Becerra R., Winder J., Holechek J.L., Cardenas M. 1998. Diets of 3 cattle breeds on Chihuahuan Desert rangeland. *Journal Range of Management*. 51: 270-275.

De Diego Sierra V. 1997. La raza Asturiana de la Montaña y los pastos comunales. En: *Aprovechamiento agroambiental de pastos comunales* (ed. Rodríguez Castañón A.A.), pp. 241-257. ASEAVA-ASEAMO, Oviedo.

Demment M.W., Van Soest P.J. 1985. A nutritional explanation for body size patterns of ruminant and non ruminant herbivores. *The American Naturalist*. 125: 641-672.

Díaz N., Piñeiro J., Fernández J.A., Villada E. 1997. Curvas de producción de praderas en la media y alta montaña. En: *Los pastos extensivos: Producir conservando. XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, pp. 241-247. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla.

Díaz González T.E., Fernández Prieto J.A. 1994. La vegetación de Asturias. *Itinera Geobotanica*. 8: 243-528.

Distel R.A., Laca E.A., Griggs T.C., Demment M.W. 1995. Patch selection by cattle: maximisation of intake rate in horizontally heterogeneous pastures. *Applied Animal Behaviour Science*. 45: 11-21.

Dove H., Mayes R.W. 1991. The use of plant wax alkanes as markers substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42: 913-957.

Dove H., Mayes R.W. 2006. Protocol for the analysis of *n*-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. *Nature Protocols*. 1: 1680-1697.

Dove H., Moore A.D. 1995. Using a least-squares optimization procedure to estimate botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax. *Australian Journal of Agricultural Research*. 46: 1535-1544.

Dumont B. 1997. Diet preferences of herbivores at pasture. *Annales de Zootechnie*. 46: 105-116.

Dumont B., Garel J.P., Ginane C., Decuq F., Farruggia A., Pradel P., Rigolot C., Petit M. 2007a. Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal*. 7: 1042-1052.

Dumont B, Rook A.J., Coran C., Röver K. 2007b. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 2. Diet selection. *Grass and Forage Science*. 62: 159-171.

Dunner S., Charlier C., Farnir F., Brouwers B., Canon J., Georges M. 1997. Towards interbreed IBD fine mapping of the mh locus: Double-muscling in the Asturiana de los Valles breed involves the same locus as in the Belgian Blue cattle breed. *Mammalian Genome*. 8: 430-435.

Ennik G.C. 1981. Grass-clover competition especially in relation to N fertilization. In: *Plant physiology and herbage production* (ed. Wright C.E.), pp. 169-172. Occasional Symposium No. 13 British Grassland Society, Hurley, UK.

Erlinger L.L., Tolleson D.R., Brown C.J. 1990. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *Journal of Animal Science*. 68: 3578-3587.

Escribano A.J. 2016. Organic livestock farming – Challenges, perspectives, and strategies to increase its contribution to the agrifood system's sustainability – A review. In: *Organic farming - A promising way of food production* (ed. Konvalina P.), pp. 229-260. InTech.

Escribano A.J., Escribano M., Gaspar P., Mesías F.J. 2015. The contribution of organic livestock to sustainable rural development in sensitive areas. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*. 1: 21-34.

Esterhuizen J., Groenewald L.B., Strydom P.E., Hugo A. 2008. The performance and meat quality of Bonsmara steers raised in a feedlot, on conventional pastures or on organic pastures. *South African Journal of Animal Science*. 38: 303-314.

EUROSTAT. 2016. *Agriculture, forestry and fishery statistics*. European Union, Luxembourg.

Felicísimo Pérez A.M. 1990. El clima de Asturias. En: *Enciclopedia temática de Asturias*, 10 (fasc. 200-202), pp. 179-208. Silverio Cañada, Gijón, Asturias.

Fernández M.I., Woodward B.W. 1999. Comparison of conventional and organic beef production systems I. feedlot performance and production costs. *Livestock Production Science*. 61: 213-223.

Ferreira L.M.M., Garcia U., Rodrigues M.A.M., Celaya R., Dias-da-Silva A., Osoro K. 2007. The application of the *n*-alkane technique for estimating the composition of diets consumed by equines and cattle feeding on upland vegetation communities. *Animal Feed Science and Technology*. 138: 47-60.

Ferreira L.M.M., Celaya R., Benavides R., Jáuregui B.M., García U., Santos A.S., Rosa García R., Rodrigues M.A.M., Osoro K. 2013. Foraging behaviour of domestic herbivore species grazing on heathlands associated with improved pasture areas. *Livestock Science*. 155: 373-383.

Ferrell C.L., Kohlmeier R.H., Crouse J.D., Hudson G. 1978. Influence of dietary energy, protein and biological type of steer upon rate of gain. *Journal of Animal Science*. 46: 255-270.

Ferrer C., San Miguel A., Olea L. 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*. 29: 7-44.

Ferrer Cazcarra R., Petit M., D'Hour P. 1995. The effect of sward height on grazing behaviour and herbage intake of three sizes of Charolais cattle grazing cocksfoot (*Dactylis glomerata*) swards. *Animal Science*. 61: 511-518.

Field R.A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of Animal Science*. 32: 849-858.

Fitzhugh H.A. 1978. Animal size and efficiency, with special reference to the breeding female. *Animal Production*. 27: 393-401.

Fließbach A., Oberholzer H.R., Gunstb L., Mädera P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 118: 273-284.

Frame J., Boyd A.G. 1987. The effect of fertilizer nitrogen rate, white clover variety and closeness of cutting on herbage productivity from perennial ryegrass/white clover swards. *Grass and Forage Science*. 42: 85-96.

Frame J., Laidlaw A.S. 1998. Managing white clover in mixed swards. *Pastos*. 28: 5-33.

Fraser M.D., Davies D.A., Vale J.E., Nute G.R., Hallett K.G., Richardson R.I., Wright I.A. 2009a. Performance and meat quality of native and continental cross steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Livestock Science*. 123: 70-82.

Fraser M.D., Theobald V.J., Davies D.R., Moorby J.M. 2009b. Impact of diet selected by cattle and sheep grazing heathland communities on nutrient supply and faecal micro-flora activity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 129: 367-377.

Fraser M.D., Moorby J.M., Vale J.E., Evans D.M. 2014. Mixed grazing systems benefit both upland biodiversity and livestock production. *PLoS ONE*. 9(2): e89054.

Funston R.N., Kress D.D., Havstad K.M., Doornbos D.E. 1991. Grazing behavior of rangeland beef cattle differing in biological type. *Journal of Animal Science*. 69: 1435-1442.

Gardarin A., Garnier E., Carrère P., Cruz P., Andueza D., Bonis A., Colace M.P., Dumont B., Duru M., Farruggia A., Gaucherand S., Grigulis K., Kernéis É., Lavorel S., Louault F., Loucougaray G., Mesléard F., Yavercovski N., Kazakou E. 2014. Plant trait-digestibility relationships across management and climate gradients in permanent grasslands. *Journal of Applied Ecology*. 51: 1207-1217.



González Díaz J.A., Celaya R., Fraser M.D., Osoro K., Ferreira L.M.M., Fernández García F., González Díaz B., Rosa García R. 2017. Agroforestry systems in northern Spain: the role of land management and socio-economy in the dynamics of landscapes. In: *Agroforestry. Anecdotal to modern science* (eds. Dagar J.C., Tewari V.P.), pp. 189-215. Springer Nature, Singapore.

Gordon I.J. 1989a. Vegetation community selection by ungulates on the isle of Rhum. II. Vegetation community selection. *Journal of Applied Ecology*. 26: 53-64.

Gordon I.J. 1989b. Vegetation community selection by ungulates on the isle of Rhum. III. Determinants of vegetation community selection. *Journal of Applied Ecology*. 26: 65-79.

Goyache F., Villa A., Dunner S., Gutiérrez J.P., Alonso L., Vallejo M., Cañón J. 1996. El programa de mejora genética de la raza Asturiana de los Valles: Importancia de la hipertrofia muscular hereditaria en la raza Asturiana de los Valles. *Bovis*. 69: 45-61.

Grant S.A. 1981. Sward components. In: *Sward measurement handbook*. (eds. Hodgson J., Baker R.D., Davies A., Laidlaw A.S., Leaver J.D.), pp. 71-92. British Grassland Society, Hurley, UK.

Grant S.A., Suckling D.F., Smith H.K., Torvell L., Forbes T.D.A., Hodgson J. 1985. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: the hill grasslands. *Journal of Ecology*. 73: 987-1004.

Grant S.A., Hodgson J. 1986. Grazing effects on species balance and herbage production in indigenous plant communities. In: *Grazing research at northern latitudes* (ed. Gudmundson O.), pp. 69-77. Plenum Publishing Corporation, London.

Grant S.A., Torvell L., Smith H.K., Suckling D.E., Forbes T.D.A., Hodgson J. 1987. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: blanket bog and heather moor. *Journal of Ecology*. 75: 947-960.

Grobet L., Poncelet D., Royo J.L., Brouwers B., Pirottin D., Michaux C., Ménéssier F., Zanotti M., Dunner S., Georges M. 1998. Molecular definition of and allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. *Mammalian Genome*. 9: 210-213.

Hadjigeorgiou I., Osoro K., Fragoso de Almeida J.P., Molle G. 2005. Southern European grazing lands: Production, environmental and landscape management aspects. *Livestock Production Science*. 96: 51-59.

Hansson I., Hamilton C., Ekman T., Forslund K. 2000. Carcass quality in certified organic production compared with conventional livestock production. *Journal of Veterinary Medicine B*. 47: 111-120.

Hart K.J., Huntington J.A., Wilkinson R.G., Bartram C.G., Sinclair L.A. 2015. The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows. *Animal*. 9: 983-991.

Heitschmidt R.K., Dowhower S.L., Pinchak W.E., Canon S.K. 1989. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*. 42: 468-473.

Hejcmanová P., Mládek J. 2012. Diet selection of herbivores on species-rich pastures. In: *Agricultural Research Updates*, Vol. 2 (ed. Hendriks B.P.), pp. 167-206. Nova Science Publishers, Inc., New York, NY, USA.

Herbel C.H., Nelson A.B. 1966. Species preference of Hereford and Santa Gertrudis cattle on a southern New Mexico range. *Journal of Range Management*. 19: 177-181.

Hermansen J.E. 2003. Organic livestock production systems and appropriate development in relation to public expectations. *Livestock Production Science*. 80: 3-15.

Hessle A., Wissman J., Bertilsson J., Burstedt E. 2008. Effect of breed of cattle and season on diet selection and defoliation of competitive plant species in semi-natural grasslands. *Grass and Forage Science*. 63: 86-93.

Hodgson J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*. 44: 339-346.

Hodgson J. 1990. *Grazing management: Science into practice*. John Wiley Longman Scientific and Technical, New York, NY, USA.

Hodgson J., Forbes T.D.A., Armstrong R.H., Beattie M.M., Hunter E.A. 1991. Comparative studies of the ingestive behavior and herbage intake of sheep and cattle grazing indigenous hill plant communities. *Journal of Applied Ecology*. 28: 205-227.

Hodgson J., Clark D.A., Mitchell R.J. 1994. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: *Forage quality and utilization* (eds. Fahey G.C. Jr., Collins M., Mertens D.R., Moser L.E.), pp. 796-827. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.

Hogan J.P., Phillips C.J.C. 2008. Nutrition and the welfare of ruminants. *Annual Review of Biomedical Science*. 10: 33-50.

Hornick J.L., Van Eenaeme C., Gérard O., Dufrasne I., Istasse L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology*. 19: 121-132.

Humada M.J., Sañudo C., Cimadevilla C., Serrano E. 2013. Efecto del sistema de producción y la edad de sacrificio sobre parámetros productivos, calidad de la canal y rendimiento económico de la producción de terneros y añojos de raza Tudanca. *ITEA – Información Técnica Económica Agraria*. 109: 183-200.

Illius A.W., Gordon I.J. 1987. The allometry of food intake in grazing ruminants. *Journal of Animal Ecology*. 56: 989-999.

Jimeno Vinatea V., Castro Madrigal T., Cabezas Albéniz A. 2017. Gestión de costes en cebaderos de terneros. En: *XXI Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina*, pp. 134-139. Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE), Santiago de Compostela.

Kropp J.R., Holloway J.W., Stephens D.F., Knori L., Morrison R.D., Totusek R. 1973. Range behavior of Hereford, Hereford X Holstein and Holstein non-lactating heifers. *Journal of Animal Science*. 36: 797-802.

Lavín P., Martínez A., Osoro K., Hernández C., Mantecón A.R. 2016. Rentabilidad de las explotaciones de vacuno de carne en Asturias: efecto de la raza (Asturiana de los Valles vs Asturiana de la Montaña) y tipo de producción (convencional vs ecológica). *Archivos de Zootecnia*. 65: 453-456.

Le Du Y.L.P., Baker R.D., Barker J.M. 1976. Milk-fed calves: 2. The effect of length of milk feeding period and milk intake upon herbage intake and performance of grazing calves. *Journal of Agricultural Science*. 87: 197-204.

Linnane M.I., Brereton A.J., Giller P.S. 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos Taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*. 71: 277-292.

Lowman B.G., Scott N.A., Somerville S.H. 1976. Condition scoring in suckler cows. *East of Scotland College of Agriculture*, Bulletin No. 6, pp. 1-31.

Mandaluniz N., Aldezabal A., Oregui, L.M. 2009. Atlantic mountain grassland-heathlands: structure and feeding value. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 7: 81-88.

Mandaluniz N., Aldezabal A., Oregui L.M. 2011. Diet selection of beef cattle on Atlantic grassland-heathland mosaic: Are heathers more preferred than expected? *Livestock Science*. 138: 49-55.

MAPAMA – Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2016. *Caracterización del sector vacuno de carne en España. Año 2016*. MAPAMA, Madrid.

MARM – Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010. Razas de ganado del Catálogo Oficial de España. MARM, Madrid.

Martínez A., Piñeiro J. 1994. Efecto del riego en la producción de praderas sembradas en Asturias. En: *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, pp. 203-208. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Santander.

Martínez A., Celaya R., Osoro K. 2007. Comparación del sistema de cebo de terneros añejos en ecológico frente al convencional extensivo en zonas húmedas. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, pp. 365-371. SEEP, Reunión Científica XLVI, Vitoria-Gasteiz.

Martínez A., Aldai N., Celaya R., Osoro K. 2010. Effect of breed body size and the muscular hypertrophy gene in the production and carcass traits of concentrate-finished yearling bulls. *Journal of Animal Science*. 88: 1229-1239.

Martínez A., Celaya R., Oliván M., Román-Trufero A., Castro P., Osoro K. 2014. Posibilidades y limitaciones del cebo ecológico de terneros en Asturias. *Tecnología Agoralimentaria. Boletín informativo del SERIDA*. 13: 37-44.

Martínez-Fernández A., Vicente F., Morales-Almaráz E., Soldado A., de la Roza Delgado B., Argamentería A. 2009. Effects of conventional versus organic management system on perennial ryegrass-white clover rotational grazing pastures: grass allowance, milk yield and quality of grass and milk. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 48: 264.

Maxwell C.L., Krehbiel C.R., Wilson B.K., Johnson B.T., Bernhard B.C., O'Neill C.F., VanOverbeke D.L., Mafi G.G., Step D.L., Richards C.J. 2014. Effects of beef production system on animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*. 92: 5727-5738.

Mayes R.W., Lamb C.S., Colgrove P.M. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science*. 107: 161-170.

Meyer J.H., Hull J.L., Weitkamp W.H., Bonilla S. 1965. Compensatory growth responses of fattening steers following various low energy intake regimes on hay or irrigated pasture. *Journal of Animal Science*. 24: 29-37.

Morley F.H.W. 1981. Management of grazing systems. In: *Grazing animals, World animal science B1* (ed. Morley F.H.W.), pp. 379-400. Elsevier, Amsterdam.

Morris C.A., Wilton W. 1976. Influence of body size on the biological efficiency of cows: a review. *Canadian Journal of Animal Science*. 56: 613-647.

Morris C.A., Baker R.L., Hickey S.M., Johnson D.L., Cullen N.G., Wilson J.A. 1993a. Evidence of genotype by environment interaction for reproductive and maternal traits in beef cattle. *Animal Production*. 56: 69-83.

Morris S.T., Hirschberg S.W., Michel A., Parker W.J., McCutcheon S.N., 1993b. Herbage intake and liveweight gain of bulls and steers continuously stocked at fixed sward heights during autumn and spring. *Grass and Forage Science*. 48: 109-117.

NFACC – National Farm Animal Care Council. 2013. *Code of practice for the care and handling of beef cattle*. Canadian Cattlemen's Association, NFACC, Calgary, Canada.

Nuño I., Sánchez Miyares L., de la Roza B., Martínez A., Antuña A., Cornejo E.S., Argamentería A. 1990. Evolución de la producción y valor nutritivo de praderas naturales y sembradas aprovechadas en pastoreo rotacional en la zona costera de Asturias. En: *XXX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, pp. 419-426. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, San Sebastián.

Ortega M.E., de la Mano D., Fernández S., Garrido Salazar B. 2011. *El monte en Asturias*. Consejería de Medio Rural y Pesca, Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo.

Osoro K. 1986. Efecto de las principales variables de manejo sobre los parámetros reproductivos en las vacas de cría. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*. 1: 89-111.

Osoro K. 1987. Valor nutritivo y utilización de los pastos de montaña. *Información técnica 3/87*. Consejería de Agricultura y Pesca del Principado de Asturias.



Osoro K. 1989. Manejo de las reservas corporales y utilización del pasto en los sistemas de producción de carne con vacas madres establecidos en zonas húmedas. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animales*. 4: 207-240.

Osoro K., Wright I.A. 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. *Journal of Animal Science*. 70: 1661-1666.

Osoro K., Oliván M., Celaya R. 1995. Comportamiento y rendimiento de las vacas de cría manejadas en comunidades vegetales de montaña. *Bovis*. 67: 23-38.

Osoro K., Oliván M., Celaya R. 1998. Comportamiento productivo de las vacas de cría en comunidades vegetales de montaña constituidas por *Agrostis-Festuca-Nardus-Calluna* y dominadas por herbáceas. *ITEA – Información Técnica Económica Agraria*. 94A: 109-124.

Osoro K., Fernández-Prieto E., Celaya R., Noval G., Alonso L., Castro P. 1999a. Respuesta productiva de dos razas de ganado vacuno manejadas en dos cubiertas vegetales de montaña. *ITEA – Información Técnica Económica Agraria*. 95A: 188-203.

Osoro K., Oliván M., Celaya R., Martínez A. 1999b. Effects of genotype on the performance and intake characteristics of sheep grazing contrasting hill vegetation communities. *Animal Science*. 69: 419-426.

Osoro K., Celaya R., Martínez A., Zorita E. 2000. Pastoreo de las comunidades vegetales de montaña por rumiantes domésticos: producción animal y dinámica vegetal. *Pastos*. 30: 3-50.

Osoro K., Martínez A., Castro P. 2003. *Desarrollo de sistemas eficientes de producción de carne de calidad en zonas bajas*. SERIDA, KRK ediciones, Oviedo.

Osoro K., Martínez A., García U., Celaya R., Castro P. 2005. Nutrición del vacuno de carne en extensivo. En: *X Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina*, pp. 27-40. Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE), San Sebastián.

Osoro K., Ferreira L.M.M., García U., Martínez A., Celaya R. 2017. Forage intake, digestibility and performance of cattle, horses, sheep and goats grazing together on an improved heathland. *Animal Production Science*. 57: 102-109.

Pacini C., Wossink A., Giesen G., Vazzana C., Huirne R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 95: 273-288.

Pauselli M. 2009. Organic livestock production system as a model of sustainable development. *Italian Journal of Animal Science* 8 (sup2): 581-587.

Pavlů V., Hejcman M., Pavlů L., Gaisler J., Nežerková P. 2006. Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 113: 349-355.

Piedrafita J., Quintanilla R., Sañudo C., Panea B., Olleta J.L., Campo M.M., Panea B., Renand G., Turin F., Jabet S., Osoro K., Oliván M., Noval G., García P., García M.D., Oliver M.A., Guispert M., Serra X., Espejo M., García S., López M., Izquierdo M. 2003. Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Livestock Production Science*. 82: 1-13.

Putman R.J., Pratt R.M., Ekins J.R., Edwards P.J. 1987. Food and feeding behaviour of cattle and ponies in the New Forest, Hampshire. *Journal of Applied Ecology*. 24: 369-380.

Realini C.E., Hodgson J., Morris S.T., Purchas R.W. 1999. Effect of sward surface height on herbage intake and performance of finishing beef cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42: 155-164.

Ripoll G., Albertí P., Álvarez-Rodríguez J., Blasco I., Sanz A. 2016. Body size, carcass and meat quality of three commercial beef categories of 'Serrana de Teruel' breed. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 14: e0604.

Robertson J.B., Van Soest P.J. 1981. The detergent system of analysis. In: *The analysis of dietary fibre in food* (eds. James W.P.T., Theander O.), pp. 123-158. Marcel Dekker, New York, NY, USA.

Rodríguez Castañón A.A., Argamentería Gutiérrez A. 1995. Estimación del aprovechamiento forrajero de prados de montaña a partir de datos de manejo de explotaciones vacunas. *Pastos*. 25: 115-123.

Rodríguez Castañón A.A. (ed.) 1996. *Aprovechamiento agroambiental de pastos comunales*. ASEAVA-ASEAMO, Oviedo.

Rodríguez Castañón A., Goyache F. 1996. El programa de mejora genética de la raza Asturiana de los Valles: Sistemas de producción llevados a cabo con la raza Asturiana de los Valles. *Bovis*. 69: 13-24.

SADEI – Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales. 2017. Instituto Asturiano de Estadística, Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo. [www.sadei.es](http://www.sadei.es)

Sainz R.D., De la Torre F., Oltjen J.W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. *Journal of Animal Science*. 73: 2971-2979.

Román-Trufero A., Martínez A., García-Espina M.J., Oliván M., Osoro K., Castro P., Celaya R. 2014. Cebo en extensivo de terneros añojos bajo manejo convencional o ecológico en praderas asturianas. En: *XIX Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina*, pp. 304-305. Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE), Oviedo.

Román-Trufero A., Martínez A., García-Prieto V., Rosa-García R., Osoro K., Celaya R. 2016. Grazing behavior and body-weight gains of steers grazing at Cantabrian mountain pastures. In: *Mountain pastures and livestock farming facing uncertainty: environmental, technical and socio-economic challenges*. *Options Méditerranéennes, Serie A (Mediterranean Seminars)*. 116: 149-152.

Rook A.J., Dumont B., Isselstein J., Osoro K., WallisDeVries M.F., Parente G., Mills J. 2004. Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. *Biological Conservation*. 119: 137-150.

Sæther N.H., Sickel H., Norderhaug A., Sickel M., Vangen O. 2006. Plant and vegetation preferences for a high and moderate yielding Norwegian dairy cattle breed grazing semi-natural mountain pastures. *Animal Research*. 55: 367-387.

Salcedo G., Sarmiento M. 1994. Composición nutritiva de las praderas aprovechadas bajo pastoreo rotacional, en la zona costera de Cantabria. En: *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, pp. 313-317. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Santander.

Scales G.H., Lewis K.H.C. 1971. Compensatory growth in yearling beef cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 31: 51-61.

Seman D.H., Freer M.H., Stuedemann J.A., Wilkinson S.R. 1991. Simulating the influence of stocking rate, sward height and density on steer productivity and grazing behavior. *Agricultural Systems*. 37: 165-181.

Servicio de Genética – UCM (Universidad Complutense de Madrid). 2011a. *Programa de mejora de la raza bovina Asturiana de la Montaña*. ASEAMO – Ministerio de Medio ambiente, y Medio Rural y Marino.

Servicio de Genética – UCM (Universidad Complutense de Madrid). 2011b. *Programa de mejora de la raza bovina Asturiana de los Valles*. ASEAVA – Ministerio de Medio ambiente, y Medio Rural y Marino.

Siardos G.C. 2002. The impact of organic agriculture on socio-economic structures. In: *Organic meat and milk from ruminants* (eds. Kyriazakis I., Zervas G.), pp. 73-86. European Association for Animal Production publ. No. 106. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.

Sierra V., Guerrero L., Fernández-Suárez V., Martínez A., Castro P., Osoro K., Rodríguez-Colunga M.J., Coto-Montes A., Oliván M. 2010. Eating quality of beef from biotypes included in the PGI “Ternera Asturiana” showing distinct physicochemical characteristics and tenderization pattern. *Meat Science*. 86: 343-351.

Thomson D.J. 1984. The nutritive value of white clover. In: *Forage legumes* (ed. Thomson D.J.), pp. 78-92. Occasional Symposium No. 16 British Grassland Society, Maidenhead, Berkshire, UK.

Vallejo M., Alonso L., Revuelta J.R., Cima M., Cañón J. 1991. Características de las canales de las razas bovinas asturianas. I. Bases cuantitativas de la valoración subjetiva. *Archivos de Zootecnia*. 40: 335-357.

Vallejo M., Gutiérrez J.P., Alonso L., Cañón J., Revuelta J.R., Goyache F., Cima M. 1992a. Características de las canales de las razas bovinas asturianas. II. Valoración cuantitativa y predicción de la composición tisular de canales en la raza Asturiana de la Montaña. *Archivos de Zootecnia*. 41: 645-656.

Vallejo M., Gutiérrez J.P., Cima M., Cañón J., Alonso L., Revuelta J.R., Goyache F. 1992b. Características de las canales de las razas bovinas asturianas. III. Valoración cuantitativa y predicción de la composición tisular de canales en la raza Asturiana de los Valles. *Archivos de Zootecnia*. 42: 29-40.

Van Ryssen J.B.J. 2003. Organic meat and milk production: 2. Achieving the objectives. *South African Society for Animal Science: Popular-scientific articles*. 4: 7-13.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.

Vercoe J.E., Frisch J.E. 1992. Genotype (breed) and environment interaction with particular reference to cattle in the tropics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 5: 401-409.

Veysset P., Lherm M., Bébin D. 2011. Productive, environmental and economic performances assessments of organic and conventional suckler cattle farming systems. *Organic Agriculture*. 1: 1-16.

Vieira C., Cerdeño A., Serrano E., Lavín P., Mantecón A.R. 2007. Breed and ageing extent on carcass and meat quality of beef from adult steers (oxen). *Livestock Science*. 107: 62-69.

Villa Terrazas A. 1997. La raza Asturiana de los Valles y su entorno. En: *Aprovechamiento agroambiental de pastos comunales* (ed. Rodríguez Castañón A.A.), pp. 259-295. ASEAVA-ASEAMO, Oviedo.

Walker J.W., Hansen R.M., Rittenhouse L.R. 1981. Diet selection of Hereford, Angus x Hereford and Charolais x Hereford cows and calves. *Journal of Range Management*. 34: 243-245.

Weller R.F., Cooper A. 2001. Seasonal changes in the crude protein concentration of mixed swards of white clover/perennial ryegrass grown without fertilizer N in an organic farming system in the United Kingdom. *Grass and Forage Science*. 56: 92-95.

Willms W.D., Smoliak S., Schaalje G.B. 1986. Cattle weight gains in relation to stocking rate on rough fescue grassland. *Journal of Range Management*. 39: 182-187.

Wilman D., Altimini M.A.K. 1984. The in-vitro digestibility and chemical composition of plant parts in white clover, red clover and lucerne during primary growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 35: 133-138.

Winder J.A., Walker D.A., Bailey C.C. 1996. Effect of breed on botanical composition of cattle diets on Chihuahuan desert. *Journal of Range Management*. 49: 209-214.

Witter E., Martensson A.M., Garcia F.V. 1993. Size of the soil microbial biomass in a long-term field experiment as affected by different N-fertilizers and organic manures. *Soil Biology and Biochemistry*. 25: 659-669.

Woodward B.W., Fernández M.I. 1999. Comparison of conventional and organic beef production systems II. Carcass characteristics. *Livestock Production Science*. 61: 225-231.

Wright I.A., Russel J.F., Hunter E.A. 1986. The effect of winter food level on compensatory growth of weaned, suckled calves grazed at two sward heights. *Animal Production*. 43: 211-223.

Wright I.A., Russel J.F., Hunter E.A. 1989. Compensatory growth in cattle grazing different vegetation types. *Animal Production*. 48: 43-50.



Wright I.A., Whyte T.K. 1989. Effects of sward surface height on the performance of continuously stocked spring-calving beef cows and their calves. *Grass and Forage Science*. 44: 259-266.

Wright I.A., Whyte T.K., Osoro K. 1990. The herbage intake and performance of autumn calving beef cows and their calves when grazing continuously at two sward heights. *Animal Production*. 51: 85-92.

Wright I.A., Jones J.R., Maxwell T.J., Russel A.J.F., Hunter E.A. 1994. The effect of genotype x environment interactions on biological efficiency in beef cows. *Animal Production*. 58: 197-207.

Yarrow N.H., Penning P.D., Johnson R.H. 1996. The effect of plane of winter nutrition and sward height on the performance of steers grazing grass/white clover swards. *Grass and Forage Science*. 51: 424-433.

Yarrow N.H., Penning P.D. 2001. The liveweight gain of Limousin x Friesian heifers grazing perennial ryegrass/white clover swards of different clover content and the effects of their grazing on sward botanical composition. *Grass and Forage Science*. 56: 238-248.