

Universidad de Zaragoza
Facultad de Veterinaria



TESIS DOCTORAL

**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**

ISABEL CASASÚS PUEYO

Zaragoza, 1998

Servicio de Investigación Agroalimentaria
Gobierno de Aragón

A mis padres y a Javier

A Luis

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido a la elaboración de esta tesis.

A Ricardo Revilla, porque contra viento y marea ha hecho posible este trabajo, y por su constante orientación y apoyo en todos estos años.

A Albi, Ramón y Dani, por ser el mejor equipo con que se puede contar y porque sin su ayuda en los ensayos y sus comentarios sobre el texto, esta tesis no habría sido ni la mitad.

Al personal laboral del SIA, especialmente a Angel, José Manuel, Javier, Miguel Angel, Carlos, Javier, Fidel, Fernando, Ramiro y Pepe, por el seguimiento técnico de las experiencias; y a los habitantes de Bescós, por hacerme sentir en casa.

A José Luis Olleta, por aceptar la dirección de mi Programa de Doctorado y por su colaboración desinteresada.

Al Servicio de Investigación Agraria del Gobierno de Aragón, en cuyas instalaciones se ha realizado este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, por la concesión de dos becas de introducción a la investigación y una de tipo predoctoral, que han dado como fruto esta memoria.

A los compañeros de la Unidad de Tecnología en Producción Animal del SIA que de una u otra manera han colaborado en la realización de este trabajo. Muy especialmente a los muchos y muy buenos compañeros de comidas y cafés, por su amistad y los buenos ratos, y a Clara, además, por el apoyo logístico.

A los amigos de siempre, y a los compañeros de viaje a Huesca.

A mi familia y a Luis, por haber estado siempre ahí... y por todo.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | 1 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 9 |
| 2.1. Mecanismos de regulación de la ingestión de alimentos | 9 |
| 2.1.1. Mecanismos de control a corto plazo | 9 |
| 2.1.2. Mecanismos de control a largo plazo | 11 |
| 2.1.3. Particularidades de la regulación de la ingestión en pastoreo. | 12 |
| 2.2. Factores que influyen en la ingestión voluntaria de alimentos. | 13 |
| 2.2.1. Factores ligados al animal | 14 |
| 2.2.1.1. Peso vivo | 14 |
| 2.2.1.2. Sexo | 15 |
| 2.2.1.3. Estado fisiológico | 15 |
| 2.2.1.4. Número de parto | 17 |
| 2.2.1.5. Producción de leche | 17 |
| 2.2.1.6. Estado de engrasamiento | 18 |
| 2.2.1.7. Raza | 18 |
| 2.2.1.8. Variabilidad individual. | 19 |
| 2.2.2. Factores ligados al alimento. | 20 |
| 2.2.2.1. Digestibilidad. | 20 |
| 2.2.2.2. Contenido en paredes celulares. | 21 |
| 2.2.2.3. Forma de presentación. | 21 |
| 2.2.2.4. Contenido en agua. | 22 |
| 2.2.2.5. Palatabilidad. | 22 |
| 2.2.3. Factores ligados al manejo y al ambiente | 23 |
| 2.2.3.1. Equilibrio nutricional del animal. | 23 |
| 2.2.3.2. Métodos de alimentación | 23 |
| 2.2.3.3. Ambiente. | 24 |
| 2.2.4. Factores particulares que afectan a la ingestión en pastoreo | 25 |
| 2.2.4.1. Biomasa herbácea | 26 |
| 2.2.4.2. Disponibilidad de hierba | 27 |
| 2.2.4.3. Altura de la hierba. | 27 |
| 2.2.4.4. Estructura / densidad del pasto | 29 |
| 2.2.4.5. Composición botánica del pasto. | 30 |
| 2.2.4.6. Estado fenológico. | 31 |
| 2.2.4.7. Manejo del pasto | 32 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | 35 |
| 3.1. Finca experimental | 35 |
| 3.2. Animales | 37 |
| 3.3. Manejo general | 38 |
| 3.3.1. Manejo alimenticio | 39 |
| 3.3.1.1. En estabulación | 39 |
| 3.3.1.2. En pastoreo | 39 |
| - Praderas de fondo de valle | 39 |

| | |
|---|-----------|
| - Pastos forestales | 39 |
| - Pastos de puerto | 41 |
| 3.3.2. Manejo reproductivo | 43 |
| 3.4. Controles realizados | 44 |
| 3.4.1. Peso | 44 |
| 3.4.2. Condición corporal | 45 |
| 3.4.3. Producción de leche | 45 |
| 3.4.4. Ingestión de alimentos | 45 |
| 3.4.5. Biomasa y altura del pasto | 45 |
| 3.4.6. Comportamiento en pastoreo | 46 |
| 4. CAPACIDAD DE INGESTIÓN DE GANADO VACUNO DE RAZA PARDA ALPINA Y PIRENAICA | 47 |
| 4.1. Objetivos. | 47 |
| 4.2. Material y métodos | 47 |
| 4.2.1. Protocolo experimental. | 47 |
| 4.2.1.1. Animales jóvenes (ensayos a.1 y a.2.) | 47 |
| 4.2.1.2. Vacas gestantes (ensayos b.1, b.2 y b.3) | 47 |
| 4.2.1.3. Vacas lactantes (ensayo c) | 48 |
| 4.2.2. Medidas | 48 |
| - Capacidad de ingestión. | 48 |
| - Calidad de la dieta. | 49 |
| - Animales. | 50 |
| 4.2.3. Análisis estadístico. | 50 |
| 4.3. Resultados | 50 |
| 4.3.1. Ensayo a.1 | 50 |
| 4.3.2. Ensayo a.2 | 52 |
| 4.3.3. Ensayo b.1 | 53 |
| 4.3.4. Ensayo b.2 | 54 |
| 4.3.5. Ensayo b.3 | 57 |
| 4.3.6. Ensayo c | 58 |
| 4.3.7. Análisis global de los ensayos realizados. | 60 |
| 4.4. Discusión | 62 |
| 4.4.1. Comparación de la capacidad de ingestión en animales de raza Parda Alpina y Pirenaica . . | 62 |
| 4.4.2. Comparación de los resultados con los obtenidos en otras razas. | 65 |
| 4.4.3. Validación de ecuaciones de predicción de la ingestión | 69 |
| 4.5. Conclusiones | 74 |
| 5. RENDIMIENTOS DE VACAS RAZA PARDA ALPINA Y PIRENAICA Y SUS TERNEROS DURANTE EL PASTOREO DE PRIMAVERA EN PRADERAS | 75 |
| 5.1. Objetivos | 75 |
| 5.2. Material y métodos. | 75 |
| 5.2.1. Diseño experimental. | 75 |
| 5.2.2. Animales | 75 |
| 5.2.3. Manejo del pasto | 76 |
| 5.2.4. Medidas | 76 |

| | |
|---|------------|
| - Animales | 76 |
| - Hierba | 76 |
| - Comportamiento en pastoreo | 77 |
| 5.2.5. Análisis estadístico | 77 |
| 5.3. Resultados | 77 |
| 5.3.1. Hierba | 77 |
| 5.3.2. Rendimientos de los animales | 78 |
| 5.3.3. Comportamiento en pastoreo | 83 |
| 5.4. Discusión | 86 |
| 5.5. Conclusiones | 92 |
| 6. PAPEL DEL PASTOREO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VACUNO EN EL PIRINEO | 95 |
| 6.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RECUPERACIÓN DE PESO EN PASTOREO | 95 |
| 6.1.1. Objetivos | 95 |
| 6.1.2. Material y métodos | 95 |
| 6.1.2.1. Rebaño con partos de otoño | 97 |
| 6.1.2.2. Rebaño con partos de primavera | 98 |
| 6.1.2.3. Análisis estadístico | 100 |
| 6.1.3. Resultados | 101 |
| 6.1.3.1. Rebaño con partos de otoño | 101 |
| a) Rendimientos durante el pastoreo de primavera en pastos forestales | 102 |
| b) Rendimientos durante el pastoreo de verano en puertos | 104 |
| c) Rendimientos globales durante la estación de pastoreo | 107 |
| d) Variación de peso interanual | 110 |
| 6.1.3.2. Rebaño con partos de primavera | 110 |
| a) Rendimientos durante el pastoreo estival en puertos | 111 |
| b) Rendimientos durante el pastoreo de otoño en áreas boscosas | 115 |
| c) Rendimientos globales durante la estación de pastoreo | 117 |
| d) Variación de peso interanual | 120 |
| e) Rendimientos de los terneros | 121 |
| 6.1.3.3. Comparación de las variaciones de peso en función de la época de parto | 124 |
| 6.2. CONTRIBUCIÓN DEL PASTOREO A LOS APORTES ENERGÉTICOS ANUALES Y EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN | 129 |
| 6.2.1. Objetivos | 129 |
| 6.2.2. Material y métodos | 129 |
| 6.2.2.1. Estimación de las necesidades energéticas | 130 |
| - Necesidades de mantenimiento | 131 |
| - Necesidades de producción de leche | 131 |
| - Necesidades energéticas de gestación | 132 |
| - Cambios energéticos relacionados con la movilización-reconstitución de reservas .. | 132 |
| 6.2.2.2. Análisis estadístico | 135 |
| 6.2.3. Resultados | 135 |
| 6.2.3.1. Duración de los ciclos productivos estudiados | 137 |
| 6.2.3.2. Distribución de los AEE recibidos de la dieta en función de la época de parto .. | 137 |
| a) AEE en el ciclo productivo | 137 |

| | |
|---|------------|
| b) AEE durante la estación de pastoreo. | 138 |
| c) AEE en establo. | 140 |
| 6.2.3.3. Distribución de los AEE recibidos de la dieta en función de la raza. | 141 |
| a) AEE en el ciclo productivo | 141 |
| b) AEE durante la estación de pastoreo. | 142 |
| c) AEE en estabulación | 143 |
| 6.2.3.4. Eficiencia biológica de la producción de terneros en función del manejo y la raza. | 145 |
| a) Eficiencia biológica en función de la época de parto. | 145 |
| b) Eficiencia biológica en función de la raza | 146 |
| 6.3. DISCUSIÓN | 147 |
| 6.3.1. Consideraciones sobre la metodología utilizada para la medida de los rendimientos en pastoreo y la estimación de los AEE | 147 |
| 6.3.1.1. Medida de las variaciones de peso | 147 |
| 6.3.1.2. Estimación de los AEE | 149 |
| a) Cálculo de las necesidades | 149 |
| b) Medida de los rendimientos | 151 |
| 6.3.2. Duración de los ciclos productivos | 152 |
| 6.3.3. Efecto del nivel nutricional previo sobre los rendimientos en pastoreo | 154 |
| 6.3.4. Efecto del orden de parto sobre los rendimientos en pastoreo | 156 |
| 6.3.5. Efecto de la época de parto sobre los rendimientos en pastoreo y la eficiencia biológica de la producción | 159 |
| a) Efecto de la época de parto sobre los rendimientos en pastoreo | 159 |
| b) Efecto de la época de parto sobre la evolución del peso a lo largo del ciclo productivo | 161 |
| c) Efecto de la época de parto sobre los aportes energéticos obtenidos de la dieta | 167 |
| d) Efecto de la época de parto sobre la eficiencia biológica de la producción de terneros | 168 |
| 6.3.6. Efecto de la raza sobre los rendimientos en pastoreo y la eficiencia biológica de la producción | 170 |
| a) Efecto de la raza sobre los rendimientos en pastoreo | 170 |
| b) Efecto de la raza sobre la evolución del peso a lo largo del ciclo productivo | 172 |
| c) Efecto de la raza sobre los aportes energéticos obtenidos de la dieta | 173 |
| d) Efecto de la raza sobre la eficiencia biológica de la producción de terneros | 173 |
| 6.3.7. Conclusiones | 176 |
| 7. CONSIDERACIONES FINALES | 177 |
| 8. CONCLUSIONES | 185 |
| 9. RESUMEN | 187 |
| 10. SUMMARY | 189 |
| 11. BIBLIOGRAFIA | 191 |

El presente trabajo se ha realizado gracias a la financiación de los siguientes organismos:

- Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (Proyecto de Ganadería de Montaña nº 100)
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Proyecto SC94-072)
- Unión Europea (Proyectos DG-VI-8001-CT-90-002 y DG-VI-AIR-CT 1124)

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Factores fundamentales que afectan a la ingestión voluntaria de alimentos (Ingvarstsen, 1994) | 14 |
| Tabla 2: Pluviometría y temperaturas medias registradas en Bescós de la Garcipollera entre 1987 y 1996 | 36 |
| Tabla 3: Evolución de la calidad de la hierba tras el pastoreo (en Torrano et al., 1997) | 40 |
| Tabla 4: Características de los animales utilizados en los diferentes ensayos de capacidad de ingestión | 48 |
| Tabla 5: Duración de cada ensayo y frecuencia de registros de ingestión | 49 |
| Tabla 6: Características de los alimentos utilizados en los distintos ensayos | 49 |
| Tabla 7: Pesos y ganancia media diaria de las novillas de raza Parda Alpina y Pirenaica del ensayo a.1 | 51 |
| Tabla 8: Ingestión diaria de granulado de alfalfa por novillas de un año de edad de raza Parda Alpina y Pirenaica | 51 |
| Tabla 9: Pesos y ganancias de las novillas de raza Parda Alpina y Pirenaica utilizadas en el ensayo a.2 | 52 |
| Tabla 10: Ingestión diaria de heno de pradera por novillas de un año y medio de edad | 52 |
| Tabla 11: Peso, condición corporal y ganancias de las vacas Pardas y Pirenaicas utilizadas en el ensayo b.1 | 53 |
| Tabla 12: Ingestión diaria de heno de pradera por vacas de ambas razas a mitad de gestación | 54 |
| Tabla 13: Características de los animales utilizadas en el ensayo b.2. | 55 |
| .. | |
| Tabla 14: Ingestión diaria de paja de cebada por vacas Pardas y Pirenaicas en último tercio de gestación | 55 |
| Tabla 15: Ingestión diaria de heno de pradera por vacas Pardas y Pirenaicas en último tercio de gestación | 57 |
| Tabla 16: Características de las vacas lactantes de ambas razas utilizadas en el ensayo c | 58 |
| Tabla 17: Pesos y ganancias de los terneros y producción de leche de las vacas utilizadas en el ensayo c | 59 |
| Tabla 18: Consumo diario de alfalfa deshidratada por vacas Pardas y Pirenaicas en el primer tercio de la lactación | 59 |
| Tabla 19: Digestibilidad de la materia orgánica de los alimentos utilizados en la base bibliográfica | 66 |
| Tabla 20: Frecuencias de tipos raciales y estados fisiológicos en los datos de la base bibliográfica | 66 |
| Tabla 21: Ingestión de MS en función del tipo racial y estado fisiológico | 67 |
| Tabla 22: Ecuaciones de predicción utilizadas para contrastar los resultados obtenidos | 70 |
| Tabla 23: Diferencia entre la ingestión real y la estimada según las ecuaciones de predicción que presentaron un error de estimación inferior al 20% | 71 |
| Tabla 24: Composición (g/kg MS) de los alimentos utilizados durante la fase de estabulación | 75 |
| Tabla 25: Composición de la hierba, altura y disponibilidad durante el periodo de pastoreo | 78 |
| Tabla 26: Rendimientos de las vacas y los terneros durante la fase de pastoreo | 79 |
| Tabla 27: Producción de leche a la salida a la pradera y durante la fase de pastoreo | 81 |
| Tabla 28: Comportamiento ingestivo de las vacas durante la fase de pastoreo | 83 |
| Tabla 29: Distribución anual de vacas primíparas o múltiparas con parto de otoño | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 30: Distribución anual de vacas primíparas o múltiparas de raza Parda Alpina o Pirenaica con parto en primavera | 99 |
| Tabla 31: Medias aritméticas y error standard de los rendimientos obtenidos por vacas de raza Parda múltiparas y primíparas con parto en otoño | 102 |
| Tabla 32: Ganancia media diaria (kg) obtenida en primavera en pastos de monte, en función del orden de parto de las vacas y del año de estudio | 103 |
| Tabla 33: Ganancia media diaria (kg) registrada en verano en los pastos de puerto, en función del orden de parto de las vacas y del año de estudio | 105 |
| Tabla 34: Medias aritméticas y error standard de los rendimientos obtenidos por vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica múltiparas y primíparas con parto en primavera | 111 |
| Tabla 35: Ganancia de peso de las vacas de parto en primavera durante el pastoreo estival en puertos, en función la raza, del orden de parto de las vacas y del año de estudio | 112 |
| Tabla 36: Ganancias de peso diarias y totales (kg) observadas durante el pastoreo de verano en puertos en vacas de secas y lactantes | 114 |
| Tabla 37: Variación de peso diaria (kg) durante el pastoreo de otoño en áreas boscosas, en función del año, la raza y del orden de parto de las vacas. | 116 |
| Tabla 38: Ganancias de peso (kg) reales y corregidas (peso del útero grávido) alcanzadas en pastoreo de áreas boscosas en otoño por vacas vacías y gestantes | 117 |
| Tabla 39: Pesos y crecimientos de los terneros en función de su raza, sexo y el orden de parto de la madre | 123 |
| Tabla 40: Ganancias diarias alcanzadas en las distintas superficies pastables por las vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y en primavera | 125 |
| Tabla 41: Ecuaciones utilizadas para el cálculo de las necesidades energéticas (MJ EN/día) para las distintas funciones fisiológicas | 130 |
| Tabla 42: Desplazamientos en horizontal y vertical registrados en las diferentes épocas de pastoreo | 131 |
| Tabla 43: Funciones fisiológicas para las que se han estimado las necesidades energéticas en cada periodo, para vacas con parto en primavera o en otoño | 133 |
| Tabla 44: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) procedentes de la dieta anual en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas | 138 |
| Tabla 45: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos del pasto en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas | 139 |
| Tabla 46: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en estabulación en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas. | 140 |
| Tabla 47: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) procedentes de la dieta anual en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas. | 141 |
| Tabla 48: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en pastoreo en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas. | 142 |
| Tabla 49: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en estabulación en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas | 143 |
| Tabla 50: Pesos y ganancias de los terneros y eficiencia biológica de su producción en función de la época de parto y de la raza | 145 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema simplificado del papel de las reservas corporales en la regulación de la ingestión en situación lipolítica (Faverdin et al., 1997) | 11 |
| Figura 2: Evolución de la ingestión voluntaria de heno y paja por vacas de cría en torno al parto: efecto de la calidad del forraje (Petit et al., 1987) | 16 |
| Figura 3: Evolución de la ingestión de heno en el pre- y el post-parto en vacas de cría de cuatro pautas diferentes de ingestión pre-parto (Ingrand y Agabriel, 1997) | 16 |
| Figura 4: Relaciones entre las características del forraje, el control de la ingestión a corto plazo, el comportamiento alimenticio y la ingestibilidad (Baumont et al., 1997) | 20 |
| Figura 5: Relación entre el ritmo de ingestión de hierba fresca y seca y el tiempo de pastoreo diario con la biomasa herbácea (Allden y Whittaker, 1970) | 26 |
| Figura 6: Relación entre la frecuencia y el tamaño de bocados y el ritmo de ingestión con la altura del pasto (Allden y Whittaker, 1970) | 28 |
| Figura 7: Localización geográfica de la estación experimental de "La Garcipollera" | 35 |
| Figura 8: Diagrama ombrotérmico de la estación de Bescós de la Garcipollera. | 36 |
| Figura 9: Manejo general del rebaño con partos en otoño. | 43 |
| Figura 10: Manejo general del rebaño con partos en primavera. | 44 |
| Figura 11: Ingestión de alfalfa deshidratada por las novillas del ensayo a.1 | 51 |
| Figura 12: Ingestión diaria de heno de pradera por las novillas de ambas razas a lo largo del ensayo a.2 | 53 |
| Figura 13: Ingestión de heno de pradera por las vacas del ensayo b.1 | 54 |
| Figura 14: Relación entre la ingestión diaria de paja y el estado de gestación | 56 |
| Figura 15: Ingestión de paja de cebada por las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo b.2 | 56 |
| Figura 16: Ingestión diaria de heno de pradera en función del estado de gestación | 57 |
| Figura 17: Ingestión de heno de pradera por las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo b.3. | 58 |
| Figura 18: Evolución de la ingestión de alfalfa deshidratada y la producción lechera (4% grasa) medias a lo largo del ensayo c | 60 |
| Figura 19: Relación entre la MSI observada en los ensayos realizados y la estimada en función del peso del animal y su producción de leche y la digestibilidad del alimento | 61 |
| Figura 20: Relación entre la ingestión y la digestibilidad de los alimentos utilizados en la base bibliográfica | 67 |
| Figura 21: Relación entre la MSI observada en los ensayos a.1 y a.2 y la estimada según las ecuaciones de predicción de Troccon (1987) y Mertens (1994). | 73 |
| Figura 22: Relación entre la MSI observada en los ensayos b.2 y b.3 y la estimada según las ecuaciones de Agabriel y Petit (1987) y Petit et al. (1987) | 73 |
| Figura 23: Evolución de la disponibilidad y altura del pasto y del contenido en proteína y fibra ácido-detergente a lo largo del periodo de utilización de la pradera | 78 |
| Figura 24: Evolución del peso de las vacas y los terneros en el periodo de estabulación pre-experimental y durante el pastoreo en praderas | 80 |
| Figura 25: Evolución de la producción lechera a lo largo del ensayo | 81 |
| Figura 26: Relación de la ganancia de condición corporal con el estado corporal a la salida al pasto y la producción de leche durante el ensayo | 82 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27: Evolución del tiempo de pastoreo diario (minutos) y la frecuencia de bocados (bocados/minuto) en los animales de ambas razas a lo largo del ensayo | 83 |
| Figura 28: Correlaciones del tiempo de pastoreo diario (minutos) y la frecuencia de bocados (bocados/minuto) con la altura (cm) y la biomasa herbácea (kg MS/ha) | 84 |
| Figura 29: Pautas de pastoreo (minutos/hora) de las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo | 85 |
| Figura 30: Estimación de las necesidades energéticas (MJ EN/día) cubiertas por los aportes recibidos de la dieta en ambas razas en estabulación y en pastoreo. Reparto de los aportes entre las necesidades de mantenimiento, lactación y ganancia de peso | 90 |
| Figura 31: Manejo de las vacas con parto en otoño durante los cuatro períodos del ciclo anual . | 97 |
| Figura 32: Manejo de las vacas con parto en primavera durante los cuatro períodos del ciclo anual | 99 |
| Figura 33: Relación entre la GMD en primavera y en estabulación | 104 |
| Figura 34: Relación entre la GMD en puertos y la GMD durante el pastoreo de primavera en monte | 106 |
| Figura 35: Relación entre la GMD en puertos y el día de gestación a la bajada de puerto | 106 |
| Figura 36: Ganancias totales de peso en pastoreo (kg) observadas en vacas primíparas y multíparas de raza Parda Alpina con parto en otoño en el periodo 1989-1996 | 108 |
| Figura 37: Relación entre la GMD global durante el periodo de pastoreo y la GMD en estabulación | 109 |
| Figura 38: Relación entre la GMD en pastoreo y el día de gestación a la bajada de puerto | 109 |
| Figura 39: Ganancias de peso observadas en ambas razas cada año durante el periodo de pastoreo en puerto | 113 |
| Figura 40: Relación entre las GMDs observadas en puerto y durante la fase de lactación en establo | 113 |
| Figura 41: Relación entre la GMD observada en puerto y el peso a la subida a puerto | 114 |
| Figura 42: Variaciones de peso durante el otoño de las dos razas en cada año de estudio | 116 |
| Figura 43: Ganancia de peso durante la estación de pastoreo en vacas primíparas y multíparas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera en el periodo 1988-1996 | 118 |
| Figura 44: Relación entre la GMD observada en la estación de pastoreo y el peso a la subida a puerto | 119 |
| Figura 45: Relación entre las GMDs observadas en pastoreo y durante la lactación en establo . | 119 |
| Figura 46: Pesos medios (reales y corregidos) en los diferentes momentos del ciclo anual de las vacas multíparas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera | 121 |
| Figura 47: Relación entre la GMD de los terneros durante el periodo de estabulación y su edad a la subida a puerto | 124 |
| Figura 48: Relación entre la GMD de los terneros en puerto y su edad a la subida | 124 |
| Figura 49: Comparación de las variaciones de peso observadas en la estación de pastoreo (puerto + pastos forestales) de vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en primavera u otoño | 126 |
| Figura 50: Pesos medios (reales y corregidos) en los diferentes momentos del ciclo anual de las vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en otoño y en primavera | 127 |

| | |
|---|-----|
| Figura 51: Modelo de estimación de los aportes energéticos recibidos por las vacas a lo largo del ciclo productivo, en función de sus pesos y producciones y de sus necesidades teóricas . | 133 |
| Figura 52: Reparto porcentual de los AEE (MJ EN) recibidos de la dieta anual y durante las fases de estabulación y de pastoreo entre las distintas funciones fisiológicas en vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y en vacas de raza Pirenaica con parto en primavera | 136 |
| Figura 53: Reparto de los AEE destinados a las necesidades de producción durante las fases de estabulación y pastoreo por las vacas de ambas razas y épocas de parto | 137 |
| Figura 54: Simulación de las pautas de variación de peso en dos años consecutivos de vacas Simmental con partos en otoño y en primavera, en condiciones de zonas bajas del Reino Unido (33 GJ EM/año) (Sinclair, 1997) | 161 |
| Figura 55: Variaciones de peso anuales en vacas de raza Angus y Frisona con partos en otoño o en primavera, en Nueva Zelanda (Montgomery y Davis, 1987) | 162 |
| Figura 56: Esquema de las variaciones anuales de peso vivo de una vaca Charolesa joven (entre el 2º y 3º parto), ilustrando la parte respectiva de la masa corporal, los productos de la concepción (feto y anejos) y del contenido digestivo (Jarrige, 1974) | 163 |
| Figura 57: Objetivos de condición corporal a alcanzar al parto, cubrición y destete en los rebaños con partos en otoño o en primavera (Lowman et al., 1976) | 163 |
| Figura 58: Cambios en la ingestión de energía, el balance energético (acumulación o movilización de reservas) y puntuación de condición corporal en rebaños explotados en zonas bajas (línea continua) o de montaña (línea discontinua) del Reino Unido, con parto en primavera o en otoño (Russel y Broadbent, 1985, en Osoro,1989) | 164 |

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los sistemas ganaderos practicados en el Pirineo han sido ampliamente estudiados, tanto en España (Daumas, 1976; Ocaña et al., 1978, Fillat, 1981; Revilla, 1987) como en Francia (Gibon, 1981).

En estos estudios se han destacado, en la mayoría de los casos, los aspectos organizativos de los sistemas, mientras que los aspectos zotécnicos han sido tratados con una menor profundidad.

De una manera general y salvando algunas particularidades específicas, la base organizativa de los sistemas ganaderos de montaña se fundamenta, desde el punto de vista de la gestión del territorio, en la utilización progresiva en el tiempo y en el espacio de las diversas superficies forrajero-pastorales existentes:

- praderas de siega, situadas normalmente en los fondos de valle, o en lugares cercanos a los pueblos y utilizadas, mediante siega y henificación, para obtener los recursos forrajeros para la alimentación invernal del ganado.
- estivas o puertos, superficies pastorales de propiedad comunal en la mayoría de los casos, situadas en altitudes superiores a los 1500 m y utilizadas durante el verano.
- pastos intermedios, superficies utilizadas en pastoreo tanto en primavera como en otoño, de aprovechamiento tanto privado como comunal y de naturaleza muy variada.

Estas superficies presentan, junto a grandes diferencias ecológicas y productivas (Ferrer, 1988), una determinada especialización, condicionada por la dispersión espacial y la topografía, una producción estacional (Mayo-Octubre, dependiendo de la altitud y exposición), y un marcado desequilibrio tanto en superficie, como en producciones: mientras que las estivas suelen ser, por su extensión y producción, suficientes para la alimentación de verano de los rebaños del pueblo o valle, las praderas de siega, de propiedad privada, son limitadas, determinando el censo explotado por cada ganadero.

La trashumancia, la compra y venta de animales y la subnutrición invernal han sido los mecanismos tradicionalmente utilizados por los ganaderos para resolver este desequilibrio o las grandes diferencias interanuales en la producción forrajera (Gibon, 1981).

La compartimentación del espacio pastoral es una característica de la montaña que no poseen otras zonas extensivas, en las que todo el ciclo productivo se realiza en un mismo espacio, sin que el ganado deba desplazarse en busca de hierba.

La gestión técnica de los rebaños se ha adaptado también a esta distribución espacial y estacional de los recursos alimenticios, existiendo dos grandes periodos de manejo; la estabulación invernal y el pastoreo de verano. Primavera y otoño son, en los sistemas

ganaderos de montaña, periodos de transición entre ambos periodos principales (Revilla et al., 1988).

Durante el invierno, el ganado permanece bajo la vigilancia del ganadero, centrándose generalmente en este periodo los principales acontecimientos zootécnicos (partos, ordeño, etc.).

Durante el verano, los rebaños privados se unen para la utilización de los pastos comunales, viéndose limitadas las posibilidades de los ganaderos para determinar las pautas de manejo, que deben someterse a las prácticas colectivas (Gibon, 1981; Revilla, 1987).

Este manejo condiciona también las producciones, siendo así comprensible que el desequilibrio alimenticio existente condicione sistemas especializados en la producción de animales para ser cebados en otras zonas.

En el caso de la producción bovina, los partos se producen mayoritariamente durante el final del invierno o el principio de la primavera, criándose el ternero gracias a la producción de pasto del verano. Antes de la llegada del invierno, los terneros son vendidos, reduciéndose de esta forma las necesidades nutritivas generales del rebaño durante la invernada.

La serie de acontecimientos socio-económicos que se conocen genéricamente como “crisis general de la montaña” (Revilla, 1987) han provocado importantes cambios que han afectado tanto a los recursos pascícolas, como a la estructura de las explotaciones o al manejo de los rebaños. El descenso de la población y del número de explotaciones, el abandono de las parcelas más distantes o con fuertes pendientes, la reducción de los pastos de verano, invadidos por la vegetación arbustiva o el incremento de las zonas boscosas son algunos de los rasgos más característicos de la reciente evolución de las zonas de montaña.

Estas circunstancias, que globalmente pueden ser consideradas como negativas, pueden generar unas condiciones favorables para el futuro de las explotaciones

El incremento de las superficies de explotación y la reducción de los costes de producción son objetivos clave para aquellas explotaciones que busquen una producción coherente con los objetivos de la Política Agraria Comunitaria (Manrique et al., 1992) y, en las circunstancias actuales, estas condiciones pueden darse en muchas áreas de montaña.

La desaparición de explotaciones y el descenso en el número de animales explotados puede facilitar la extensificación, otorgando a la ganadería una importancia capital en el proceso de mantenimiento del medio y en la lucha contra la invasión del matorral y la proliferación de incendios forestales. Este proceso facilitaría, a su vez, una reducción en los costes de alimentación invernal, principal capítulo en los gastos de explotación (Manrique y Revilla, 1982).

La extensificación plantea, sin embargo, numerosas cuestiones aún no resueltas. En primer lugar, el acceso al uso de la tierra abandonada no es un proceso directo y puede estar

frenado por motivaciones diversas. Por otro lado no están claramente definidas las consecuencias que sobre la productividad de los rebaños puede provocar la extensión de los periodos de pastoreo, existiendo inclusive información cuantificada sobre los efectos negativos de esta práctica sobre la fertilidad o el peso y crecimiento de los terneros (Casasús et al., 1996b; Ferrer et al., 1997a).

La reducción de costes por aplicación de niveles de alimentación en establo inferiores a las necesidades energéticas de los animales es un sistema ampliamente practicado por los ganaderos pirenaicos (Revilla y Manrique, 1982). Sin embargo, es difícil determinar el grado de subnutrición máximo que puede aplicarse durante estos periodos sin que se resientan los resultados productivos, puesto que depende de las posibilidades de recuperación de las reservas en la siguiente estación de pastoreo.

Las zonas de puerto se han considerado tradicionalmente como excedentarias en recursos alimenticios, infrautilizadas al menos desde principios de este siglo (Bornard et al., 1987). Ferrer (1988) estimaba que el nivel de utilización real de los pastos de verano en el contexto Pirenaico alcanzaba sólo el 50%.

Trabajando mediante modelos de simulación, Ocaña et al. (1978) indicaban que los pastos de montaña cubrían las necesidades energéticas y proteicas de las vacas, con independencia de su estado fisiológico. Sin embargo, trabajando con una metodología similar pero considerando la estacionalidad de la producción en cantidad y calidad a lo largo del verano (Revilla, 1987), se pudo deducir que, para determinado tipo de vacas, el pastoreo de verano no permitiría cubrir los objetivos zootécnicos perseguidos.

Trabajando en condiciones experimentales y controlando los rendimientos reales obtenidos, la información disponible indica rendimientos aceptables en novillas de reposición (Albertí y Revilla, 1987; Revilla y Albertí, 1988) pero ganancias de peso muy limitadas, o inclusive pérdidas, en el caso de vacas adultas (Revilla et al., 1991a; Revilla et al., 1993; Villalba, 1995), resultados coincidentes con los reseñados para la Cornisa Cantábrica (Osoro et al., 1995a)

Resultados similares se han descrito en rebaños ovinos que utilizaban pastos de montaña, tanto en el Pirineo (Revilla et al., 1991b; Blanch et al., 1995; Choquecallata et al., 1996), como en otras zonas de producción extensiva (Oregui, 1992).

Por otra parte, la utilización de los recursos pastables en épocas intermedias, hoy prácticamente abandonados, ha sido estudiada sólo puntualmente (Thénard, 1993, Revilla et al., 1995; Casasús et al., 1996b), a pesar de que suponen grandes extensiones potencialmente utilizables y de los indudables beneficios medioambientales derivados de su aprovechamiento.

Una paulatina adaptación de las explotaciones de montaña a condiciones cada vez más extensivas de producción podría contemplar la reducción de los elevados costes de la hienificación para la invernada. En este contexto, una salida precoz al pasto, utilizando a diente las praderas actualmente destinadas a la siega, reduciría la duración del periodo de estabulación y contribuiría a potenciar la importancia del pastoreo en el conjunto del sistema. En las áreas extensivas de producción, la elección de las fechas de reproducción y de destete de los terneros condiciona las ganancias de peso que las vacas pueden realizar en el pasto (Thériez et al., 1994).

En general, se considera que la distribución anual de las necesidades de producción en las vacas con parto en primavera está mejor adaptada a la disponibilidad de recursos en los sistemas extensivos, ya que los momentos de máximas necesidades (lactación, reproducción y recuperación de peso) coinciden con los de máxima disponibilidad de hierba en el pasto, al final de la primavera e inicio de verano, mientras que las vacas permanecen secas durante la mayor parte de la invernada.

Los sistemas de partos en primavera son los tradicionalmente utilizados en las zonas de montaña, con inviernos prolongados y corta duración del periodo de pastoreo (Sierra, 1973; Revilla y Manrique, 1988). Son también típicos de las zonas de producción extensiva de ganado vacuno en Estados Unidos (Williams, 1990), con destete en otoño (Davis et al., 1994).

Junto a las posibles ventajas nutricionales de los partos de primavera, se han apuntado en ocasiones las limitaciones e inclusive imposibilidad de obtener partos en otoño en ganado vacuno, en función del supuesto anestro estacional motivado por el rigor de la estabulación invernal (Sierra, 1973; Salisbury et al., 1978).

Pese a que la existencia o no de influencias estacionales en la reproducción del ganado vacuno es un tema ampliamente tratado en la bibliografía (Peters y Riley, 1982; Hansen, 1985; Osoro, 1986; Rasby et al., 1991), no se han detectado, en condiciones de explotación del Pirineo, efectos de la estación de parto sobre la duración del anestro (Revilla et al., 1992a; Revilla, 1997).

En determinadas condiciones se describe incluso la posibilidad de agrupar los partos justo antes de la salida al pasto, hacia Junio, para una mejor adaptación de las necesidades a las disponibilidades forrajeras, ya sea con destete antes de la entrada en establo (Russel y Broadbent, 1985; Lassalas et al., 1996) o manteniendo a los terneros durante el invierno y aprovechando su crecimiento en la siguiente estación de pastoreo (Adams et al., 1996).

El manejo encaminado a partos de otoño, ampliamente practicado en los rebaños de ordeño, se ha considerado más adecuado para vacas de cría en regiones con mayor disponibilidad forrajera, veranos secos e inviernos cortos y poco severos (Giraud et al., 1987). Este autor

apunta que la rentabilidad de la paridera de otoño depende tanto de la pauta de disponibilidad forrajera a escala anual, como de las posibilidades de comercialización de los terneros en épocas diferentes a las tradicionales.

En las zonas de “montaña” del Reino Unido, los terneros nacidos en primavera pueden ser demasiado ligeros en el momento del destete, al final de la estación de pastoreo, y no alcanzar precios altos, por lo que la paridera de otoño con lactación en pasto supone una alternativa a la producción de terneros más pesados (Russel y Broadbent, 1985).

En las zonas templadas de “ranching” en Estados Unidos, también pueden resultar ventajosos cuando los rebaños disponen de pastos anuales de crecimiento en la estación fría, que permiten prolongar la estación de pastoreo (Bagley et al., 1987). Este sistema de partos es ampliamente practicado también en el Sur de Australia, donde el clima mediterráneo condiciona una clara estacionalidad en la producción de hierba (Greathead, 1983).

En el Pirineo Aragonés, la paridera de otoño se vinculó originalmente a la intensificación de la producción lechera (Sierra, 1973; Manrique y Revilla, 1980), pero actualmente en las ganaderías pirenaicas los partos se distribuyen en un 51.3% entre febrero y marzo y 40% entre septiembre y enero (Manrique et al., 1992). Considerando exclusivamente rebaños de carne Revilla et al. (1992b) describen proporciones idénticas en primavera y otoño (42.4 y 41.9 % respectivamente).

Desde un punto de vista técnico-económico, en varios trabajos se ha comparado la idoneidad de las parideras de otoño y primavera para adaptarse a los recursos naturales disponibles, con resultados diferentes en función del sistema de explotación practicado y las características del área de estudio (Ocaña et al; 1978, Revilla, 1987; Olaizola et al., 1992), pero, como se ha visto anteriormente, los resultados reales obtenidos en pastos de montaña en el Pirineo podrían cuestionar los trabajos realizados sobre la base de la inexistencia de limitaciones alimenticias durante el periodo de pastoreo.

Si bien es cierto que en los casos en que el periodo de pastoreo no limita la recuperación de reservas corporales la invernada es un periodo claramente restrictivo, en situaciones en las que el pastoreo permite recuperaciones escasas las estrategias de alimentación invernal no podrían ser las clásicamente asumidas. Si se mantiene como objetivo productivo a nivel de explotación maximizar la fertilidad anual, los planteamientos alimenticios durante la invernada deberán centrarse en la consecución de una adecuada condición corporal al parto (Osoro y Wright, 1992).

En estas condiciones, el conocimiento de la capacidad de ingestión voluntaria de forrajes adquiere una gran importancia, de cara a utilizar adecuadamente recursos groseros y económicos.

La raza utilizada juega también un importante papel en el desarrollo de los sistemas de producción.

Diversos autores han destacado diferencias raciales en la capacidad para recuperar reservas corporales durante el periodo de pastoreo (Wright et al., 1994; D'Hour et al., 1995), así como diferencias ligadas al formato dentro de una misma raza (Holloway et al., 1983). Con frecuencia se han observado interacciones entre el genotipo y el ambiente nutritivo, indicando que los tipos óptimos varían en función del medio de explotación (Jenkins y Ferrell, 1984).

En nuestro caso, la comparación racial se ha realizado entre animales de raza Pirenaica y Parda Alpina, siendo la primera una raza autóctona y la segunda una raza explotada en la montaña pirenaica desde hace un siglo (Sierra, 1973).

Algunos trabajos han destacado, un tanto emocionalmente, la "rusticidad" de la raza Pirenaica, tanto por su capacidad de acumular reservas, como por los crecimientos de sus terneros y sus ventajas frente a otras razas peor adaptadas al medio Pirenaico (Valdelvira, 1988; Rincón y Albarrán, 1990).

Los trabajos llevados a cabo por nuestro equipo no han evidenciado diferencias raciales importantes en relación a la duración del anestro postparto (Blasco, 1991; San Juan, 1993; Revilla, 1997), siendo notables por el contrario las diferencias existentes en aspectos como la aparición de la pubertad (Olleta et al., 1991; Olleta et al., 1993) y la producción de leche y el crecimiento de los terneros (Blasco et al., 1992a.; Villalba et al., 1997a).

En otros aspectos productivos, las diferencias han sido nulas, como en el caso de la ingestión voluntaria de forrajes (Casasús et al., 1995a), o de difícil interpretación, como en el caso del comportamiento en praderas y el crecimiento compensador en pastoreo (Casasús et al., 1995b; Casasús et al., 1996 c)

En otros trabajos se han descrito diferencias entre las dos razas consideradas relativas a la susceptibilidad a la parasitación (Llorente et al., 1995; Almería et al., 1996), a la adaptación a las condiciones extensivas de explotación (García-Belenguer et al., 1996 a y b) o a determinados aspectos comportamentales ligados al manejo (Palacio et al., 1996; Palacio et al., 1997).

Pese a que la información disponible hasta el momento relativa a las razas explotadas en el Pirineo oscense es extensa, era necesario realizar un análisis más amplio y consistente de determinados aspectos tratados hasta el momento de manera parcial.

En este contexto, los objetivos de esta Memoria se inscriben en el estudio de los sistemas de explotación del ganado vacuno de carne en zonas de montaña, incidiendo especialmente en los siguientes apartados:

- Determinar el efecto de la raza en la ingestión voluntaria de forrajes
- Determinar la existencia de diferencias raciales en los rendimientos productivos y en el comportamiento de vacas de carne utilizando en pastoreo praderas de fondo de valle.
- Cuantificar los rendimientos de vacas y terneros durante la estación de pastoreo, en función de la raza y del manejo general del rebaño.
- Determinar la contribución del pastoreo a las necesidades energéticas anuales de vacas de carne, en función de la raza y de la época de parto.

2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los sistemas extensivos de producción de rumiantes se basan en prolongados periodos en los que el animal depende únicamente del pasto, seguidos por fases de estabulación durante el invierno, en las que las dietas se componen fundamentalmente de forrajes groseros en cantidades más o menos limitadas.

En estas condiciones, la capacidad de ingestión de los animales juega un papel fundamental en su aptitud para utilizar los recursos disponibles tanto en establo como en pastoreo, y por ello es una de las características incluidas en el término “rusticidad” de los animales (Petit et al., 1994; Sierra, 1996; Micol et al., 1997).

En estabulación, una capacidad de ingestión suficiente permitirá aprovechar dietas a base de recursos alimenticios económicos que cubran buena parte de las necesidades de los animales. En el mismo sentido, durante el periodo de pastoreo será interesante que la ingestión de hierba, de calidad muy variable a lo largo de la estación, sea lo suficientemente elevada para permitir una máxima recuperación de reservas.

En estas condiciones, se destaca la necesidad de conocer la fisiología de la regulación de la ingestión y ligarla con la capacidad de ingestión de forrajes, así como los factores que afectan a la ingestión de alimentos tanto en estabulación como en pastoreo.

2.1.- MECANISMOS DE REGULACIÓN DE LA INGESTIÓN DE ALIMENTOS

Los factores que afectan a la ingestión y los mecanismos y estímulos que la regulan no se conocen completamente, aunque han sido revisados en profundidad en múltiples trabajos desde hace tiempo (Blaxter et al., 1961; Balch y Campling, 1962; Conrad, 1966; Bines, 1971; Baile y Forbes, 1974; Forbes, 1986; Baile y McLaughlin, 1987; Grovum, 1987; Ellis et al., 1988; Mertens, 1994; Faverdin et al., 1995).

La regulación de la ingestión se realiza por interacción entre múltiples factores que ejercen sus mecanismos a corto y a largo plazo.

2.1.1.- Mecanismos de control a corto plazo

Según Forbes (1994) el principal factor regulador de la ingestión es el confort del animal, de forma que éste ingiere alimentos hasta maximizar su confort en respuesta a un amplio rango de estímulos físicos y metabólicos.

El comportamiento alimenticio desarrollado depende de dos fuerzas antagónicas, la motivación por consumir alimentos (hambre) y los procesos de saciedad (Faverdin et al., 1997).

La *motivación por consumir* se debe básicamente a mecanismos de regulación a largo plazo, relacionados con las necesidades energéticas del animal. Su efecto a corto plazo se produce por estímulos de tipo hedónico, relacionados con la palatabilidad (Baumont, 1996) o con señales post-ingestivas vinculadas al alimento y aprendidas en experiencias anteriores (Provenza y Balph, 1988; Pfister et al., 1990).

Las *señales de saciedad* ejercen una acción sobre la ingestión de tipo feedback, originada por estímulos enviados a los centros cerebrales del hambre y la saciedad (Baile y McLaughlin, 1987). En los rumiantes estas señales se dividen en dos grandes grupos que actúan de manera aditiva:

- Señales de tipo físico

Responden a modificaciones detectadas por los mecanorreceptores sensibles a la presión y distensión de la pared ruminal (Dulphy y Faverdin, 1987).

El estímulo en este caso es el llenado que supone el material no digerido presente en el rumen (Blaxter et al., 1961). Las limitaciones físicas de la ingestión se deben tanto a la capacidad estática del rumen (su volumen máximo), como al ritmo de degradación y vaciado de la ingesta, o capacidad dinámica (Ellis et al., 1988).

- Señales de tipo químico-metabólico:

Las señales de tipo químico se detectan en los quimiorreceptores ruminales, sensibles a la osmolaridad de productos finales de la digestión, fundamentalmente ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato).

A nivel metabólico, las concentraciones de ácidos grasos volátiles en sangre también actúan como inhibidores de la ingestión, detectados a nivel hepático (Forbes, 1985). Este efecto se ha observado principalmente con el propionato, que por su papel de sustrato para la gluconeogénesis ejercería un control similar al de la glucosa en los monogástricos, la cual por otra parte no constituye una señal eficaz en rumiantes (Dulphy y Faverdin, 1987)

Finalmente, modificaciones hormonales de diversos tipos y orígenes pueden contribuir también a la regulación de la ingestión. Las hormonas pancreáticas, gastrointestinales e incluso la hormona del crecimiento se relacionan de manera directa o indirecta con esta regulación (Dulphy y Faverdin, 1987).

Además de estas señales, en la revisión de Mertens (1994) se alude también a la regulación termostática, relacionada con el incremento térmico debido al calor de digestión, y a la modulación psicogénica, por efecto de la palatabilidad, hábito, experiencia o factores sociales.

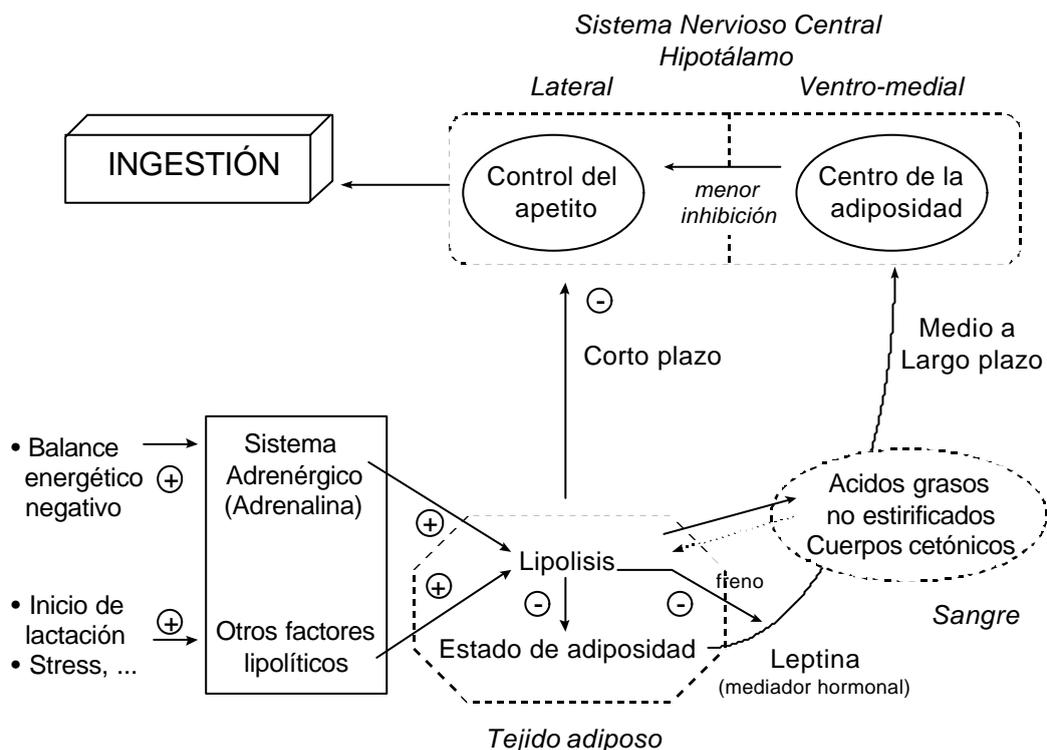
2.1.2.- Mecanismos de control a largo plazo

La regulación de la ingestión a largo plazo se rige por la demanda nutricional del organismo (necesidades de crecimiento, gestación, lactación) y por su estado de reservas (Faverdin et al., 1995). Parece ser que los animales regulan prioritariamente su ingestión de energía (Mertens, 1994), aunque en último término la ingestión también depende del equilibrio nutricional de la ración en relación a las necesidades (Ellis et al., 1988).

La demanda metabólica regula la ingestión de forma que el status nutritivo del animal se mantenga en equilibrio durante las fases de homeostasis, y que en los momentos de homeorresis (gestación, lactación) la ingestión se altere de forma sinérgica al cambio en las necesidades (Bauman y Currie, 1980). Sin embargo, el mecanismo no es perfecto, y, por ejemplo, al inicio de la lactación la ingestión no aumenta al mismo ritmo que las necesidades nutritivas (Bines, 1976).

La regulación ejercida por las reservas no es sólo de tipo físico (Bines et al., 1969), sino que actúa también por metabolitos y mediadores hormonales relacionados con la síntesis/movilización del tejido adiposo, como se muestra en la Figura 1 (Faverdin et al., 1997).

Figura 1: Esquema simplificado del papel de las reservas corporales en la regulación de la ingestión en situación lipolítica (Faverdin et al., 1997).



Sin embargo, parece ser que hay que efectuar una distinción entre los mecanismos de regulación de los animales de nivel de reservas corporales bajo y alto. Mientras está claro que la subnutrición incrementa la motivación por comer (Bines et al., 1969), la limitación de la ingestión por un exceso de reservas es menos efectiva. Los rumiantes e incluso el ganado porcino no parecen capaces de regular totalmente su nivel de reservas corporales, y pueden alcanzar niveles extremos de obesidad si tienen acceso ad libitum a dietas de alta palatabilidad (Forbes, 1985; Faverdin et al., 1995).

No obstante, estos mecanismos de regulación son complejos y su efecto no ha sido constante en los múltiples ensayos encaminados a un mejor conocimiento de la fisiología de la ingestión. Por ello, Tolkamp y Ketelaars (1992) postularon una teoría de regulación por la relación entre costes y beneficios. Según estos autores, el comportamiento alimenticio del animal se orienta a maximizar la eficiencia de la utilización del oxígeno: la cantidad de alimento consumido será aquella que optimice el rendimiento en energía neta por litro de oxígeno consumido.

2.1.3.- Particularidades de la regulación de la ingestión en pastoreo

Además de los mecanismos mencionados, en los rumiantes en pastoreo la ingestión depende de otros factores relacionados con la disponibilidad de hierba y las características estructurales de la cubierta vegetal (revisiones de Hodgson, 1977, 1986; Freer, 1981; Allison, 1985; Forbes, 1988; Mantecón, 1991; Demment et al., 1995; Giráldez et al., 1996).

En este caso, además de la regulación física y fisiológica que opera en las situaciones de estabulación, la interacción entre el pasto y el animal se reflejaría en aspectos comportamentales que actuarían limitando la ingestión (McClymont, 1967, en Hodgson, 1977).

Por las características físico-químicas del pasto como alimento, parece ser que los mecanismos de regulación fisiológica raramente se instaurarían durante el pastoreo, y serían principalmente los controles de tipo físico y comportamental los que limitasen la ingestión (Hodgson, 1977; Allison, 1985; Mantecón, 1991).

La regulación de la ingestión en pastoreo se efectúa a tres niveles espacio-temporales, considerando como escala un día de pastoreo (Demment et al., 1995): la selección y formación del bocado (instantánea), la utilización de una "feeding station" (área al alcance del animal parado (El Aich et al., 1989), a corto plazo) y la selección dentro de la parcela (a más largo plazo).

De manera más simple, la teoría mecanicista de Allden y Whittaker (1970) postula que la ingestión en pastoreo es el producto de tres parámetros: el tamaño del bocado, el ritmo de bocados y el tiempo de pastoreo diario.

En respuesta a las variaciones de la cubierta vegetal, la primera variable que se modifica es el peso del bocado (Allden y Whittaker, 1970; Hodgson, 1986; Forbes, 1988; Hodgson et al., 1991; Burlison et al., 1991; Laca et al., 1992; Ferrer, 1995), con lo que indirectamente se altera la frecuencia de bocados, porque la cantidad de movimientos mandibulares asociados a la formación del bolo alimenticio depende del tamaño del bocado (Demment et al., 1995).

Para mantener una ingestión diaria de hierba constante, el mecanismo compensador que se establece ante variaciones en el ritmo de ingestión de hierba (peso de bocado x frecuencia de bocados) es la variación en el tiempo de pastoreo diario (Allden y Whittaker, 1970; Chacon y Stobbs, 1976; Chacon et al., 1978; Hendricksen y Minson, 1980). Sin embargo, cuando el ritmo de ingestión es muy bajo el incremento del tiempo de pastoreo puede no ser suficiente para mantener la ingestión diaria, que puede caer drásticamente (Allden y Whittaker, 1970; Hodgson, 1977; Jamieson y Hodgson, 1979b; Le Du et al., 1979a; Hendricksen y Minson, 1980; El Aich et al., 1989; Ferrer et al., 1995).

En ganado vacuno, el ritmo de ingestión puede oscilar entre 20 y 66 bocados por minuto, y el tiempo de pastoreo entre 5.8 y 10.8 horas diarias (Hodgson, 1986), aunque se han descrito valores más elevados, superiores a 12 h (Funston et al., 1991; Villalba et al., 1997) en vacas lactantes.

El tiempo de pastoreo máximo diario está limitado por la necesidad de realizar otras actividades, como la rumia, descanso, desplazamientos o interacción social. Las pautas de distribución diaria de estas actividades y también las características que afectan al uso del espacio en pastoreo han sido descritas en profundidad por Arnold y Dudzinski (1978) y Arnold (1981).

2.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA INGESTIÓN VOLUNTARIA DE ALIMENTOS

La ingestión voluntaria de un alimento determinado por un animal concreto depende tanto de la capacidad de ingestión del animal, como de la ingestibilidad del forraje (Jarrige, 1978), y la interacción entre estos dos factores puede además verse influenciada por aspectos ambientales o de manejo. Ingvarsen (1994) describe multitud de factores que desde estas tres vías pueden afectar a la ingestión voluntaria de alimentos en estabulación (Tabla 1).

Tabla 1: Factores fundamentales que afectan a la ingestión voluntaria de alimentos (Ingvartsen, 1994).

| <i>Factores ligados al animal</i> | <i>Factores ligados al alimento</i> | <i>Factores de manejo y ambientales</i> |
|-----------------------------------|---|---|
| - Raza | - Composición de la ración | - Tiempo de acceso a la dieta |
| - Sexo | - Composición química | - Frecuencia de alimentación |
| - Peso | - Digestibilidad | - Dieta completa o separada |
| - Edad | - Perfiles de degradabilidad | - Aditivos alimenticios |
| - Orden de parto | - Ritmo de paso | - Agentes anabólicos |
| - Producción lechera | - Forma física | - Contenido en minerales |
| - Estadío de lactación | - Tipo y estado de conservación | - Estabulación libre o trabada |
| - Gestación | - Tasa de humedad del ensilado | - Disponibilidad de espacio |
| - Nivel de alimentación previo | - Calidad de la fermentación del ensilado | - Espacio en el comedero |
| - Estado corporal | - Palatabilidad | - Fotoperiodo |
| - Acúmulo de grasas | | - Temperatura |

En los sistemas de pastoreo de rumiantes la ingestión depende también de otros factores vinculados específicamente a las características físicas y estructurales del pasto.

En este apartado analizaremos primero brevemente algunos de los principales factores relacionados con el animal, el alimento y el manejo que influyen en la ingestión voluntaria en estabulación, y posteriormente los factores particulares relacionados con las características del pasto y su manejo que influyen en la ingestión en pastoreo.

2.2.1.- FACTORES LIGADOS AL ANIMAL

Los aspectos referentes al animal son principalmente aquéllos que regulan sus necesidades energéticas y los que condicionan su capacidad ruminal o, en general, su grado de desarrollo del aparato digestivo.

2.2.1.1.- Peso vivo

El peso como reflejo del formato del animal es uno de los principales factores que condicionan tanto sus requerimientos, como su capacidad digestiva.

La relación entre la capacidad de ingestión y el peso de los animales suele considerarse exponencial: el exponente más típicamente utilizado es 0.75, ya que las necesidades de mantenimiento también son proporcionales a $PV^{0.75}$. Sin embargo, en dietas a base de forrajes o en pastoreo la relación alométrica de la ingestión con el peso ha revelado exponentes mayores, de 0.8 (D'Hour et al., 1991), 0.87 (Illius y Gordon, 1991), 0.91 (Agabriel

et al., 1987a) o incluso 1 en animales jóvenes (Ferrer et al., 1996). El exponente tradicionalmente utilizado para relacionar la ingestión de forrajes con el peso en la bibliografía norteamericana es también 1 (Mertens, 1994).

Esta mayor proporcionalidad con el PV indicaría que en las dietas a base de forrajes la ingestión estaría más relacionada con la capacidad ruminal, proporcional a PV (Robelin, 1986), que con las necesidades de los animales, función de $PV^{0.75}$.

2.2.1.2.- Sexo

Las diferencias en capacidad de ingestión debidas al sexo son pequeñas y se han descrito en sentidos diferentes (A.R.C., 1980). Sin embargo, Ingvarsen et al. (1992) citan que ésta se desarrolla más precozmente en las hembras: considerando únicamente animales de peso inferior a 250 kg, hallaron que la ingestión voluntaria de una dieta completa era superior en novillas que en machos castrados y en éstos con respecto a machos enteros.

2.2.1.3.- Estado fisiológico

A lo largo del ciclo productivo del animal la capacidad de ingestión se ve sometida a diversas variaciones ligadas a los cambios de estado fisiológico.

Durante la gestación la ingestión voluntaria de forrajes se ve reducida en el periodo previo al parto: Ingvarsen et al. (1992) describen una disminución del 1.5% por semana durante las 14 últimas semanas, mientras que según Petit et al. (1992) la reducción se observa sólo durante las dos últimas semanas, y supone entre un 5 y un 10%.

La capacidad de ingestión se recupera progresivamente durante la lactación, aunque se incrementa de forma más lenta que la producción de leche. Así, mientras el pico de producción lechera se alcanza entre los días 35 y 50 postparto (Bines, 1976), la ingestión máxima puede alcanzarse entre 1 y 3 meses postparto (Faverdin et al., 1995; Petit et al., 1995b), y este desfase suele originar movilizaciones de las reservas corporales para tratar de cubrir la elevada demanda energética.

El pico de ingestión durante la lactación es más temprano cuanto mayor es la calidad del alimento (Freer, 1981), fenómeno observado tanto en vacas lecheras (Journet y Remond, 1976) como de cría (Petit et al., 1987) (Figura 2).

Sin embargo, a pesar de que estas pautas de evolución de la ingestión se describen como típicas, algunos autores no encuentran reducciones en el periodo previo al parto (Stanley et al., 1993). Recientemente también se han descrito diferentes perfiles de ingestión en función de la elevada variabilidad individual, con grupos de vacas que no se ajustaban a la pauta anteriormente descrita (Ingrand y Agabriel, 1997) (Figura 3).

Figura 2: Evolución de la ingestión voluntaria de heno y paja por vacas de cría en torno al parto: efecto de la calidad del forraje (Petit et al., 1987).

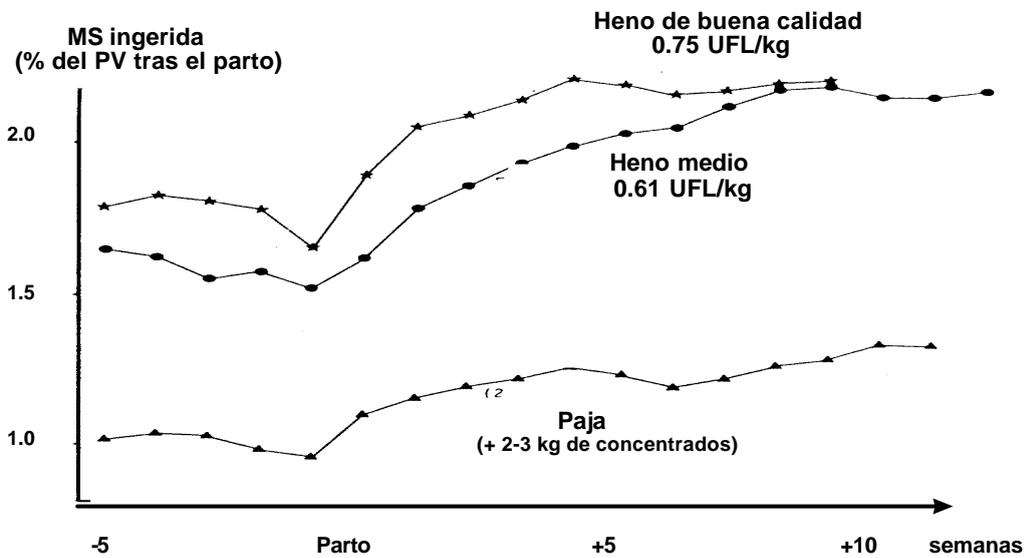
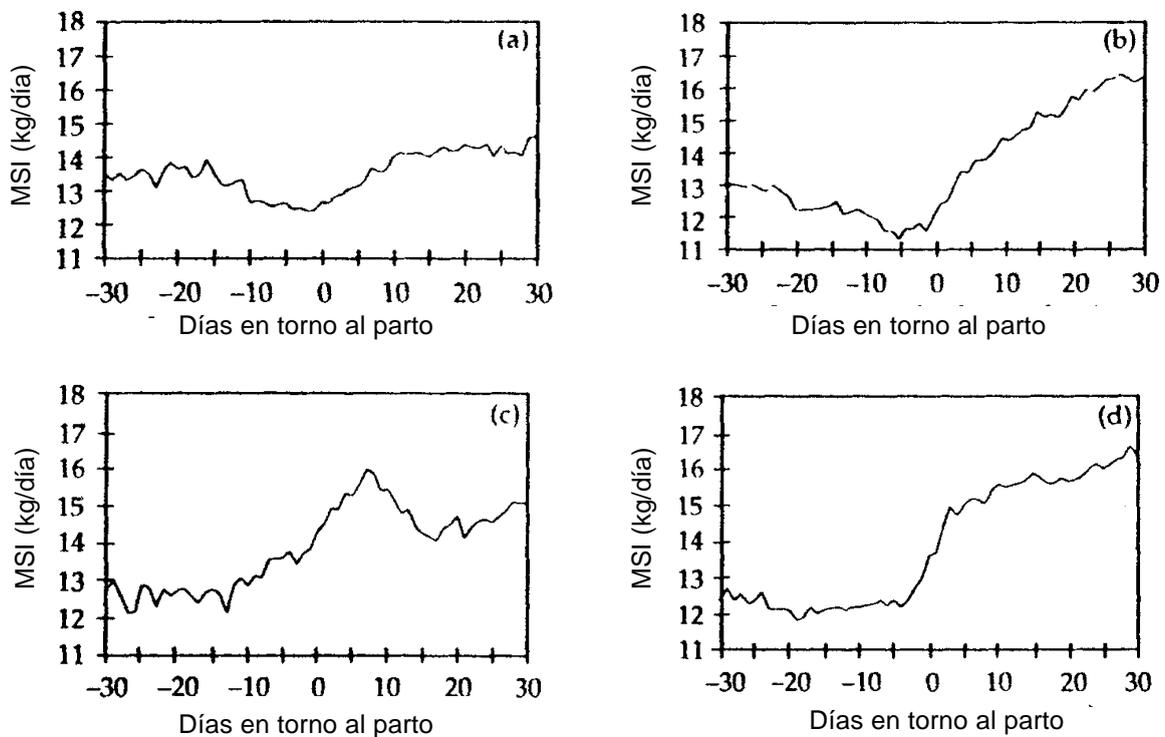


Figura 3: Evolución de la ingestión de heno en el pre- y el post-parto en vacas de cría de cuatro pautas diferentes de ingestión pre-parto (Ingrand y Agabriel, 1997).



- (a) perfil plano,
- (b) reducción preparto e incremento regular postparto,
- (c) sin reducción preparto, incremento postparto sólo durante una semana,
- (d) gran diferencia gestación vs. lactación.

Por otra parte, la limitación de la capacidad ruminal por el gran tamaño del útero grávido durante la gestación y su desaparición tras el parto no parece ser una causa suficiente para explicar las variaciones en ingestión observadas durante esta fase, puesto que los cambios no son proporcionales (Stanley et al., 1993). Parece ser que otros mecanismos de tipo metabólico u hormonal pueden verse implicados (Ingvarsen et al., 1992; Ketelaars y Tolkamp, 1992), e incluso el plano alimenticio previo al parto podría determinar las pautas de ingestión al inicio de la lactación. En vacas lecheras se ha comprobado que aquéllas que presentan un menor estado corporal al parto incrementan su ingestión en lactación más rápidamente y hasta niveles más altos que las de mejor condición corporal inicial (Garnsworthy y Topps, 1980; Garnsworthy, 1988).

2.2.1.4.- Número de parto

La capacidad de ingestión de las vacas primíparas es inferior a la de las multíparas, aproximadamente en un 8-12%, incluso teniendo en cuenta la diferencia de peso y producción de leche, y aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo en la tercera lactación (Faverdin et al., 1997). Estas diferencias debidas al número de lactación se han observado tanto en estabulación como en pastoreo (Comerón, 1991; Peyraud et al., 1996). Esta diferencia es tanto más acusada cuando el primer parto se produce a una edad temprana: Journet (1983) describe diferencias de 1.4-1.6 kg/día entre primíparas que tuvieron el primer parto a los 2 y a los 3 años.

2.2.1.5.- Producción de leche

El nivel de producción lechera condiciona también las necesidades energéticas de las vacas, y por ello estimula la capacidad de ingestión. Esto se ha observado tanto entre razas (Agabriel et al., 1987a; D'Hour et al., 1991; Coulon y D'Hour, 1994), como entre individuos de la misma raza (Holloway y Butts, 1983; Peyraud et al., 1996).

El A.R.C. (1980) considera una media de 0.2 kg de alimento adicionales por kg de leche, mientras que Petit et al. (1987) describen incrementos marginales de 0.2 a 0.3 kg MS de heno por cada kg, mientras que con hierba verde (zero-grazing) esta cifra puede alcanzar los 0.4 kg (Stakelum y Connolly, 1988). En el rango de 0.2 a 0.4 kg MS por kg de leche se encuentran también las observaciones de otros autores (Journet, 1983; Leaver, 1985; Demment et al., 1995; Peyraud et al., 1996).

La correlación entre la producción de leche y la ingestión es elevada en las razas lecheras, de alta producción, aunque en las vacas de cría, de producción lechera muy inferior, esta relación se ve muy reducida e influida por la variabilidad interindividual (Faverdin et al., 1997).

2.2.1.6.- Estado de engrasamiento

En múltiples ensayos tanto en estabulación como en pastoreo se ha observado que la ingestión se ve reducida en los animales en mejor estado corporal con respecto a vacas de peor condición (Hodgson et al., 1980; Garnsworthy y Topps, 1980; Baker et al., 1982a; Bines y Morant, 1983; Holloway y Butts, 1984; Agabriel et al., 1991; Revilla et al., 1995; Casasús et al., 1997a). Tradicionalmente se ha considerado que el origen de esta disminución estaba en que los acúmulos de grasa en la cavidad abdominal supondrían un límite a la capacidad del rumen (Bines et al., 1969), aunque Ketelaars y Tolkamp (1992) se mostraron críticos con la posibilidad de una limitación exclusivamente física de la ingestión en este caso.

Este hecho se tiene en cuenta en las ecuaciones de predicción de la ingestión de Agabriel y Petit (1987), considerando una variación de 0.20 Unidades Lastre (ULB) por cada punto de CC por encima o por debajo de 2.5.

Este fenómeno se argumenta como uno de los mecanismos por los que los animales inicialmente subnutridos y después sometidos a una alimentación liberal pueden presentar ganancias superiores a las de animales en buen estado corporal (Allden, 1970; O'Donovan, 1984; Ryan, 1990).

2.2.1.7.- Raza

La existencia de diferencias raciales en la capacidad de ingestión se ha evidenciado en diversos ensayos. Taylor et al. (1986a) estudiaron la ingestión de 25 razas Británicas y concluyeron que las diferencias entre ellas se debían en un 80% a las diferencias de peso.

Dentro de las razas lecheras se ha observado que las razas mantequeras de menor tamaño, como la Jersey, presentaban ingestiones por kg de peso superiores a las de otras razas de mayor tamaño (Frisona o Roja Danesa) (Ingvarsen, 1994).

En experiencias desarrolladas en Francia se ha observado que la capacidad de ingestión de los animales de razas lecheras (Holstein, Montbéliarde, Tarine) era superior en un 10% a la de las razas rústicas (Salers) o cárnicas de gran formato (Charolais), y en éstas a su vez un 15% superior a la observada en hembras de raza Limousin (Agabriel et al., 1987a; D'Hour et al., 1991). Paralelamente, también se ha descrito que el incremento de ingestión en lactación es más rápido en las razas de mayor capacidad potencial de ingestión, de forma que las vacas Salers alcanzan un pico de ingestión mayor y más temprano que las de raza Limousin (Petit et al., 1995b).

Las diferencias entre las razas francesas podrían explicarse en parte por un diferente grado de desarrollo de los compartimentos digestivos entre los genotipos lecheros y los cárnicos (Robelin et al., 1990), aunque la relación podría ser más compleja. Así, en ovinos de raza Churra se observó una superioridad frente a animales Merinos en la proporción de retículo-

rumen en el peso vivo y en la cinética de degradación ruminal que finalmente no se tradujo en diferencias en la ingestión de forrajes en estabulación (Giráldez et al., 1996).

2.2.1.8.- Variabilidad individual

A pesar de que todos los factores anteriormente expuestos afectan en gran medida a la capacidad de ingestión y permiten en ocasiones establecer modelos de predicción de la ingestión para un determinado tipo de animal, la variabilidad entre individuos puede ser elevada, tanto en la ingestión absoluta como en sus pautas de evolución (Journet, 1983; Ingrand y Agabriel, 1997).

El efecto individual es alto incluso a nivel de aquellas actividades alimenticias primarias que en último término condicionan la ingestión: tiempo invertido diariamente en comer, nº de comidas o actividad de masticación y ruminación (Dulphy et al., 1990). Estos coeficientes de variación pueden verse sensiblemente reducidos al utilizar animales clónicos frente a individuos genéticamente diferentes (Baumont et al., 1995).

Journet y Remond (1976) indicaron que el estado fisiológico, el nivel de producción lechera, el peso vivo, la ganancia y la edad sólo explicaban entre el 9 y el 39% de la variabilidad entre vacas. Taylor et al. (1986) describen en novillas de 4 a 18 meses de edad variabilidades intra-raza del 12 al 15%, de las que sólo el 33% se explicó por diferencias en peso. En cambio, D'Hour et al. (1991) describen una variabilidad del 9 al 15% en la capacidad de ingestión de novillas de diferentes razas y edades, que en un 77% se explicó por diferencias de peso.

Las variaciones entre individuos suelen encontrarse en un rango del 10-15% en ovinos alimentados con forrajes conservados (Blaxter et al., 1961; Chenost y Demarquilly, 1982; Dulphy y Faverdin, 1987).

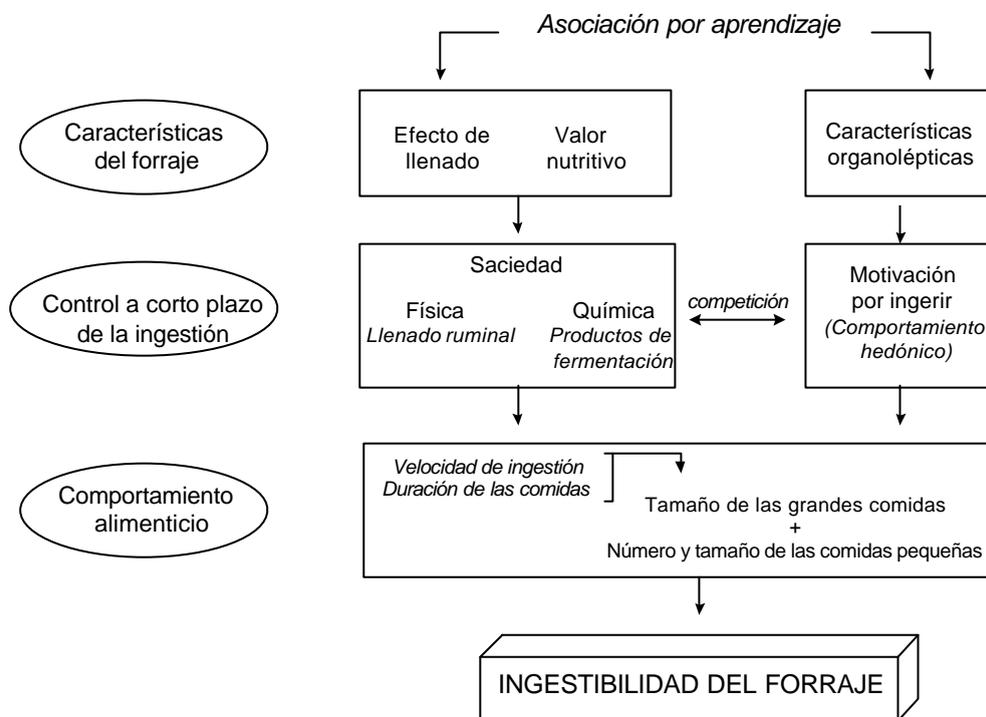
En vacuno de leche, Dulphy y Faverdin (1987) describieron coeficientes de variación del 7.7%, mientras Journet (1983) cita una variabilidad de 20% al inicio de la lactación, que se redujo al 10% transcurridos los dos primeros meses. De los datos de Ingrand y Agabriel (1997) con vacas de cría se deducen variabilidades entre individuos en torno al 15%, tanto en gestación como en lactación.

Para considerar la posible variabilidad entre individuos, a efectos de realizar estimaciones de la capacidad de ingestión, la mayoría de los autores trabajan con 6 animales por lote (Chenost y Demarquilly, 1982).

2.2.2.- FACTORES LIGADOS AL ALIMENTO

La ingestibilidad de un forraje se define como la cantidad de MS que puede ingerir un animal “standard” cuando dicho forraje se distribuye a voluntad (Jarrige, 1978). Este parámetro depende tanto de características intrínsecas del material vegetal utilizado, como de factores ligados a su conservación, acondicionamiento y forma de presentación, y está ligado a los efectos que provoca sobre el control de la ingestión a corto plazo y el comportamiento alimenticio de los animales (Figura 4).

Figura 4: Relaciones entre las características del forraje, el control de la ingestión a corto plazo, el comportamiento alimenticio y la ingestibilidad (Baumont et al., 1997).



2.2.2.1.- Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos condiciona en buena parte su ritmo de desaparición en el rumen, de forma que si los animales ingieren alimentos con el objetivo de mantener un contenido ruminal constante (Blaxter et al., 1961), aquéllos que se degradan rápidamente suponen escaso estímulo para los mecanorreceptores de la pared ruminal (Faverdin et al., 1995), estimulándose la ingestión.

La regulación de la ingestión se considera basada en un modelo de dos componentes, la modulación física y la fisiológica. Según Conrad et al. (1964) el predominio de un tipo u otro de regulación depende de la digestibilidad del alimento: mientras en forrajes de DMO<65-

70% la regulación es de tipo físico, por limitación de la capacidad ruminal, cuando la DMO se incrementa por encima de estos valores se instauran mecanismos de control de tipo metabólico, es decir, que el animal ingeriría sólo la cantidad de alimento que cubriese sus necesidades.

Sin embargo, esta teoría ha sido criticada puesto que se ha demostrado que los animales pueden incrementar su ingestión de MS incluso con digestibilidades superiores al umbral citado por Conrad et al. (1964) (Ketelaars y Tolkamp, 1992; Ferrer et al., 1996).

La digestibilidad no sólo depende de las características intrínsecas del alimento, sino que puede mejorarse mediante procesos químicos. El tratamiento con álcalis (sosa o amoniaco) puede incrementar la ingestibilidad de forrajes de baja calidad como las pajas, a través de cambios en la estructura de las paredes que mejoran la accesibilidad de las bacterias celulolíticas y por tanto su degradabilidad (Chenost y Dulphy, 1987). Además, los tratamientos con amoniaco permiten incrementar el contenido en materias nitrogenadas de la ración, con efecto positivo sobre el crecimiento y la actividad de la flora ruminal.

2.2.2.2.- Contenido en paredes celulares

La ingestibilidad de los forrajes presenta una elevada correlación negativa con su contenido en fibra neutro-detergente (NDF) ($r=-0.88$, Baumont et al., 1997). Por eso la ingestibilidad se reduce con la edad del forraje, ya que incrementa su contenido en paredes celulares de la planta (NDF) y se reduce la proporción de contenido celular fácilmente degradable.

Por la misma causa, incluso a igual digestibilidad, las gramíneas se ingieren en menor cantidad que las leguminosas, debido a su mayor proporción de tallos y mayor contenido en paredes celulares (Van Soest, 1982).

Esta relación llevó a Mertens (1987) a la proposición de un modelo de predicción de la ingestión basado en que los animales ingerían cantidades constantes de NDF. Según este modelo, la regulación de la ingestión tendría también dos componentes (física y metabólica), con un valor umbral referente al contenido en NDF del alimento a partir del cual se instauraría un tipo de regulación u otro.

2.2.2.3.- Forma de presentación

Los forrajes groseros típicamente utilizados en las dietas de los rumiantes pueden someterse a diversos tratamientos de tipo físico para mejorar su ingestibilidad, entre los que se encuentran el picado o la molturación y posterior aglomeración de los forrajes (Chenost y Dulphy, 1987). En ambos tipos de procesos se reduce el tamaño de partícula del forraje, con lo que se incrementa el ritmo de paso por el orificio retículo-omasal. Al acelerarse el vaciado

ruminal, la ingestión se ve incrementada por regulación meramente física. El procesado es tanto más efectivo cuanto menor es la calidad inicial del forraje (Baumont et al., 1997).

Sin embargo, el molido y pelletizado puede tener como consecuencia una menor masticación y salivación (Journet y Hoden, 1973), con reducción del pH ruminal y por ello de la actividad celulolítica y, en definitiva, de la digestibilidad, con lo que los rendimientos de los animales incrementan en menor proporción que la ingestión (Paterson et al., 1994). En este sentido, Ferrer et al. (1997b) hallaron que la digestibilidad aparente de dietas compuestas exclusivamente de alfalfa deshidratada en cubos era ligeramente inferior a la de dietas mixtas compuestas por alfalfa deshidratada y paja de cebada.

El grado en que se reduce la digestibilidad depende del nivel de ingestión ($r > 0$), del tamaño de partícula ($r < 0$) y de la naturaleza del forraje, siendo superior la disminución en las gramíneas que en la alfalfa (Demarquilly, 1968).

2.2.2.4.- Contenido en agua

La tasa de humedad de los alimentos juega un papel de limitante físico de su ingestibilidad. En pastoreo, además, la ingestión de pasto húmedo se ve generalmente reducida por limitaciones comportamentales (Faverdin et al., 1997), aunque Allison (1985) describe varias experiencias en las que el contenido en agua no afecta a la ingestión.

En pastoreo el ritmo de ingestión de nutrientes es menor cuando éstos se ven diluidos en el pasto por una elevada tasa de humedad, tanto interna como superficial (Butris y Phillips, 1987; John y Ulyatt, 1987). Dado que el animal dispone de un tiempo limitado para dedicar diariamente a la ingestión de pasto, la ingestión total de materia seca puede verse reducida. En vacuno lechero se describe que, por debajo de un 18% MS en el pasto, la ingestión diaria se reduce en 0.34 kg por cada 1% de reducción en el contenido en materia seca (Leaver, 1985).

2.2.2.5.- Palatabilidad

La palatabilidad puede definirse como el conjunto de características físicas (fibrosidad, presencia de espinas) o químicas (gusto, olor) que estimulan el apetito del animal (Jarrige, 1978), actuando sobre los aspectos sensoriales de la regulación de la ingestión (modulación psicogénica) (Mertens, 1994). La palatabilidad no parece ser una característica inherente al alimento, sino que depende de la experiencia del animal e incluso de su estado metabólico (Baumont, 1996).

Este parámetro, por lo subjetivo, es de difícil medida. Esta se realiza en situaciones en las que los animales tienen la posibilidad de elegir entre distintos alimentos, controlando las cantidades ingeridas de unos y otros (Baumont, 1996). También puede estimarse mediante

análisis de comportamiento la motivación que el animal presenta por ingerir un determinado alimento (Dumont y Petit, 1995).

2.2.3.- FACTORES LIGADOS AL MANEJO Y AL AMBIENTE

La ingestión de alimentos puede verse modificada por aspectos relacionados con las pautas de manejo de los animales, los métodos de alimentación y también por las condiciones ambientales. En la práctica, mientras el tipo de animales y la disponibilidad de alimentos son factores difícilmente modificables a nivel de explotación, la actuación sobre estos factores externos puede permitir un incremento de la ingestión y una mejora de los rendimientos (Faverdin et al., 1997).

2.2.3.1.- *Equilibrio nutricional del animal*

La ingestión de alimentos depende de su concentración energética, proteica y mineral con respecto a los requerimientos del tipo de animal en cuestión o de los microorganismos presentes en su rumen (Mertens, 1994), y por ello puede verse limitada en dietas no equilibradas (Ketelaars y Tolkamp, 1992). También es fundamental que el animal tenga un acceso suficiente al agua de bebida, puesto que la hiperosmolaridad ruminal reduce la ingestión (Faverdin et al., 1997).

En ocasiones se recurre a la suplementación para corregir las deficiencias de un forraje en determinados componentes. En general, la administración de un concentrado o incluso de un forraje de elevada calidad reduce la ingestión voluntaria del forraje base (Blaxter et al., 1961). La tasa de sustitución, es decir, la reducción en MSI de forraje por cada kg de concentrado, es menor cuanto menor es la calidad inicial del forraje (Jarrige et al., 1986). De hecho, esta tasa puede llegar a ser negativa si se corrigen las deficiencias del forraje, por ejemplo, al administrar suplementos proteicos con forrajes de muy bajo contenido en proteína se incrementa sensiblemente la ingestión de dichos forrajes (Church y Santos, 1991; Köster et al., 1996).

2.2.3.2.- *Métodos de alimentación*

La forma en que los alimentos se distribuyen a los animales condiciona en alto grado su ingestión.

En primer lugar, ésta depende del tiempo de acceso del animal a los alimentos, pero también del número de distribuciones diarias, ya que el hecho de recibir comida incita al animal a comer (Dulphy y Faverdin, 1987).

Por otra parte la cantidad ofrecida también afecta a la ingestión: se ha observado que ésta puede incrementar con el nivel de rehusado permitido hasta un 25-35% (Chenost y Demarquilly, 1982; Burns et al., 1994). Sin embargo, en las medidas de la ingestión voluntaria se considera un nivel de rehusado del 15%, ya que si la oferta es muy elevada se puede potenciar un comportamiento de selección que podría reducir la ingestión total de MS.

En el caso de que se administren dietas mixtas, la ingestión es superior cuando las dietas son mezclas completas (unifeed), porque mantienen constantes las condiciones y la funcionalidad del rumen (Ingvartsen, 1994). Si los distintos componentes se administran por separado, la frecuencia de distribución de los concentrados juega un papel importante en la ingestión. La administración de una sola vez de grandes cantidades de concentrado puede alterar el ratio propiónico:acético en el rumen, reducir el pH ruminal y con ello la actividad celulolítica de sus microorganismos, con lo que disminuiría la ingestión del forraje (Kaufmann, 1976).

Con respecto al tipo de estabulación, parece ser que en situación de no competencia la estabulación libre permite a los animales una mayor expresión de su capacidad de ingestión. Ingvartsen (1994) y Faverdin et al. (1997) estiman el incremento en +4% sobre un elevado número de comparaciones. D'Hour et al. (1991) describen hasta un 10% más en novillas, aunque Ingrand et al. (1997) describen el efecto contrario (-6%). Por otra parte, la reducción en la disponibilidad de espacio por animal causa disminuciones en la ingestión, probablemente por mecanismos hormonales originados por el stress (Ingvartsen, 1994).

Cuando se administra un alimento determinado durante un periodo de tiempo más o menos prolongado, el animal incrementa su ingestión a largo plazo al adaptarse sensorial o digestivamente a las dietas, e incluso si es una dieta pobre que origina pérdidas de peso, por la reducción de los depósitos adiposos que ocasiona (Dulphy y Faverdin, 1987).

A efectos de control de la ingestión voluntaria, se considera que un periodo de adaptación a la dieta de 10-15 días es suficiente para asegurar la precisión de las medidas (Blaxter et al., 1961; Chenost y Demarquilly, 1982; Burns et al., 1994).

2.2.3.3.- Ambiente

Los principales factores ambientales que pueden influir en la ingestión son la temperatura y el fotoperiodo. Éste último presenta un efecto más notable en ganado ovino que en vacuno, por su mayor estacionalidad (Dulphy et al., 1994), que se refleja en una reducción de la ingestión durante la época invernal (Mantecón, 1991).

La estación presentaría un efecto más marcado en pastoreo, y así Corbett et al. (1963) hallaron en ganado vacuno una reducción de la ingestión próxima al 12% en otoño frente a primavera.

Sin embargo, es difícil disociar el efecto estricto del fotoperiodo sobre la ingestión de los cambios en las características del pasto relacionados con la estación (Demment et al., 1995). La disminución en la ingestión puede deberse a la reducción de la digestibilidad (Reid et al., 1972; Le Du et al., 1981), al acúmulo de material muerto (Le Du et al., 1981) o a la contaminación del pasto por excretas (Greenhalgh y Reid, 1969), ya que los animales evitan pastar en el área que las rodea, sobre todo si pertenecen a individuos de la misma especie (Forbes y Hodgson, 1985b; Hagström, 1990).

En vacuno se han observado además cambios en las pautas de pastoreo a lo largo del día en las diferentes estaciones (Phillips y Leaver, 1986).

Con respecto a la temperatura, la ingestión se reduce cuando ésta incrementa, aunque el efecto sólo es notable por encima de 30° (Faverdin et al., 1997). Por debajo de la temperatura crítica, la ingestión se incrementa por un aumento de la motilidad ruminal, motivado a su vez por el incremento en la demanda energética (Ketelaars y Tolkamp, 1992). Los mecanismos de regulación relacionados con la temperatura operan también en situaciones de pastoreo (Ehrenreich y Bjugstad, 1966; Senft y Rittenhouse, 1985), aunque la relación es más compleja.

En diversos ensayos (Malechek y Smith, 1976; Adams et al., 1986, 1987; Warren y Mysterud, 1991) se observó una reducción en el tiempo de pastoreo al disminuir la temperatura diaria, de forma que los animales tendían a minimizar el gasto energético en estas condiciones.

Dunn et al. (1988) observaron que el tiempo de pastoreo se mantenía relativamente constante independientemente de la temperatura, y Beverlin et al. (1989) argumentan que dentro del rango habitual de temperaturas las variaciones en ingestión son mínimas.

2.2.4.- FACTORES PARTICULARES QUE AFECTAN A LA INGESTIÓN EN PASTOREO

En los sistemas de pastoreo la ingestión voluntaria no depende únicamente de la capacidad de ingestión del animal y la ingestibilidad del alimento, que afectan en el sentido ya descrito, sino que además entran en juego aspectos físicos y estructurales de la cubierta vegetal.

De las características del pasto que afectan a la ingestión hemos descrito ya la influencia de la composición química, la digestibilidad o la palatabilidad. En este apartado analizaremos el efecto de algunas características relacionadas con la disponibilidad y la estructura del mismo, como su distribución espacial, altura o composición botánica (Allden y Whittaker, 1970).

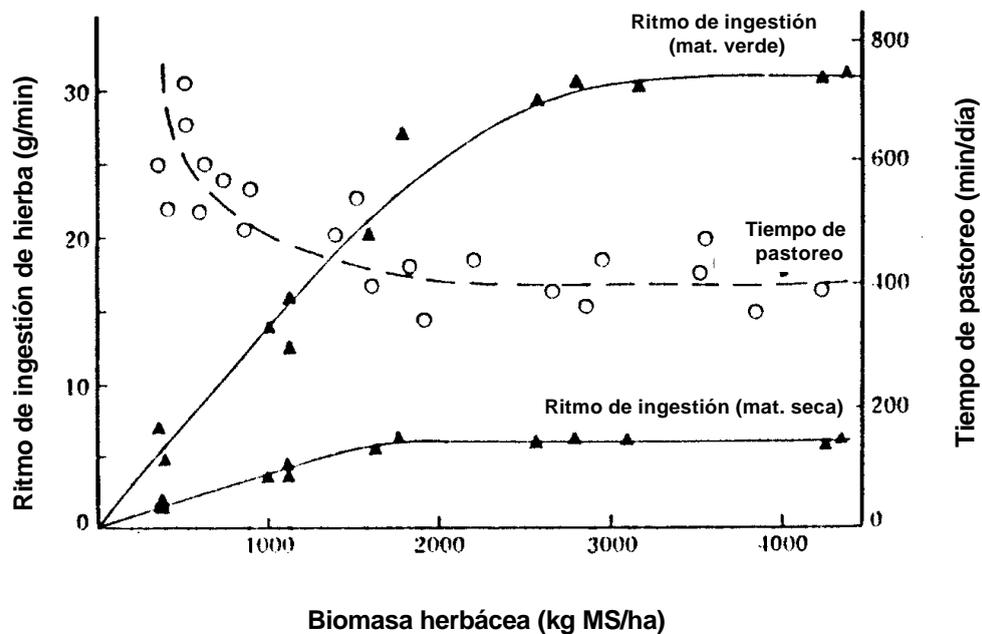
Los aspectos estructurales afectan directamente a los procesos mecánicos involucrados en el pastoreo (Hodgson, 1985) y a la prehensibilidad del alimento, y pueden por tanto limitar la

capacidad del animal de ingerir suficiente pasto en el tiempo que puede consagrar diariamente a pastar (Peyraud et al., 1995).

2.2.4.1.- Biomasa herbácea

La cantidad de biomasa presente por unidad de superficie se relaciona positivamente con el tamaño de bocado (Hendricksen y Minson, 1980; Forbes y Hodgson, 1985a; Dougherty et al., 1988), y negativamente con el ritmo de bocados y el tiempo de pastoreo (Alden y Whittaker, 1970; Jamieson y Hodgson, 1979b; Le Du, 1980; Erlinger et al., 1990). En todos los casos la relación es de tipo asintótico (Figura 5).

Figura 5: Relación entre el ritmo de ingestión de hierba fresca y seca y el tiempo de pastoreo diario con la biomasa herbácea (Alden y Whittaker, 1970).



A lo largo del periodo de utilización de una pradera, la reducción en la biomasa/ha ocasiona una disminución en el tamaño de bocado, y por tanto en el ritmo de ingestión. El animal trata de compensar esta reducción incrementando su tiempo de pastoreo (Freer, 1981, D'Hour et al., 1994), aunque por debajo de cierta disponibilidad la compensación no es posible y la ingestión total se reduce. En praderas de zonas templadas este valor umbral se ha establecido entre 1100-2800 kg MS/ha en ganado vacuno (Hodgson, 1977; Balent, 1987).

2.2.4.2.- Disponibilidad de hierba

En la bibliografía se alude con frecuencia a la disponibilidad de hierba refiriéndose indistintamente a la biomasa presente en una superficie dada o a la efectivamente disponible por cada animal.

Estrictamente, el término “disponibilidad” se refiere a la cantidad de pasto a la que el animal tiene acceso, y puede considerarse como biomasa disponible por animal (Greenhalgh et al., 1966) o por unidad de peso vivo (Hodgson, 1979; Baker et al., 1981a). En pastoreo continuo, los términos “biomasa” y “disponibilidad “ pueden considerarse equivalentes (Hodgson, 1979).

Este factor no es una característica intrínseca de la cubierta vegetal, sino más bien resultante del manejo de los animales: la disponibilidad variará en función de la carga ganadera o de la utilización de sistemas de pastoreo continuo o racionado.

La biomasa presente en la pradera y la disponibilidad por animal afectan de manera independiente a la ingestión de hierba (Combellas y Hodgson, 1979; Peyraud et al., 1996). La respuesta de la ingestión a la disponibilidad es igualmente positiva (Jamieson y Hodgson, 1979b) y de tipo asintótico (Gibb y Treacher, 1976; Comerón, 1991), con un máximo entre los 45 y 55 g MS/kg PV (revisión de Leaver, 1985).

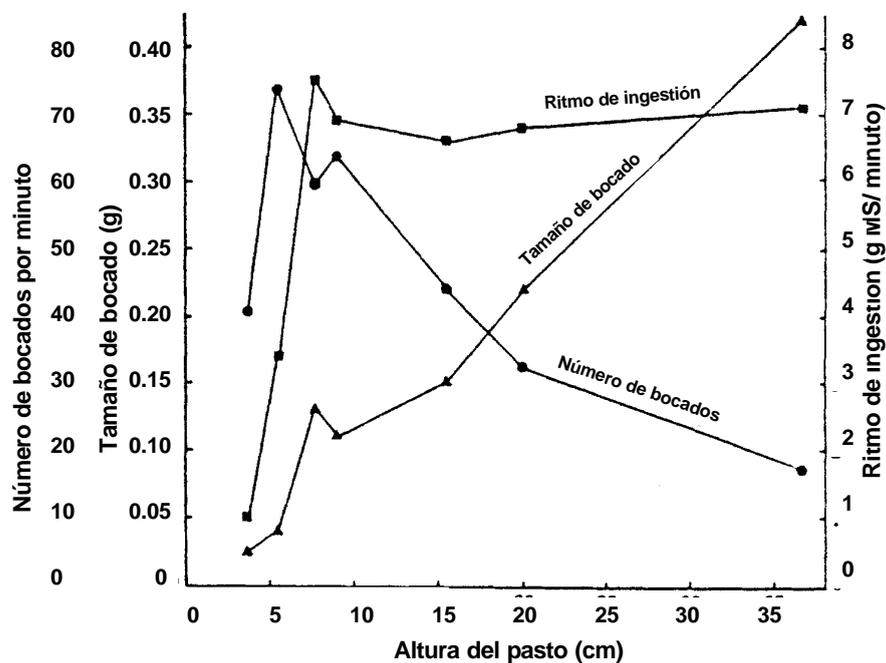
Como consecuencia de la mayor ingestión en situaciones de mayor disponibilidad de hierba, los rendimientos de animales también se ven incrementados (Le Du et al., 1979a; Baker et al., 1981a).

2.2.4.3.- Altura de la hierba

La altura de la hierba también se relaciona positivamente con el tamaño de bocado (Balent, 1987; Burlison et al., 1991), y negativamente con el ritmo de bocados y el tiempo de pastoreo (Allden y Whittaker, 1970; Hodgson, 1981; Black y Kenney, 1984; Phillips y Leaver, 1986; Ferrer et al., 1995).

La relación de la altura con el tamaño de bocado y la ingestión diaria también es de tipo curvilíneo (Allden y Whittaker, 1970), puesto que a partir de determinada altura la ingestión se mantiene constante (Figura 6). Sin embargo, en pastos de altura muy reducida además del tamaño de bocado pueden disminuir también el tiempo de pastoreo y el ritmo de bocados, acentuando la reducción de la ingestión diaria (Allden y Whittaker, 1970; Hodgson, 1985).

Figura 6: Relación entre la frecuencia y el tamaño de bocados y el ritmo de ingestión con la altura del pasto (Allden y Whittaker, 1970).



El peso de cada bocado es el producto de su área, su profundidad y la densidad de la porción de pasto aprehendido (Hodgson, 1985). El área depende principalmente de la longitud de la arcada incisiva (Demment y Greenwood, 1988; Gordon et al., 1996), aunque además en vacuno se ha relacionado con el área que cubre el movimiento de la lengua (Hodgson, 1985) y con la altura o la densidad del pasto (Laca et al., 1992).

La profundidad del bocado se relaciona con la profundidad del estrato hojoso (Barthram y Grant, 1984; Burlison et al., 1991, Laca et al., 1992), aunque hay un máximo condicionado por las dimensiones de la boca del animal, de modo que a partir de cierta altura del pasto el tamaño de bocado se mantiene constante (Demment et al., 1987).

La altura es el parámetro que por sí solo mejor se correlaciona con la ingestión de hierba (Hodgson, 1981; Burlison y Hodgson, 1985), y se considera el principal factor determinante tanto de la ingestión como del comportamiento en pastoreo (Forbes, 1988). Además de la relación entre la altura instantánea del pasto y el comportamiento animal, La altura residual de el pasto, es decir, la altura de una parcela tras el pastoreo, es también un buen indicador de la respuesta del animal a las condiciones del pasto y al manejo impuesto (Baker et al., 1981a; Osoro et al., 1995c).

La relación positiva de la altura con la ingestión se refleja también en el rendimiento animal (Le Du et al., 1981; Wright y Russel, 1987; Wright et al., 1990; Osoro et al, 1995a).

Como en el caso de la biomasa, ante reducciones en la altura del pasto se reduce el tamaño de bocado y los animales modifican su comportamiento para mantener una ingestión constante, lo cual no es posible a partir de cierto umbral (Baker et al., 1981b; Wright y Russel, 1986; Wright et al., 1990).

La altura mínima a partir de la cual la ingestión diaria se ve reducida varía en función del tipo de pasto y también del tipo de animal.

En las praderas del Reino Unido esta altura se encuentra entre 7 y 10 cm para las vacas de cría en lactación (Le Du et al., 1979a; Baker et al., 1981b; Wright, 1988), similar a los 7.7 cm descritos por Allden y Whittaker (1970) en ovinos en praderas polifitas del sur de Australia. Sin embargo, Ferrer et al. (1995) describen en novillas y vacas secas que en praderas de dactilo de 7.5 ó 10.2 cm los animales no fueron capaces de aumentar su tiempo de pastoreo diario para mantener la misma ingestión diaria que en pastos de 21.1 cm de altura.

En pastos naturales de la montaña Asturiana, Oliván (1995) describe en comunidades dominadas por herbáceas que para mantener rendimientos aceptables la altura mínima de las herbáceas apetecibles ha de ser de 3.5 cm en vacas lactantes y 3 cm en vacas secas. En las comunidades dominadas por Calluna, Oliván (1995) cita que las vacas secas requieren una altura mínima de 3.5 cm, mientras que con la altura registrada en sus ensayos a lo largo del verano las vacas lactantes perdían peso y sus terneros tenían ganancias inferiores a 0.5 kg/día. También en la Cornisa Cantábrica pero sobre praderas de raigrás y trébol blanco, Osoro et al. (1995b) cifran esta altura mínima en 6 cm para vacas con cría.

Es difícil dissociar los efectos de la biomasa de hierba y la altura de otras características físico-químicas del pasto (Hodgson, 1986). A veces la altura y la biomasa se relacionan con un avanzado estado de madurez que reduce la digestibilidad y calidad del pasto, con lo que la ingestión puede verse reducida (Hodgson y Wilkinson, 1968; Hodgson et al., 1977; Dougherty et al., 1988).

2.2.4.4.- Estructura / Densidad del pasto

La densidad del pasto también influye positivamente sobre el tamaño de bocado (Black y Kenney, 1984; Burlison et al., 1991; Hodgson et al., 1994), y se relaciona principalmente con la proporción de hojas en el estrato pastado (Chacon y Stobbs, 1976).

La densidad del pasto se encuentra negativamente correlacionada con la altura (Mantecón, 1991; Laca et al., 1992). Esta relación se asocia con el estado fenológico del pasto, ya que al desarrollarse y aumentar la altura se alcanza el estado reproductivo y la densidad en los estratos superficiales se reduce (Forbes, 1988). Por ello Black y Kenney (1984) y Laca et al.

(1992) afirman que, incluso en pastos artificiales homogéneos, tanto la altura como la densidad son necesarias para predecir el tamaño de bocado.

En pastos de áreas templadas la altura parece ser la característica del pasto que más afecta al tamaño de bocado (Forbes, 1988), pero en pastos tropicales afectan más la densidad y el ratio hojas/tallos (Stobbs, 1973 a,b; Chacon y Sobbs, 1976; Chacon et al., 1978; Hendricksen y Minson, 1980).

La densidad del pasto puede relacionarse con una intensidad de selección en la vertical o "bite selection", (Milne, 1991), puesto que los animales prefieren las hojas frente a los tallos (Hendricksen y Minson, 1980), ya que su tiempo de retención en el rumen es menor (Poppi et al., 1981).

2.2.4.5.- Composición botánica del pasto

Como se ha comentado, la ingestión de forrajes a base de leguminosas es superior que en los de gramíneas, por su mayor rapidez de degradación a nivel ruminal (Demarquilly y Andrieu, 1988). En pastoreo, esto se ve reforzado por el hecho de que las leguminosas son más hojosas y distribuyen una mayor proporción de la planta en los horizontes superiores (Hodgson, 1977).

La ingestión es superior en pastos mixtos frente a los compuestos exclusivamente por gramíneas (Holloway y Butts, 1983), y puede considerarse proporcional al porcentaje de leguminosas (Hodgson, 1977).

Como consecuencia, además de una pauta de pastoreo diferente (Penning et al., 1991), generalmente se obtienen mejores rendimientos en los pastos de leguminosas o mixtos que en los de gramíneas (Gibb y Treacher, 1976; Holloway y Butts, 1983; Holloway et al., 1985; Cruickshank et al., 1992).

La heterogeneidad del pasto y la diversidad en la composición botánica pueden dar origen a un comportamiento de selección por parte de los animales. De hecho, la dieta de los rumiantes suele contener una mayor proporción de leguminosas y herbáceas en general que el pasto en oferta (Freer, 1981; Hodgson, 1986).

En los pastos heterogéneos se ejerce una selección horizontal o de zona ("site selection"), consistente en la elección de los parches de vegetación que permiten el mayor ritmo de ingestión de nutrientes con el mínimo gasto energético (Milne, 1991).

Diversos autores describen que la intensidad de selección es superior en el ganado ovino que en el vacuno, mientras que las vacas presentan una mayor disponibilidad a pastar hierba más alta y fibrosa (Buttenschøn y Buttenschøn, 1978; Grant et al., 1985, 1987; Armstrong y Hodgson, 1986; Hagström, 1990; Hodgson et al., 1991). Esto se debe a que el ganado vacuno puede sacrificar la calidad de la dieta porque su tiempo de retención en el rumen es

superior, lo que se asocia a una mayor eficiencia digestiva (Poppi et al., 1981), mientras que el ovino tiende a mantener la calidad de la dieta ingerida (Armstrong y Hodgson, 1986).

Por otra parte, la edad del animal también influye en el grado de selección, y así los animales jóvenes seleccionan una dieta de calidad superior a la de los adultos (Ferrer et al., 1995).

Al reducirse la altura, la disponibilidad o la biomasa de las especies apetecibles en el pasto, los animales tienden a mostrarse menos selectivos e ingieren plantas o partes de ellas que inicialmente rechazaban (Holechek et al., 1981; Grant et al., 1985; Uresk y Paintner, 1985; O'Reagain y Mentis, 1989; Hagström, 1990; Pfister y Adams, 1993; Oliván, 1995; Dumont, 1997).

A pesar de las consecuencias positivas que puede tener para el animal el seleccionar de entre la oferta una dieta más nutritiva, este comportamiento selectivo suele conducir a una reducción en la frecuencia de bocados y el tiempo de pastoreo efectivo (Stobbs, 1973a). Con ello, la potencial ventaja de una dieta más rica puede desaparecer por una menor ingestión total al cabo de la jornada de pastoreo (Hodgson, 1985).

Además de la selección de una dieta más nutritiva, los animales establecen una discriminación de plantas cuyo consumo puede ser potencialmente negativo. Los rumiantes reaccionan negativamente ante las defensas físicas, como pelos (p.e. especies de los géneros *Plantago*, *Silene*, *Centaurea*) y espinas (p.e. especies de los géneros *Ortica*, *Juniperus*, *Genista*), y también defensas químicas, como toxinas y factores que reducen la digestibilidad (Belovsky y Schmitz, 1991).

El aprendizaje para la selección negativa de estas plantas se realiza por su sabor y por señales postingestivas, por imitación del comportamiento de la madre o los congéneres o por procedimientos de tanteo y error (Provenza et al., 1992). Aunque los animales ingieren con frecuencia plantas potencialmente tóxicas, son capaces de desarrollar mecanismos fisiológicos que neutralizan en ocasiones el efecto de las toxinas (Provenza et al., 1992).

2.2.4.6.- Estado fenológico

La evolución de las plantas hacia la madurez origina incrementos en el contenido en NDF (Van Soest, 1982) y una reducción de la digestibilidad (Demment et al., 1995), a la par que, generalmente, aumenta su altura y la cantidad de biomasa por ha.

La calidad de las plantas es máxima antes de la floración en las leguminosas y el espigado en las gramíneas porque la proporción de hojas es máxima (Demarquilly y Andrieu, 1988).

En gramíneas, Greenhalgh et al. (1966) describen ingestiones superiores con pasto en estado hojoso frente a pasto espigado. Según Forbes (1988), al aparecer inflorescencias en la superficie se reduce el tamaño de bocado, tanto porque disminuye la densidad de hojas en

el estrato pastado, como porque los animales seleccionan activamente las hojas frente a las flores.

El número de aprovechamiento del pasto también puede afectar a la ingestión: Demarquilly (1966) describe que incluso a igual digestibilidad la ingestión de rebrotes es superior que en el primer ciclo. Además, mientras la ingestibilidad decrece rápidamente con la edad de la planta en el primer ciclo, en los rebrotes esta reducción es más lenta (Demarquilly y Andrieu, 1988).

Con relación al estado fenológico, la selección de bocado que se realiza es de hojas frente a inflorescencias y de material vegetal verde frente a material muerto (Milne, 1991).

2.2.4.7.- Manejo del pasto

El manejo del pasto afecta a la ingestión de hierba fundamentalmente por su efecto sobre la disponibilidad de hierba por animal, aunque también se describe la influencia de la fertilización, asociada a las necesidades nutritivas del pasto y a su capacidad de crecimiento (Peyraud et al., 1995).

La aplicación de cargas ganaderas elevadas reduce la biomasa disponible por individuo, con lo que disminuye el rendimiento por animal. Por el contrario el rendimiento por unidad de superficie se incrementa (Baker et al., 1981b; Baker et al., 1982b; Allison, 1985), aunque alcanza un máximo y a cargas superiores decrece rápidamente (Leaver, 1985).

Forbes (1988) comenta que a baja carga ganadera los animales frecuentan más unas áreas que otras, seleccionando los parches de vegetación más nutritivos. Cuando la carga aumenta, se fuerza a que se utilice todo el pasto, con lo que la digestibilidad de la hierba se reduce al profundizar en estratos más bajos, con más tallos, y el tamaño de bocado desciende al reducirse la altura del pasto (Hodgson, 1981).

En la revisión de Peyraud et al. (1995) se concluye que la ingestión en pastoreo continuo es superior a la observada en pastoreo racionado, y se apuntan como posibles causas la mayor distancia recorrida diariamente y el mayor coste energético asociado a los desplazamientos. Sin embargo, Comerón (1991) no halla ninguna diferencia en la ingestión diaria entre los dos sistemas.

No parecen existir diferencias en la ingestión entre sistemas de pastoreo rotacional y continuo (Baker et al., 1982b; Mckown et al., 1991), aunque las pautas de comportamiento y desplazamientos pueden ser diferentes (Hepworth et al., 1991).

La mayoría de estos aspectos se han estudiado en pastoreo más o menos intensivo y en pastos homogéneos (generalmente en praderas temporales de características variables e

incluso cultivos monofitos), con la excepción de algunos de los estudios descritos referentes a la selección de la dieta.

En los sistemas de pastoreo extensivo sobre pastos heterogéneos, la altura y la disponibilidad de hierba en un área determinada puede tener poca significación al hablar de territorios extensos en los que tanto la vegetación como la estructura física del territorio son muy variables.

Las superficies pastorales utilizadas en el Pirineo Central, objeto de estudio de esta memoria, son fundamentalmente praderas naturales de fondo de valle y grandes áreas de pastos forestales y supraforestales muy heterogéneas, que incluso a pequeña escala se encuentran compuestas por multitud de mosaicos de vegetación diferentes (Ocaña, 1977; Balent, 1987; Revilla, 1987; Ferrer, 1988; Ascaso, 1990).

En esta situación, la selección de la dieta puede presentar un importante efecto sobre la ingestión (Mantecón, 1991). Sin embargo, la estrategia de selección de zona de pastoreo descrita por Milne (1991) no se reduce sólo a la selección a pequeña escala, sino que puede ampliarse a la preferencia de determinadas zonas dentro de las grandes áreas de pastoreo disponibles. En estas condiciones los principales factores que condicionan el grado de utilización de las distintas zonas son el tipo de vegetación, su biomasa herbácea y calidad (contenido en proteína bruta), distancia al agua y saladeros, pendiente, abundancia de arbustos o proximidad a los límites del pasto (accesos, vallas) (Mueggler, 1965; Cook, 1966; Roath y Krueger, 1982; Senft et al., 1985; Owens et al., 1991; Pinchak et al., 1991; Hart et al., 1993).

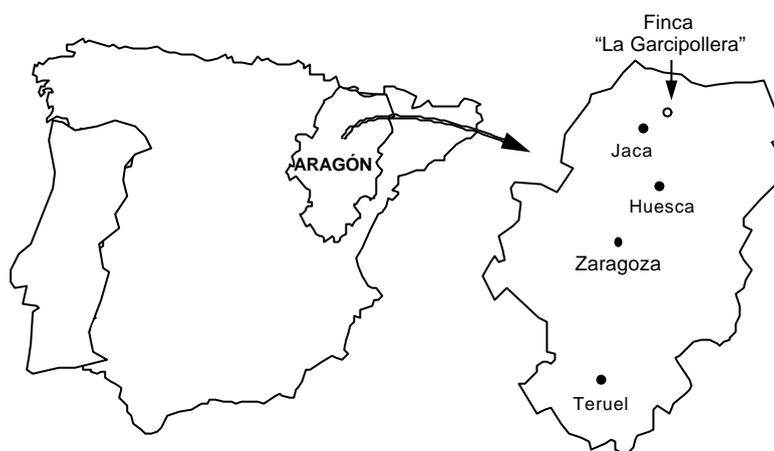
Por otra parte, algunos de estos factores actúan de forma muy estacional, y las pautas de utilización de las diferentes zonas pastables disponibles suelen variar a lo largo de la estación de pastoreo. Así, en las épocas frías los animales tienden a pastar en las zonas menos expuestas de los pastos (Arnold, 1984; Beaver y Olson, 1997) y muestran una mayor preferencia por las zonas arboladas en las épocas más calurosas (Holechek et al., 1981).

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.- FINCA EXPERIMENTAL

Los ensayos presentados en esta memoria se llevaron a cabo en la estación experimental de “La Garcipollera”, propiedad del Servicio de Investigación Agroalimentaria de la D.G.A., y situada en Bescós de la Garcipollera, término municipal de Jaca, en el Pirineo oscense (Figura 7). La explotación se localiza a 945 m de altitud, aunque las diversas superficies pastables del valle alcanzan hasta 2200 m.

Figura 7: Localización geográfica de la estación experimental de “La Garcipollera”.



Las características meteorológicas de la zona se destacan en la Tabla 2, resumen de los datos recogidos en la estación meteorológica de Bescós de la Garcipollera durante el periodo 1987-1996. Se trata de un clima típico de la montaña mediterránea, con inviernos fríos y prolongados (t^a media en torno a los 4°C) y veranos secos y calurosos (t^a media próxima a los 20°C). De los 999 l/m^2 de precipitación anual total, buena parte se concentra en primavera y otoño-principio de invierno (Figura 8), mientras en el verano las precipitaciones suelen presentarse en forma de tormentas, y se describen épocas de subaridez (Creus, 1983)

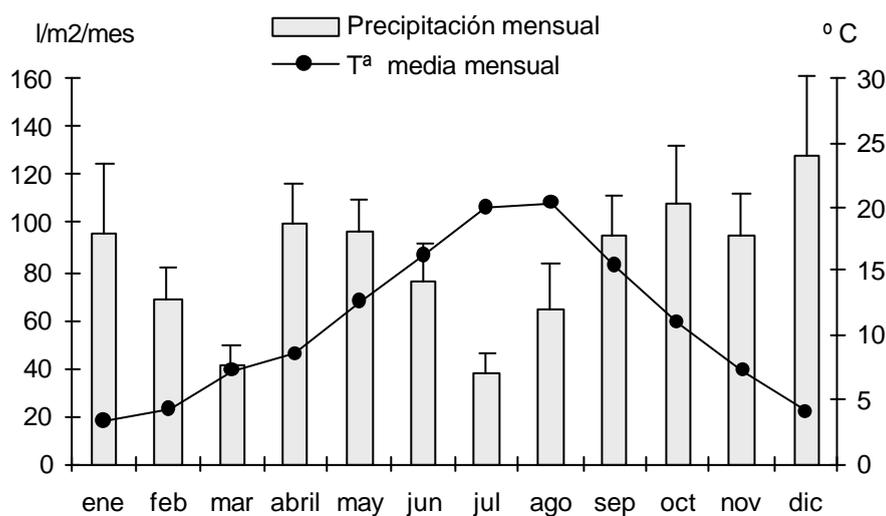
Sin embargo, hay que destacar que estas características se corresponden únicamente a las observadas en el fondo del valle, y que en las zonas altas del área de estudio pueden ser diferentes. Así, mientras la temperatura media anual en Bescós es de 10.8°C , en las condiciones del Pirineo a 2500 m se localiza la isoterma anual de 1.5°C (Creus, 1989), en función de un gradiente de temperatura de $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ de altitud (Creus, 1983). La pluviometría también incrementa en las zonas de mayor altura, p.e. en la estación meteorológica de Candanchú (1550 m, situado aproximadamente a 15 km lineales de las estivas de la Garcipollera) se registran precipitaciones de 1800 mm anuales (Creus, 1989).

Tabla 2: Pluviometría y temperaturas medias registradas en Bescós de la Garcipollera entre 1987 y 1996.

| | ene | feb | mar | abril | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
|------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| T ^a máxima absoluta | 14.5 | 19.0 | 22.0 | 23.3 | 27.3 | 30.2 | 34.1 | 34.1 | 30.1 | 22.7 | 20.0 | 14.3 |
| T ^a mínima absoluta | -7.8 | -7.8 | -5.7 | -3.5 | -0.7 | 2.3 | 5.8 | 5.7 | 3.1 | -1.0 | -4.6 | -7.3 |
| T ^a med. de las máximas | 9.0 | 10.4 | 14.2 | 14.8 | 19.4 | 23.2 | 28.0 | 28.6 | 22.4 | 16.6 | 12.7 | 9.2 |
| T ^a med. de las mínimas | -2.2 | -1.7 | 0.2 | 2.5 | 6.0 | 9.0 | 11.8 | 12.1 | 8.5 | 5.3 | 1.8 | -0.8 |
| T ^a media | 3.4 | 4.4 | 7.2 | 8.7 | 12.7 | 16.1 | 19.9 | 20.3 | 15.4 | 10.9 | 7.2 | 4.2 |
| Precipitación media | 95.2 | 68.5 | 40.6 | 99.6 | 96.5 | 75.2 | 37.5 | 64.6 | 94.1 | 108.3 | 94.1 | 128.3 |
| Precip.máxima en 24h | 21.6 | 21.3 | 16.4 | 27.9 | 21.8 | 19.9 | 15 | 23.3 | 38.2 | 28.8 | 22.9 | 38 |
| Nº días precipitación | 10 | 7.2 | 5.5 | 11 | 13.2 | 8.7 | 6.3 | 6.9 | 7.8 | 12.1 | 8.2 | 9.3 |
| (****) | 31.1 | 112.7 | 70.6 | 27.2 | 105.5 | 95.8 | 35.2 | 5.7 | 91.9 | 14.0 | 18.7 | 999 |

(****) Los datos de esta línea corresponden por este orden a las medias anuales de: (1) días de temperatura mínima inferior a -5°C, (2) días de temperatura mínima inferior a 0°C, (3) días de temperatura máxima superior a 25°C, (4) días de temperatura máxima superior a 30°C, (5) nº de días con precipitación apreciable, (6) nº de días con precipitación superior a 1 l/m², (7) nº de días con precipitación superior a 10 l/m², (8) nº de días con precipitación superior a 30 l/m², (9) nº de días de lluvia, (10) nº de días de nieve, (11) nº de días de tormenta, y (12) precipitación total anual, l/m².

(datos elaborados a partir de los registros del Instituto Nacional de Meteorología).

Figura 8: Diagrama ombrotérmico de la estación de Bescós de la Garcipollera.

3.2.- ANIMALES

Todos los animales utilizados en los ensayos proceden del rebaño de “La Garcipollera”, compuesto aproximadamente por 200 vacas de cría, de las que 140 son de raza Parda Alpina y 60 de raza Pirenaica. Se han utilizado estas razas como base del rebaño experimental en función de su censo la primera y de su importancia histórica la segunda.

La raza Parda Alpina se explota en España desde hace más de un siglo. Inicialmente se introdujo para mejorar la producción lechera de las poblaciones autóctonas existentes, y absorbió en buena parte a las razas locales. Hoy en día es el genotipo preponderante en el Pirineo oscense, y lo ha sido de forma creciente en la última década: del 78.5% del censo reproductor a finales de los años 80 (Revilla et al., 1988) ha pasado al 92% de las 17700 vacas censadas en 1995 (Herrero, 1996), debido a la reducción de los censos de vacas Frisonas.

Aunque en algunas áreas de España esta raza se explota fundamentalmente por su aptitud lechera, en la montaña pirenaica el paulatino abandono del ordeño en las últimas décadas ha orientado su explotación hacia la producción de terneros para su posterior cebo en otras áreas. Esta raza se ha utilizado frecuentemente en cruzamiento terminal con razas cárnicas especializadas, y el 60% de los toros utilizados en el Pirineo son de raza Charolais (Revilla et al., 1988), pero actualmente el interés por la cría en pureza como forma de asegurar la reposición es creciente. Por esto, desde 1989 se desarrollan en el Pirineo catalán planes de mejora genética de la raza Bruna dels Pirineus (Piedrafita et al., 1993), con selección de caracteres de crecimiento y peso al destete de los terneros.

La raza Pirenaica es una raza autóctona del N de España, que originalmente se explotó en su triple aptitud carne-leche-trabajo. Con la introducción a principio de siglo de razas especializadas, con mayor producción, los efectivos de esta raza se vieron sensiblemente reducidos, alcanzando censos próximos a la extinción en los años 70 (Esteban y Tejón, 1978; Blasco et al., 1992a). En Navarra se iniciaron programas de recuperación y selección hacia la especialización cárnica (Altarriba et al., 1991) que han consolidado los efectivos en dicha comunidad autónoma. Sin embargo, en otras áreas del Pirineo como Aragón y Cataluña esta raza quedó prácticamente extinta, y hoy supone menos del 0.5% del censo en el Pirineo oscense (Herrero, 1996).

El rebaño experimental se formó en 1985 a partir de novillas, por lo que las vacas utilizadas en estos ensayos oscilaron entre el primer y el noveno parto a lo largo de los años de estudio. Anualmente se realizó aproximadamente un 15% de reposición, con novillas nacidas en la explotación y que se criaron en las instalaciones del Servicio de Investigación Agroalimentaria en Zaragoza.

3.3.- MANEJO GENERAL DEL REBAÑO

El tipo de manejo utilizado en la finca se corresponde con el tradicionalmente utilizado en las explotaciones pirenaicas, con una fase de estabulación invernal más o menos prolongada, un período de pastoreo en puertos durante el verano y unas épocas intermedias de pastoreo en áreas boscosas o praderas de fondo de valle (Gibon, 1981; Revilla, 1987).

El rebaño se encontraba dividido en dos grupos claramente diferenciados en función de su época de partos: durante la primavera o en otoño. Las vacas que presentaron su parto en otoño, aproximadamente entre el 15 de septiembre y el 15 de diciembre, fueron únicamente de raza Parda Alpina, mientras que en el rebaño de partos de primavera, de marzo a mayo, había vacas de ambas razas.

Las vacas con parto en otoño permanecieron estabuladas durante toda la lactación, desde el momento del parto hasta el inicio del periodo de pastoreo de primavera (aproximadamente del 15 de octubre al 15 de abril), aunque el destete de los terneros se produjo a mediados de Marzo, cuando éstos contaban cinco meses de edad. Durante la primavera, las vacas pastaron en áreas boscosas hasta el inicio del pastoreo estival en puertos de montaña, que se prolongó hasta mediados de septiembre. A la bajada de puerto las vacas permanecieron en praderas de fondo de valle hasta el nuevo parto, durante un periodo variable y generalmente no superior a un mes (Figura 9).

En el caso de las vacas con parto en primavera, la lactación se desarrolló en dos fases: durante la primavera las vacas y los terneros permanecieron estabulados, mientras que en verano utilizaron los pastos de puerto hasta el momento del destete, a mediados de septiembre, cuando los terneros tenían seis meses de edad. Durante el otoño todas las vacas pastaron en áreas boscosas hasta que se inició el periodo de estabulación, en fecha variable en función de la climatología pero aproximadamente finales de Diciembre (Figura 10).

Las novillas de reposición se criaron en las instalaciones del S.I.A. en Zaragoza, en condiciones no limitantes: durante la invernada permanecieron en estabulación libre y el resto del año pastaron en praderas polifitas de regadío, con suplementación en los momentos precisos.

3.3.1.- Manejo alimenticio

3.3.1.1.- En estabulación

Durante la invernada las vacas permanecieron en estabulación libre y fueron alimentadas en lotes. Las dietas recibidas durante esta fase se compusieron principalmente de heno de pradera, heno de alfalfa, paja de cebada, alfalfa deshidratada en cubos y harina de cebada, aunque la composición fue variable en los distintos años. En función de las diversas experiencias desarrolladas se aplicaron durante la invernada distintos niveles de alimentación, con un amplio rango en el grado de cobertura de las necesidades, con lo que todas las vacas pasaron alternativamente por planos alimenticios altos y bajos a lo largo de las sucesivas invernadas.

3.3.1.2.- En pastoreo

A lo largo de la estación de pastoreo los animales pastaron en tres tipos de superficies claramente diferenciadas:

-Praderas de fondo de valle

Se trata de praderas naturales polifitas que pueden considerarse como pastos de *Arrhenatheretalia* (Ferrer, 1988), con abundancia de *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*, *Trifolium repens* y *Dactylis glomerata*. En ambas vertientes del Pirineo estas praderas se utilizan tradicionalmente para la producción de heno para la invernada, pero también pueden aprovecharse a diente durante breves períodos del ciclo anual (Balent, 1987). Así, en algunos años las vacas con parto en primavera utilizaron estas praderas durante aproximadamente un mes previo a la subida a puerto. Por su parte, las vacas con parto en otoño las utilizaron a la bajada de puerto, hasta el momento del parto.

-Pastos forestales

Durante los periodos intermedios, primavera y otoño, las vacas secas pastaron en áreas boscosas de las laderas del valle, entre 945 y 1500 m de altitud, de una extensión aproximada de 600 ha. Estas laderas fueron repobladas durante los años 60 con *Pinus nigra* y actualmente presentan un recubrimiento arbustivo del 48% y herbáceo del 70% (Torrano et al., 1997). Los arbustos dominantes son *Buxus sempervirens* y *Genista scorpius*, con 13 y 12% de recubrimiento del suelo respectivamente (Torrano et al., 1997), que según las zonas se encuentran acompañados de otros como *Rubus ulmifolius*, *Rosa canina*, *Juniperus*

communis, *Prunus spinosa*, *Berberis vulgaris*, *Crataegus monogyna*, *Echinopartum horridum*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Ononis fruticosa* o *Thymus vulgaris* (Garín et al., 1996). Estos pastos pertenecen a las comunidades fitosociológicas de *Buxo-Quercetum* y *Aphyllantion* (Ascaso, 1988). Estas comunidades son típicas de solanas en las que se ha practicado hasta hace pocos años el régimen de artigueo, y en el Pirineo han sido utilizados tradicionalmente para el pastoreo en régimen extensivo de ganando vacuno y ovino durante los periodos intermedios comprendidos entre la estabulación y la estancia en puerto, en zonas denominadas “pardinas” (Ascaso, 1990). Según el método fitosociológico de Daget-Poissonet su valor pastoral se estima en 15.9 puntos, equivalente a una producción de 954 UFL/ha/año (Ascaso, 1988).

En esta zona, en áreas no utilizadas habitualmente por el ganado, Torrano et al. (1995) hallaron disponibilidades de hierba en torno a los 1200 kg MS/ha en primavera, de los que 500 kg se correspondían a materia verde y 700 a materia muerta. El análisis de la calidad de la hierba en primavera en zonas no pastadas y otras que sí lo habían sido reveló una ligera superioridad en éstas últimas, con una clara disminución de la proporción de materia muerta (Torrano et al., 1997) (Tabla 3).

Tabla 3: Evolución de la calidad de la hierba tras el pastoreo (en Torrano et al., 1997).

| | Zona testigo, no pastada | Areas pastadas |
|--|--------------------------|----------------|
| Digestibilidad in vitro de la MS, % | 44.1 | 48.3 |
| Proteína Bruta (g/kg MS) | 68 | 89 |
| % Materia verde/ Biomasa total | 47.3 | 79.8 |
| Contenido energético [§] , MJ EM/kg | 6.15 | 6.80 |

§ : $0.16 \cdot (\text{DMS} \cdot 0.98 - 4.8)$, (M.A.F.F., 1975)

De acuerdo con las tablas del M.A.F.F. (1975), los valores de 6.80 MJ EM/kg y 89 g PB/kg MS se aproximarían a los de “henos de hierba de muy baja digestibilidad” (7.0 y 88 respectivamente). En otoño la digestibilidad de la hierba fue de 42.8 % (Torrano, datos no publicados), que se correspondería con un contenido energético de 5.94 MJ/kg MS, inferior al observado en primavera y ya cercano al valor descrito por el M.A.F.F. (1975) para las pajas de cebada de baja calidad (5.8).

Junto a estas comunidades se encuentran también herbazales de *Brachypodium phoenicoides*, en pequeños rellanos, dominados por *Brachypodium phoenicoides*, *Buxus sempervirens* y *Genista scorpius*, con un valor pastoral de 9.2 y una producción forrajera de 552 UFL/ha/año (Ascaso, 1988).

En las zonas superiores se localizan comunidades de *Pinus sylvestris* con *Echinopartum horridum*, de valor pastoral prácticamente nulo en función tanto de la escasa presencia de especies apetecibles como de la dificultad de tránsito originada por el elevado recubrimiento de matorral (50%), debido a la gran capacidad colonizadora de *Echinopartum horridum* (Ascaso, 1990).

En conjunto, estas áreas suponen una superficie de más de 1500 ha, pastada conjuntamente por rebaños de vacas y también de ovejas (Casasús et al., 1996a), igualmente pertenecientes al rebaño experimental. Además de estos animales, un considerable número de ciervos aprovechó estas zonas en periodos coincidentes con el ganado. Las vacas con parto en primavera utilizaron estas zonas durante el otoño, entre el destete y el inicio de la estabulación invernal, y las que parieron en otoño lo hicieron durante la primavera, hasta la subida a puerto.

-Pastos de puerto

Los pastos de puerto se caracterizan por la falta de escalonamiento en la producción forrajera, ya que a final de primavera se observa una explosión de la producción en todas las zonas del puerto. Posteriormente, el crecimiento de la hierba se ralentiza a mitad de verano (Julio) y cae bruscamente al final, sea por la sequía o por el frío si el tiempo es lluvioso (de Montard et al., 1974).

En la mayoría de los puertos Pirenaicos este forraje inicialmente abundante no puede aprovecharse por siega debido a las pendientes y a la inaccesibilidad de algunas zonas, por lo que ha de utilizarse en pastoreo a lo largo de todo el verano, con la consecuente pérdida de valor nutritivo del pasto al avanzar la estación (de Montard et al., 1974).

Los puertos utilizados en este trabajo se situaban aproximadamente a 15 km de la explotación, sobre una superficie aproximada de 1300 ha en la que se diferencian tres áreas: los pastos de Cenarbe, Larrosa y La Ralla.

Estos pastos se localizan en el estrato alpino, sobre bosques de *Pinus sylvestris*, con una altitud superior a 1500m (cota máxima: Punta Espata, 2200 m). Son áreas de pendientes elevadas, oscilando entre 15 y 55%, aunque llegan a alcanzar el 70% en algunas zonas (Villalba, 1995).

Las comunidades fitosociológicas presentes en estos puertos son *Nardion strictae* y *Festucion eskiae* (Villalba, 1995). Las comunidades de *Nardus stricta* ("cervunales") ocupan las zonas menos accidentadas de las áreas bajas, y se caracterizan por la presencia de especies como *Nardus stricta*, *Trifolium alpinum*, *Potentilla erecta* o *Hieracium pilosella* (Ferrer, 1988). La producción forrajera de estas zonas es variable, y puede alcanzar valores

como los 1900 kg MS/ha citados por Ascaso et al. (1991) en pastos del Valle de Benasque, donde su contenido energético medio es de 0.5 UFL/kg MS, y hasta 3600 kg MS/ha en los pastos de *Nardion strictae* del Parque Nacional de Ordesa (Aldezábal et al., 1992).

Los pastos de *Festuca eskia* se hallan en laderas inclinadas de mayor altitud, de aspecto escalonado, en las que la *F. eskia* juega un papel estabilizador de las pendientes, sujetando los peldaños y protegiendo estos suelos contra la erosión (Ferrer, 1988). Su producción puede alcanzar valores elevados, hasta 4000 kg MS/ha en el Valle de Benasque (Ascaso et al., 1991) y en pastos del Parque Nacional de Aigües Tortes (Bas et al., 1996), aunque estos pastos pueden considerarse pobres. Su calidad está negativamente correlacionada con la producción de MS por ha, y por tanto con la abundancia de *F. eskia*, gramínea de escaso valor forrajero, que resulta fibrosa y lignificada y por tanto muy poco apetecible para el ganado.

Estas producciones se citan sólo a título orientativo, porque hay que considerar que, en primer lugar, no todas las especies presentes en el pasto son apetecibles para el ganado, y además no todas las zonas son igualmente accesibles. Por otra parte la distribución de las comunidades vegetales en estos pastos es muy heterogénea, y el tapiz herbáceo está compuesto por multitud de mosaicos vegetales que hacen que las estimas de producción sean sólo relativamente aplicables más allá de la parcela donde se han medido.

De análisis de muestras de hierba recogidas durante el verano de 1994 se obtuvo que el valor energético medio de estos pastos era de 6.0 MJ EM/kg MS (Villalba, 1995), es decir, aproximadamente 0.51 UFL/kg MS, con lo que resultaría algo superior a una paja y cercano a un heno de muy baja calidad (I.N.R.A., 1978).

En las zonas bajas (1600-1800m) se observa también la presencia *Brachypodium pinnatum* con algunos arbustos como *Echinopartum horridum* o *Juniperus communis*, que son restos del bosque original, climácico a esta altitud (García-González et al., 1990).

En las áreas próximas al núcleo de población más alto del valle (Cenarbe), abandonado en la década de los 60, se encuentran antiguos campos de cultivo en los que mediante el pastoreo se han instalado comunidades de *Festuco-Brometea* y *Molinio-Arrhenatheretea*, constituidos principalmente por especies herbáceas (*Trifolium pratense*, *Festuca arundinacea*, *Brachypodium phoenicoides*, *Lotus corniculatus*). Estas zonas pueden considerarse de buena calidad, ya que presentan un valor pastoral de 38.2 puntos y producen aproximadamente 2300 UFL/ha/año (Ascaso, 1988).

Estos pastos se aprovecharon exclusivamente durante el verano, por lo que las vacas con parto en otoño se encontraban en la segunda mitad de la gestación, mientras que las de primavera se hallaban todavía lactantes y en estadios muy tempranos de gestación.

3.3.2.- Manejo reproductivo

Todas las cubriciones se realizaron por monta natural con brios de raza Parda Alpina y Pirenaica procedentes de la misma finca o de otras ganaderías del Pirineo. En ambas parideras los partos se concentraron en un periodo de tres meses, al restringirse la permanencia de los toros con el rebaño. Para la paridera de otoño, las cubriciones se realizaron en establo entre el 15 de diciembre y el 15 de marzo, mientras que para la de primavera éstas ocurrieron tanto en establo como durante el pastoreo en puertos, desde el 15 de mayo al 15 de agosto. Para facilitar una mayor atención a los partos de las vacas primíparas, éstas se cubrieron una o dos semanas antes que las adultas.

Las cubriciones se programaron de forma que las vacas de raza Parda Alpina, de pubertad más temprana (Olleta et al., 1991), presentaran su primer parto a los 2.5 años de edad mientras que las Pirenaicas parieron por primera vez a los tres años.

Tras el parto y durante toda la fase de lactación en establo los terneros permanecieron generalmente separados de sus madres y sólo tuvieron acceso a ellas para amamantar dos veces al día, en dos periodos de unos 20 minutos. En algunos lotes experimentales la permanencia del ternero con la madre fue continuada.

Figura 9: Manejo general del rebaño con partos en otoño.

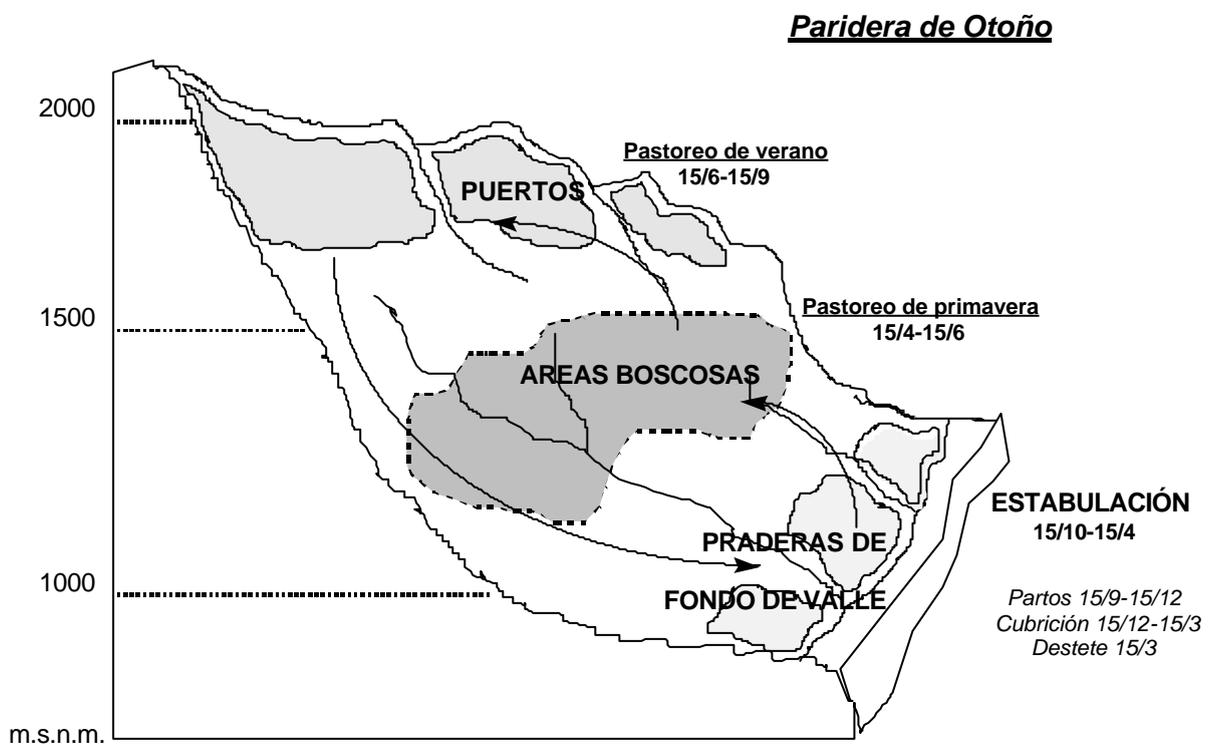
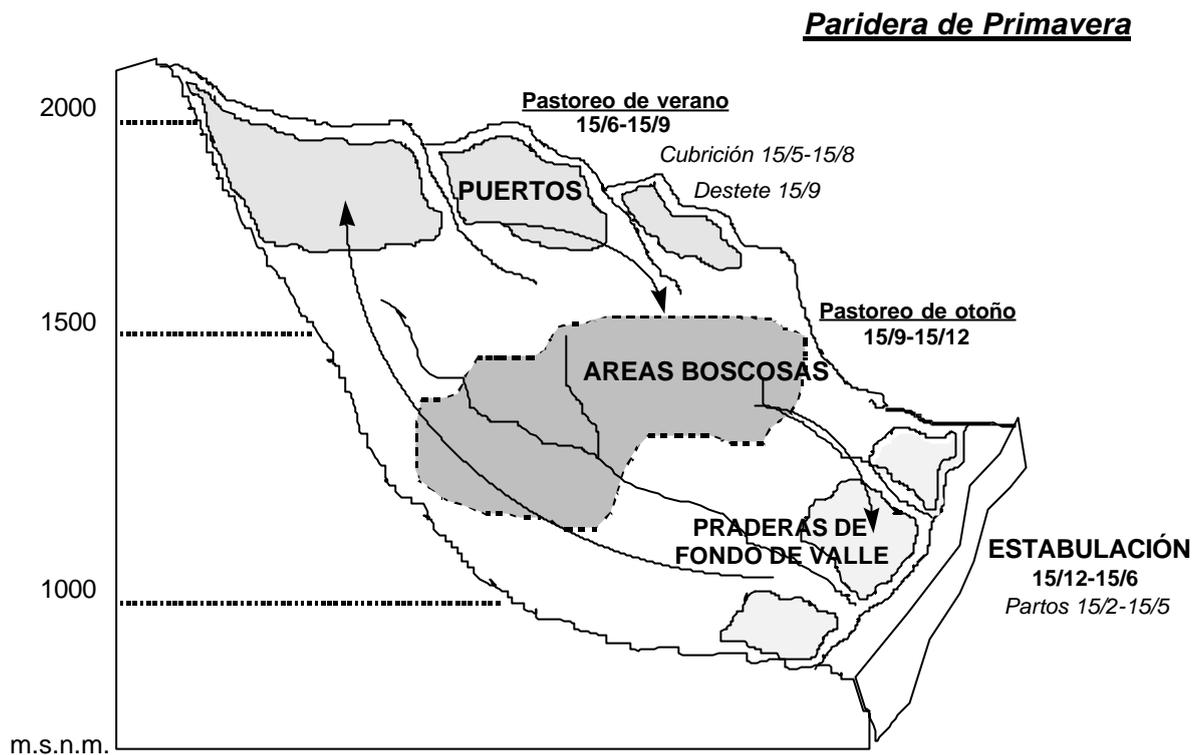


Figura10: Manejo general del rebaño con partos en primavera.

3.4.- CONTROLES REALIZADOS

3.4.1.- Peso

El peso de las vacas se registró mediante una báscula electrónica en el momento del parto y a los siete días del mismo, y después quincenalmente durante la época de estabulación y con menor periodicidad en la estación de pastoreo, ya que debido a la dispersión del rebaño en grandes superficies no es posible pesar con continuidad a todos los animales. Para minimizar este efecto se realizaron dobles pesadas en los momentos clave de cambio de manejo.

Los terneros se pesaron semanalmente durante la estabulación, y se realizaron también dobles pesadas a la subida y bajada de puerto.

La ganancia media diaria se calculó en ambos casos por regresión lineal de los pesos registrados. En los periodos de duración prolongada sin pesadas intermedias, como las fases de pastoreo, se consideró que la ganancia de peso era una función lineal entre las dobles pesadas inicial y final.

3.4.2.- Condición corporal

La condición corporal se estimó por el método de Lowman et al. (1976), por palpación de las apófisis transversas de las vértebras lumbares y de la base de la cola. La CC se registró en la mayoría de las vacas presentes en la explotación desde los primeros años y en diversos momentos del año. Sin embargo, aunque este método se describe como fiable y repetible a pesar de su relativa subjetividad (Agabriel et al., 1986), la CC no se ha considerado en el estudio de los rendimientos plurianuales (apartado 6.1), por ser medida por distintas personas en los diversos años, y sólo se ha considerado en experiencias puntuales.

3.4.3.- Producción de leche

La medida de la producción de leche de las vacas se realizó según la técnica de Le Du et al. (1979b), con separación de los terneros durante 8 horas y ordeño mecánico completo tras la administración de oxitocina (Veterin Lobulor[®]-S, Hoechst-Roussel). Se tomaron muestras de cada vaca para determinar el contenido en grasa y proteína de la leche (Milkoscan 255 AB, Foss Electric Ltd., U.K.) en los laboratorios del CENSYRA de Movera (Zaragoza). La producción de leche bruta (P.L.B.) se corrigió por su contenido en materia grasa, normalizándola a 4% de grasa (P.L.S.: producción lechera standard), según la siguiente relación (Gaines, 1928):

$$P.L.S. = P.L.B. * (0.4 + 0.15 * \%grasa)$$

3.4.4.- Ingestión de alimentos

Mientras los animales permanecieron en estabulados en lotes se registró diariamente el consumo de alimentos del lote y semanalmente el rehusado.

En las experiencias en que se realizaron controles individuales de ingestión se pesó diariamente la cantidad en oferta y el rehusado, ofreciéndose al día siguiente al menos un 15% más del consumo observado.

La composición química y la digestibilidad de los alimentos se analizaron en los laboratorios del S.I.A. El contenido en cenizas se estimó por incineración a 550 °C durante 3 horas. La proteína bruta se determinó por el método de Kjeldahl, la fibra neutro-detergente y la fibra ácido-detergente por el método de Goering y Van Soest (1971), y la digestibilidad in vitro de la materia seca por el método de Tilley y Terry (1963).

3.4.5.- Biomasa y altura del pasto

En las experiencias en las que se analizaron los rendimientos obtenidos por las vacas en praderas, la biomasa herbácea presente en las parcelas se midió realizando 4 cortes de

0,25m² por ha, con una segadora portátil. La altura del pasto se midió con un sward-stick (Barthram, 1986) en 100 puntos por ha.

3.4.6.- Comportamiento en pastoreo

Según la teoría mecanística postulada por Allden y Whittaker (1970) la ingestión en pastoreo viene determinada por el producto del tamaño de bocado, el tiempo de pastoreo y la frecuencia de bocados. En este trabajo se registraron los dos últimos parámetros.

Para determinar el tiempo de pastoreo diario se registró de forma visual la actividad de cada uno de los animales (pastoreo reposo de pie, reposo tumbadas, o desplazamiento) desde las 5.30h a las 23.00h. Los registros se hicieron a intervalos de 5 minutos, como sugiere Forbes (1988).

La frecuencia de bocados se controló al mismo tiempo y también de forma visual, registrando el n^o de bocados realizados en dos minutos con un cronómetro y un contador manual. Se definió cada bocado por el movimiento de cabeza y el sonido asociados al corte de la hierba (Forbes, 1988).

**4.- CAPACIDAD DE INGESTIÓN DE GANADO
VACUNO DE RAZA PARDA ALPINA Y PIRENAICA**

4.1.- OBJETIVOS

Comparar la capacidad la ingestión de animales de raza Parda Alpina y Pirenaica de distintas edades y estados fisiológicos y con diferentes dietas.

4.2.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.2.1.- Protocolo experimental

La capacidad de ingestión de forrajes por animales de ambas razas se determinó en diversas experiencias. En ellas se utilizaron hembras de diversas edades y estados fisiológicos, alimentadas con distintas dietas. Los lotes de animales de ambas razas fueron similares en peso inicial, en edad en el caso de las novillas, y en las vacas adultas también en condición corporal y fecha de parto.

4.2.1.1.- Animales jóvenes

- Ensayo a.1.

Se midió la ingestión voluntaria de granulado de alfalfa (ADH1) por novillas de reposición de un año de edad. Para ello se utilizaron seis novillas de raza Parda Alpina y seis de raza Pirenaica nacidas en primavera. Estos animales habían seguido el manejo habitual en la explotación, permaneciendo junto a sus madres durante el pastoreo de verano en puerto y recriándose en estabulación libre durante el invierno siguiente.

- Ensayo a.2.

Tras pastar durante todo el verano en praderas de fondo de valle, las mismas novillas del ensayo a.1 recibieron a voluntad un heno de pradera permanente de montaña (H1), cuando contaban con un año y medio de edad.

4.2.1.2.- Vacas gestantes

- Ensayo b.1.

Se midió la capacidad de ingestión de heno de pradera natural de montaña (H2) en 6 vacas de raza Parda Alpina y 6 Pirenaicas que se hallaban en mitad de gestación. El ensayo se efectuó en otoño, tras el pastoreo de verano en puertos, y las vacas parieron en la primavera siguiente.

- Ensayo b.2.

En este ensayo se midió la ingestión voluntaria de paja de cebada (PC) en vacas a final de gestación, suplementadas con torta de soja (TS) a razón de 1 kg/vaca/día. El ensayo se

realizó en invierno, tras la fase de pastoreo de otoño en áreas boscosas, y los partos se produjeron en primavera.

En este caso la ingestión se midió inicialmente en seis vacas de cada raza, aunque por cuestiones técnicas hubo que desechar los datos de una vaca Pirenaica.

- Ensayo b.3.

Se registró la ingestión voluntaria de heno de pradera natural (H3) en vacas a final de gestación. Esta prueba se realizó inmediatamente después del ensayo b.2, utilizando las mismas doce vacas del ensayo anterior.

4.2.1.3.- Vacas lactantes

- Ensayo c

Se midió la capacidad de ingestión de alfalfa deshidratada, molida y aglomerada en cubos (ADH2) en vacas en lactación. El ensayo se realizó en primavera, desde aproximadamente un mes después del parto hasta el 3^{er} mes de lactación. Se registraron las ingestiones y rendimientos de 8 vacas de raza Parda Alpina y 8 de raza Pirenaica.

Las características de los animales se describen en la Tabla 4.

Tabla 4: Características de los animales utilizados en los diferentes ensayos.

| Ensayo | Animales | Edad (años) | Nº Gestación | Día de gestación inicial - final * | Nº Lactación | Día de lactación inicial - final |
|--------|-----------------|-------------|--------------|------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| a.1 | Novillas | 1.1 | - | - | - | - |
| a.2 | Novillas | 1.5 | - | - | - | - |
| b.1 | Vacas gestantes | 6.6 | 4.8 | 138-155 | - | - |
| b.2 | Vacas gestantes | 7.0 | 4.1 | 212-222 | - | - |
| b.3 | Vacas gestantes | 6.5 | 4.5 | 233-242 | - | - |
| c | Vacas lactantes | 7.5 | - | - | 5.3 | 26-99 |

*: duración de la gestación =286 días.

4.2.2.- Medidas

- Capacidad de ingestión

La ingestión voluntaria de forrajes se midió durante periodos de duración variable, precedidos en todos los ensayos por una fase de adaptación a la dieta de dos semanas. Las características de cada ensayo se describen en la Tabla 5.

Tabla 5: Duración de cada ensayo y frecuencia de registros de ingestión.

| Ensayo | Nº vacas/raza | Duración, d* | Periodicidad de los registros | Nº de registros de C.I. |
|--------|---------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|
| a.1 | 6 | 23 | diarios | 23 |
| a.2 | 6 | 14 | diarios | 14 |
| b.1 | 6 | 13 | 5/semana | 9 |
| b.2 | 6 P.A., 5 Pi. | 10 | 5/semana | 8 |
| b.3 | 6 | 9 | 5/semana | 7 |
| c | 8 | 74 | 4/semana | 36 |

*: +14 días de adaptación

Los animales se mantuvieron estabulados durante todo el periodo de control en parques individuales sin cama, salvo en el ensayo c, en que las vacas permanecieron en estabulación trabada. En todos los casos dispusieron de agua y bloques vitamínico-minerales a libertad.

Los alimentos se repartieron individualmente en 2-3 tomas diarias, la primera de ellas a las 8.00 horas, tras recoger y pesar el rehusado del día anterior. En el ensayo b.2. la torta de soja se administró a primera hora de la mañana, antes que la paja, con el objeto de que se ingiriera en su totalidad. La oferta diaria de forrajes se calculó en un 15% superior al consumo del día previo.

- Calidad de la dieta

Diariamente se tomaron muestras de la oferta y el rehusado para determinar su contenido en materia seca y su composición química. El contenido en cenizas se estimó por incineración a 550 °C durante 3 horas. La proteína bruta se determinó por el método de Kjeldahl, la fibra neutro-detergente por el método de Goering y Van Soest (1971), y la digestibilidad in vitro por el método de Tilley y Terry (1963).

Tabla 6: Características de los alimentos utilizados en los distintos ensayos.

| Alimento | Ensayo | %MS | %MO | %PB | %NDF | %DMOiv |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| ADH1 | a.1 | 91.26 | 86.82 | 18.21 | 37.83 | 84.2 |
| H1 | a.2 | 90.00 | 93.46 | 9.18 | 63.52 | 68.0 |
| H2 | b.1 | 83.30 | 91.36 | 9.52 | 56.16 | 63.0 |
| H3 | b.3 | 85.78 | 90.90 | 11.43 | 60.96 | 64.5 |
| PC | b.2 | 82.54 | 93.44 | 4.86 | 63.59 | 48.6 |
| TS | b.2 | 89.44 | 92.14 | 46.46 | 19.79 | - |
| ADH2 | c | 88.61 | 82.00 | 18.60 | 38.84 | 80.2 |

- Animales

Todos los animales se pesaron al inicio y final del periodo de control de la ingestión. En los ensayos de duración superior a dos semanas se realizaron pesadas semanales (ensayos a.1 y c), y en estos casos la ganancia media diaria se calculó por regresión lineal sobre el conjunto de los pesos registrados.

En el caso de las vacas adultas se determinó la condición corporal inicial según el método de Lowman et al. (1976).

En el ensayo c se determinó quincenalmente la producción diaria de leche, mediante el método establecido por Le Du et al. (1979b), con separación de los terneros y ordeño completo tras la administración de oxitocina. Se tomaron muestras de cada vaca para determinar el contenido en grasa y proteína de la leche (Milkoscan 255 AB, Foss Electric Ltd., U.K.) y estandarizar la producción lechera a 4% de grasa.

En el ensayo c también se determinaron los crecimientos de los terneros mediante pesadas semanales.

4.2.3.- Análisis estadístico

Para el cálculo de la ingestión relativa al peso vivo, en los ensayos a.1, a.2, b.1 y c se han utilizado los pesos semanales obtenidos por regresión, y en el resto (ensayos b.2 y b.3) se ha considerado como referencia el peso inicial.

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1990). Dentro de cada ensayo las ingestiones individuales se analizaron en función de la raza mediante modelos lineales generalizados (procedimiento GLM) con medidas repetidas.

La relación entre las variables se calculó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, y los modelos predictivos se obtuvieron por regresión lineal.

4.3.- RESULTADOS

4.3.1.- Ensayo a.1

El peso inicial y final de las novillas, así como sus ganancias de peso durante el periodo de control fueron idénticos en ambas razas (Tabla 7).

Tabla 7: Pesos y ganancia media diaria de las novillas de raza Parda Alpina y Pirenaica del ensayo a.1.

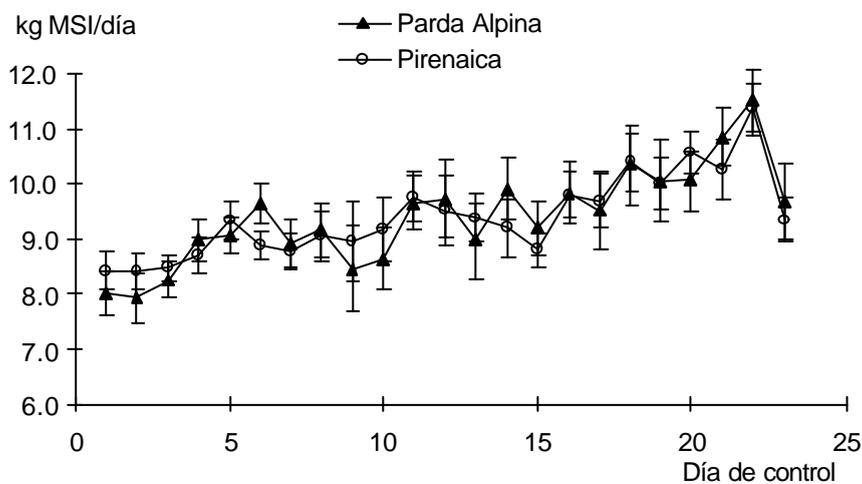
| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|----------------|--------------|-----------|--------|-------|
| PV inicial, kg | 328.10 | 330.40 | 14.781 | NS |
| PV final, kg | 361.2 | 358.8 | 16.21 | NS |
| GMD, kg | 1.331 | 1.169 | 0.142 | NS |

La ingestión de materia seca tanto absoluta como relativa al peso vivo o al peso metabólico fue también similar en las dos razas (Tabla 8), no observándose diferencias significativas en ninguno de los controles diarios (Figura 11).

Tabla 8: Ingestión diaria de granulado de alfalfa por novillas de un año de edad de raza Parda Alpina y Pirenaica.

| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|-------------------------------|--------------|-----------|--------|-------|
| MSI, kg/día | 9.40 | 9.40 | 0.549 | NS |
| MSI/PV, g/kg | 27.90 | 27.64 | 1.255 | NS |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 118.10 | 117.45 | 5.358 | NS |

El día de control afectó significativamente a los registros, y la ingestión diaria de MS varió 1.02 kg sobre la media (variabilidad media del 10.9%) (Figura 11). A pesar del periodo de adaptación a la dieta de dos semanas, la ingestión diaria tendió a incrementar a lo largo del control, a razón de 98 g MS/día ($R^2=0.67$).

Figura 11: Ingestión de alfalfa deshidratada por las novillas del ensayo a.1 (media y error estándar).

La variabilidad total en la materia seca ingerida diariamente fue del 9.7% entre los distintos animales, y se explicó fundamentalmente por diferencias en el peso vivo, correlacionado positivamente con la ingestión absoluta de MS ($r=+0.64$, $p<0.05$).

El modelo que explicó la ingestión diaria observada fue el siguiente:

$$\text{MSI (kg/día)} = 1.435_{(e.s. 2.9815)} + 0.0242_{(e.s. 0.00902)} * \text{PV inicial}$$

$$R^2 = 0.41 \quad \text{D.E.R.} = 0.731$$

4.3.2.- Ensayo a.2

A lo largo de este ensayo no se observaron diferencias significativas en los pesos y ganancias de las novillas de ambas razas (Tabla 9).

Tabla 9: Pesos y ganancias de las novillas de raza Parda Alpina y Pirenaica utilizadas en el ensayo a.2.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|----------------|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| PV inicial, kg | 404.7 | 417.3 | 16.05 | NS |
| PV final, kg | 423.2 | 434.2 | 15.29 | NS |
| GMD, kg | 1.151 | 1.052 | 0.334 | NS |

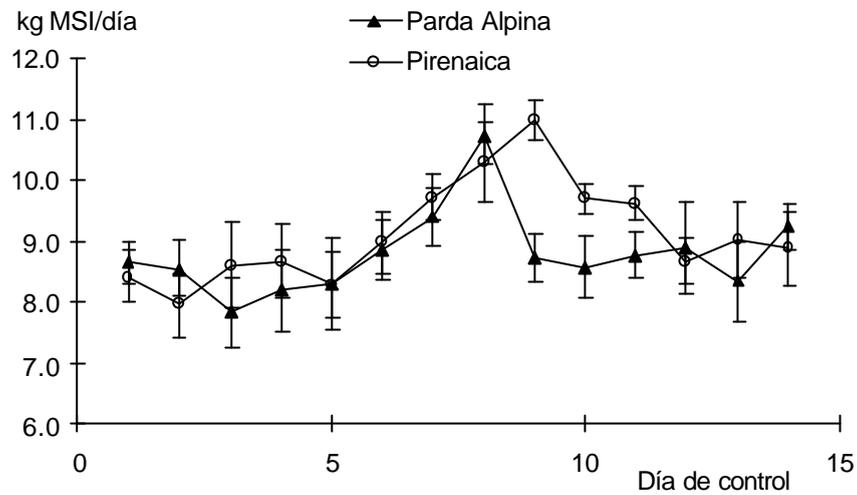
Tampoco se hallaron diferencias significativas entre las dos razas en la capacidad de ingestión, ya que la ingestión diaria fue similar tanto en términos absolutos como relativa al peso (Tabla 10).

Tabla 10: Ingestión diaria de heno de pradera por novillas de un año y medio de edad.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| MSI, kg/día | 8.79 | 9.13 | 0.395 | NS |
| MSI/PV, g/kg | 21.59 | 21.74 | 1.214 | NS |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 96.00 | 97.58 | 4.664 | NS |

La ingestión diaria fue significativamente diferente en función del día de control, y en este caso la variabilidad media intra-animal fue del 13.4%, lo que se correspondió a una desviación de 1.18 kg respecto a la media (Figura 12).

Figura 12: Ingestión diaria de heno de pradera por las novillas de ambas razas a lo largo del ensayo a.2 (media y error estándar).



En este ensayo la variabilidad entre individuos en la ingestión de MS fue del 7.6%, aunque ésta no presentó ninguna relación con el peso vivo de los animales.

4.3.3.- Ensayo b.1

Las vacas utilizadas en este ensayo constituyeron dos lotes en similar estado de gestación (día de gestación medio 132 en las vacas Pardas y 142 en las Pirenaicas, e.s.d.= 14.84, NS). Tanto el peso y la condición corporal inicial como las ganancias de peso posteriores fueron similares (Tabla 11).

Tabla 11: Peso, condición corporal y ganancias de las vacas Pardas y Pirenaicas utilizadas en el ensayo b.1.

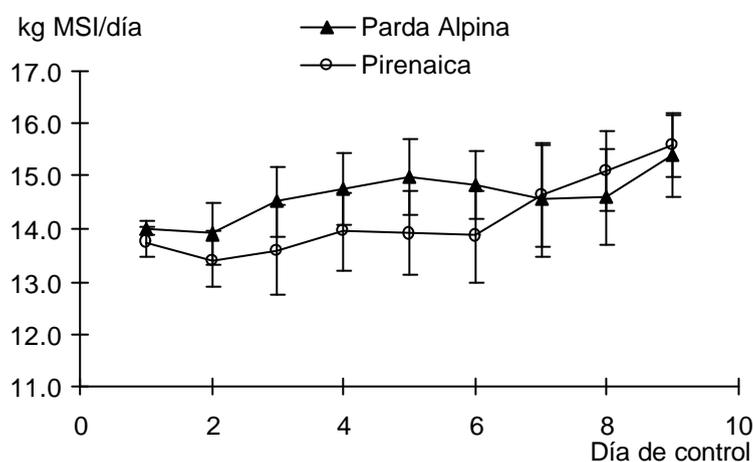
| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|----------------|--------------|-----------|--------|-------|
| PV inicial, kg | 551.5 | 537.7 | 23.07 | NS |
| CC inicial | 2.54 | 2.54 | 0.053 | NS |
| GMD, kg | 1.289 | 1.298 | 0.417 | NS |

En esta fase, las ingestiones de heno de pradera tanto absolutas como relativas al peso vivo o al peso metabólico fueron similares en ambas razas (Tabla 12).

Tabla 12: Ingestión diaria de heno de pradera por las vacas de ambas razas a mitad de gestación.

| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|-------------------------------|--------------|-----------|--------|-------|
| MSI, kg/día | 14.61 | 14.20 | 0.818 | NS |
| MSI/PV, g/kg | 25.59 | 25.54 | 1.125 | NS |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 125.1 | 123.9 | 5.505 | NS |

Nuevamente la ingestión se vio significativamente afectada por el día de control. La variabilidad intra-vaca en la ingestión diaria fue del 11.0% (Figura 13).

Figura 13: Ingestión de heno de pradera por las vacas del ensayo b.1 (media y error estándar).

El coeficiente de variación de la ingestión diaria entre las distintas vacas fue del 9.3%. Esta variabilidad podría en parte explicarse por la relación observada entre la MSI y el peso vivo de los animales ($r=+0.49$, $p=0.10$). Sin embargo, esta correlación no fue lo suficientemente elevada para establecer un modelo de predicción estadísticamente significativo.

La ingestión relativa al peso vivo estuvo negativamente correlacionada con la condición corporal inicial ($r=-0.59$, $p<0.05$), de forma que la ingestión fue inferior en las vacas en mejor estado inicial.

4.3.4.- Ensayo b.2

En este ensayo se consideraron los registros de 6 vacas de raza Parda Alpina y 5 vacas Pirenaicas, constituyendo dos grupos homogéneos en peso y condición corporal inicial, sin diferencias significativas entre razas (Tabla 13).

El estado de gestación fue más variable, dado que las vacas parieron entre 1 y 4 meses después del ensayo, y aunque la diferencia no fue significativa, el parto fue como media tres semanas más tardío en las Pirenaicas.

El peso de los terneros al nacimiento fue superior en las vacas de raza Parda Alpina, debido en parte a que una de las vacas Pardas parió gemelos, aunque la diferencia no llegó a ser significativa. La misma tendencia se habría observado al estimar el peso del feto y los anejos al inicio del ensayo (INRA, 1978) (36.3 vs. 27.4 kg, e.s.d.=8.02, NS).

Tabla 13: Características de los animales utilizadas en el ensayo b.2.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|-----------------------------|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| PV inicial, kg | 617.2 | 599.8 | 22.56 | NS |
| CC inicial | 2.44 | 2.42 | 0.047 | NS |
| Día gestación inicial, d | 211.5 | 190.4 | 18.55 | NS |
| Peso Ternero nacimiento, kg | 51.50 | 41.56 | 7.320 | NS |

La suplementación con torta de soja se realizó antes de ofrecer a los animales la ración de paja, con lo que todas las vacas ingirieron la totalidad de la torta (894.4 g MS/día).

La ingestión diaria de paja tendió a ser ligeramente superior en las vacas Pirenaicas, tanto en términos absolutos (Figura 15) como relativos al peso (Tabla 14), aunque la significación estadística no fue alta en ningún caso ($0.10 \geq p > 0.05$).

Tabla 14: Ingestión diaria de paja de cebada por vacas Pardas y Pirenaicas en último tercio de gestación.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| MSI, kg/día | 7.00 | 7.69 | 0.306 | $p=0.05$ |
| MSI/PV, g/kg | 11.42 | 12.86 | 0.794 | $p=0.10$ |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 56.8 | 63.6 | 3.51 | $p=0.08$ |

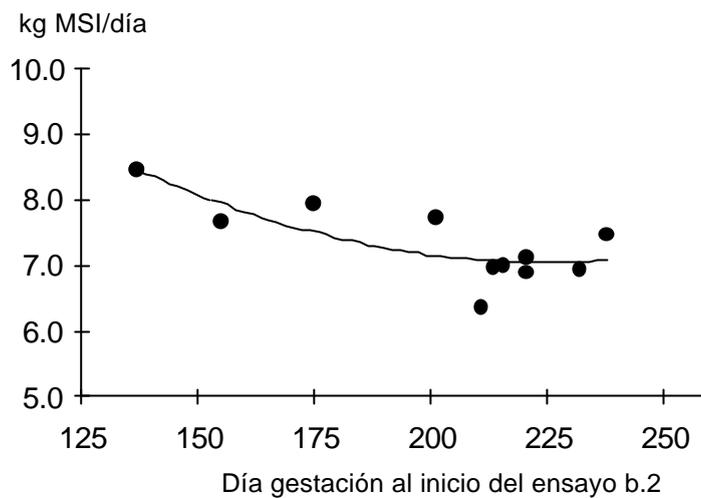
La ingestión absoluta no se correlacionó con el peso inicial, pero sí estuvo correlacionada con la condición corporal inicial ($r=-0.65$, $p<0.05$), como lo estuvo también la ingestión relativa al peso vivo ($r=-0.70$, $p<0.05$).

La correlación entre la MSI y el día de parto ($r=+0.75$, $p<0.01$) permitió establecer el siguiente modelo de predicción, que explicó el 56% de la variabilidad entre individuos (un 8.2%).

$$\text{MSI (kg/día)} = 10.09_{(e.s. 0.833)} - 0.014_{(e.s. 0.004)} * \text{Día gestación al inicio del ensayo}$$

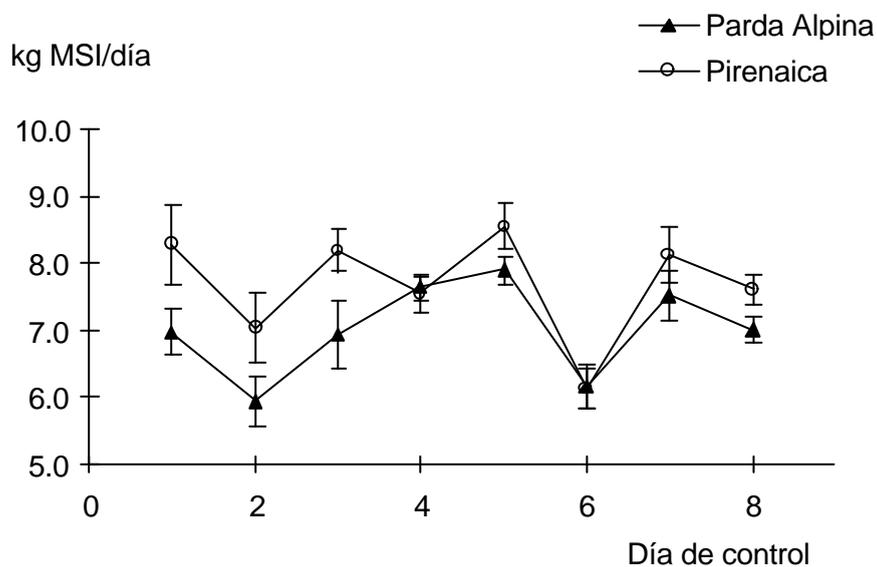
$$R^2=0.56 \quad \text{D.E.R.}=0.418$$

Figura 14: Relación entre la ingestión diaria de paja y el estado de gestación.



El día de control afectó significativamente a la ingestión de MS. La variabilidad media entre las distintas medidas de la misma vaca fue del 13.0%, es decir, que la ingestión diaria varió aproximadamente 0.94 kg en torno a la media de cada animal.

Figura 15: Ingestión de paja de cebada por las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo b.2 (media y error estándar).



4.3.5.- Ensayo b.3

Se contó con los registros de seis vacas de cada raza, en fase final de gestación. Su peso al inicio del ensayo fue similar (631.0 kg las vacas Pardas vs. 625.6 kg las Pirenaicas, e.s.d.=25.82, NS), así como su estado de gestación inicial (día 232.5 y 224.7 respectivamente, NS).

La ingestión de heno de pradera fue similar en las vacas de ambas razas, tanto en términos absolutos como relativos al peso vivo o metabólico (Tabla 15).

Tabla 15: Ingestión diaria de heno de pradera por vacas Pardas y Pirenaicas en último tercio de gestación.

| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|-------------------------------|--------------|-----------|--------|-------|
| MSI, kg/día | 11.09 | 11.59 | 0.486 | NS |
| MSI/PV, g/kg | 17.66 | 18.83 | 0.928 | NS |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 88.36 | 93.78 | 4.186 | NS |

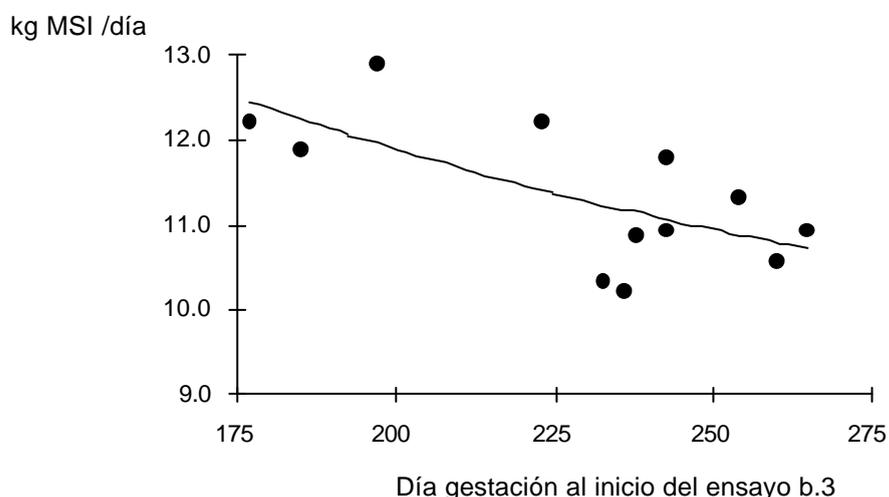
La ingestión absoluta no presentó relación con el peso vivo ni la condición corporal de las vacas, pero estuvo significativamente correlacionada con el día de parto ($r=0.67$, $p<0.05$), de forma que las vacas en estados de gestación más tempranos presentaron ingestiones de heno superiores (Figura 16).

Esta relación permitió establecer un modelo de predicción de la ingestión en estas condiciones, que explicó un 45% de la variabilidad observada entre vacas (7.5%):

$$\text{MSI (kg/día)} = 15.87 \text{ (e.s. 1.588)} - 0.0198 \text{ (e.s. 0.00689)} * \text{Día gestación al inicio}$$

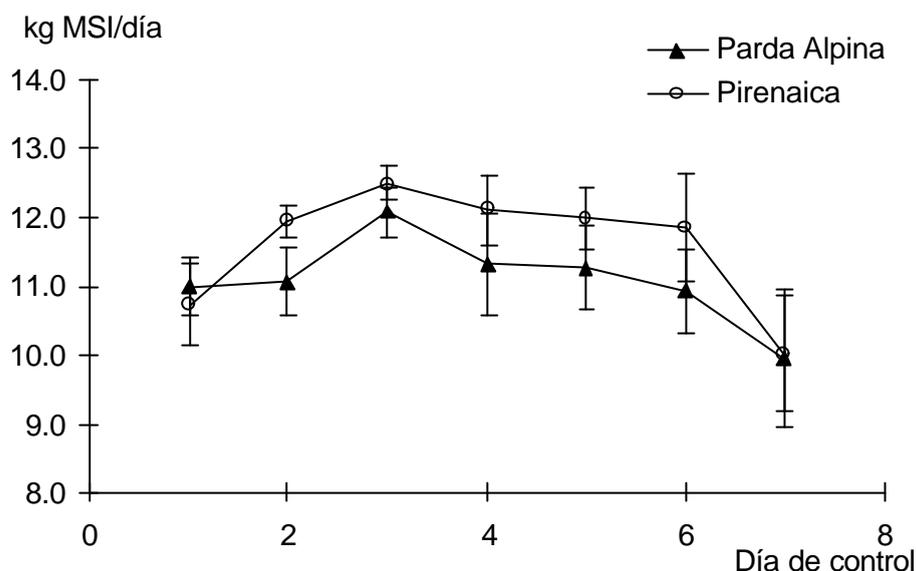
$$R^2 = 0.45 \quad \text{D.E.R.} = 0.655$$

Figura 16: Ingestión diaria de heno de pradera en función del estado de gestación.



Nuevamente la MSI varió significativamente en los distintos días de control. Las variaciones entre los registros de un mismo animal fueron de 1.37 kg, es decir, una variabilidad intraindividual del 12.2%.

Figura 17: Ingestión de heno de pradera por las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo b.3 (media y error estándar).



4.3.6.- Ensayo c

En esta experiencia se registraron las ingestiones de alfalfa deshidratada durante el 2º y 3º mes de la lactación en 16 vacas multíparas.

La fecha media de parto fue similar en ambas razas, como también lo fueron los pesos de las vacas al parto y al final de la experiencia, su condición corporal inicial y final y la ganancia media diaria de peso, estimada por regresión (Tabla 16).

Tabla 16: Características de las vacas lactantes de ambas razas utilizadas en el ensayo c.

| Raza | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
|--------------|--------------|-----------|--------|-------|
| Día parto | 1/3/97 | 4/3/97 | 2.23 | NS |
| PV parto, kg | 566.8 | 560.8 | 25.82 | NS |
| PV final, kg | 595.3 | 583.1 | 26.26 | NS |
| GMD, kg | 0.454 | 0.456 | 0.080 | NS |
| CC inicial | 2.15 | 2.22 | 0.137 | NS |
| CC final | 2.65 | 2.64 | 0.074 | NS |

Los pesos de los terneros de raza Parda Alpina fueron superiores al nacimiento y también al final del ensayo, en función de sus mayores crecimientos. Las mayores ganancias se debieron a que la producción lechera de sus madres fue superior en casi 2 kg diarios (Tabla 17). Esta diferencia fue algo menos acusada que en términos de leche no corregida (8.07 vs. 5.93 kg/día), ya que la tasa butírica fue superior en las vacas de raza Pirenaica.

Tabla 17: Pesos y ganancias de los terneros y producción de leche de las vacas utilizadas en el ensayo c.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|--|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| Peso ternero nacimiento, kg | 43.4 | 36.4 | 3.14 | * |
| Peso ternero final, kg | 125.6 | 103.8 | 5.63 | ** |
| GMD ternero, kg | 0.873 | 0.717 | 0.0428 | ** |
| Producción de leche (4% grasa), kg/día | 7.64 | 5.80 | 0.595 | ** |
| Tasa butírica, g/kg | 35.0 | 40.9 | 2.38 | * |
| Tasa proteica, g/kg | 37.7 | 39.8 | 1.22 | NS |

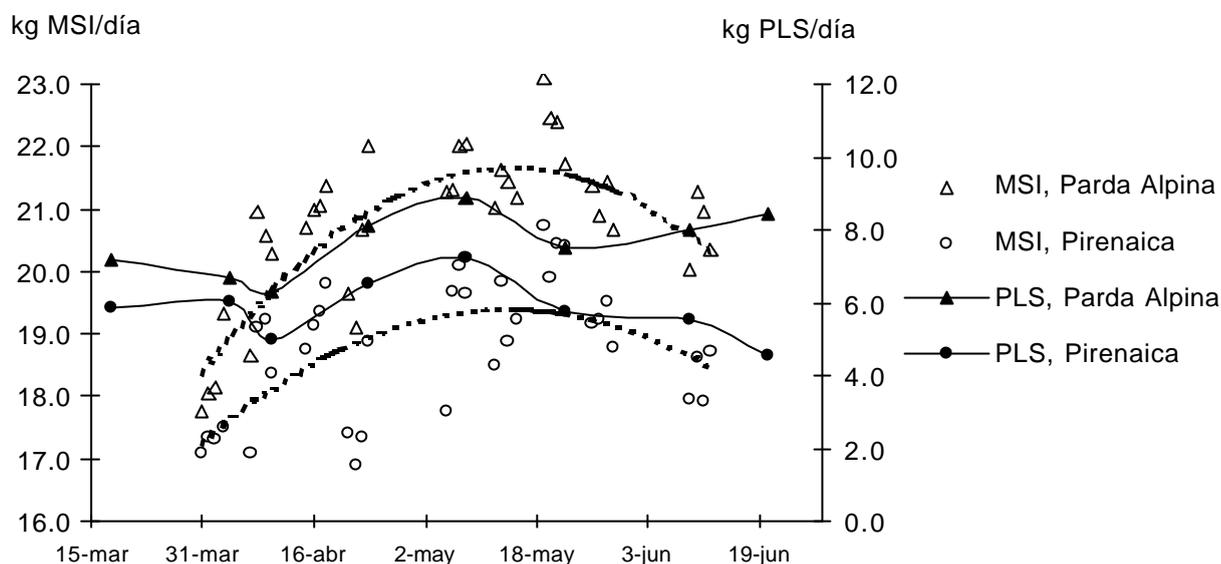
La capacidad de ingestión de alfalfa deshidratada durante los primeros meses de lactación fue superior en las vacas de raza Parda Alpina en 2 kg/día. Al referir la ingestión al peso vivo o metabólico, éstas también tendieron a ser superiores en las vacas Pardas (Tabla 18).

Tabla 18: Consumo diario de alfalfa deshidratada por vacas Pardas y Pirenaicas en el primer tercio de la lactación.

| <i>Raza</i> | <i>Parda Alpina</i> | <i>Pirenaica</i> | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|-------------------------------|---------------------|------------------|---------------|--------------|
| MSI, kg/día | 20.77 | 18.77 | 0.895 | * |
| MSI/PV, g/kg | 35.73 | 32.70 | 1.501 | 0.063 |
| MSI/PV ^{0.75} , g/kg | 176.43 | 160.88 | 7.319 | 0.051 |

A lo largo del ensayo, la ingestión incrementó inicialmente y tendió a reducirse al final del 3^{er} mes de lactación (Figura 18). Con ello entre las medidas individuales de cada vaca se observó una variabilidad del 8.4%, correspondiente a una desviación de 1.66 kg sobre la media.

Figura 18: Evolución de la ingestión de alfalfa deshidratada y la producción lechera (4% grasa) medias a lo largo del ensayo c.



La ingestión absoluta de alfalfa deshidratada no presentó correlación significativa con el peso, la condición corporal o la producción lechera de las vacas, por lo que ninguno de estos parámetros permitió explicar el 10.2% de variabilidad observado entre los distintos animales. Sin embargo, en términos relativos al peso vivo, la ingestión se correlacionó negativamente con el estado corporal inicial ($r=-0.65$, $p<0.01$).

4.3.7.- Análisis global de los ensayos realizados

Finalmente, se analizaron los factores que influían en la ingestión de materia seca diaria en el conjunto de todos los ensayos. Para ello se utilizaron las medias obtenidas por cada individuo en cada ensayo, con lo que se obtuvieron 75 registros individuales.

Se testaron los efectos de la raza (Parda Alpina o Pirenaica), el estado fisiológico (novillas, vacas gestantes o lactantes) y su interacción, el peso y la condición corporal iniciales, la fase de gestación, la producción de leche (4% grasa), la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido en NDF.

El modelo que mejor se ajustó a las ingestiones observadas fue el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{MSI}_{ij} \text{ (kg/día)} = & \text{Estado fisiológico}_i + \text{Raza} * \text{Estado fisiológico}_{i^j} \\
 & - 0.025 \text{ (e.s. 0.0037)} * \text{Día gestación al inicio}_{ij} + 0.241 \text{ (e.s. 0.0337)} * \text{NDF}_{ij} \\
 & + 0.420 \text{ (e.s. 0.0393)} * \text{DMO} + e_{ij} \\
 & R^2=0.94 \qquad \qquad \qquad \text{D.E.R.}=1.19
 \end{aligned}$$

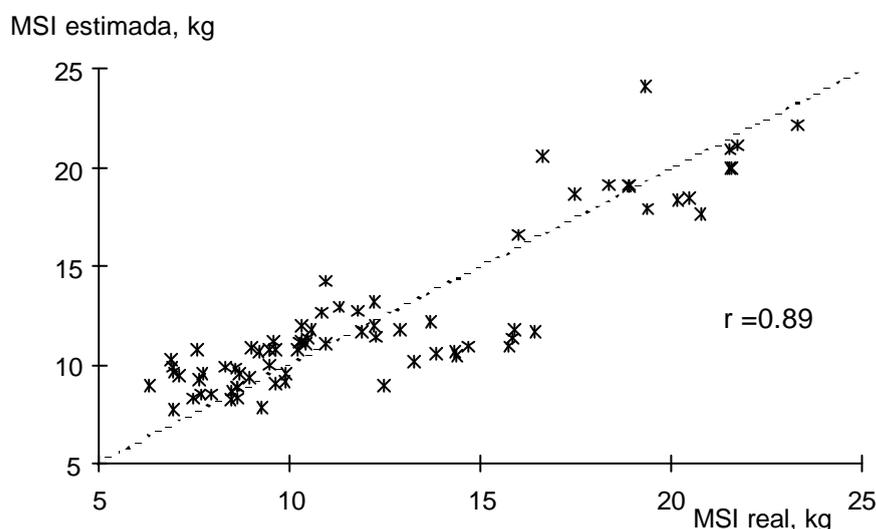
El estado fisiológico afectó significativamente a la ingestión ($p < 0.001$), de forma que las novillas presentaron una ingestión inferior a la de las vacas adultas. Se observó una interacción entre la raza y el estado fisiológico ($p < 0.05$), ya que las diferencias entre razas sólo fueron significativas en las vacas lactantes (ensayo c). La ingestión fue inferior en las vacas en estado de gestación más avanzado ($p < 0.001$).

En cuanto a las características del alimento, la ingestión fue superior en las dietas de mayor DMO ($p < 0.001$), y curiosamente también en las de mayor NDF ($p < 0.001$).

Finalmente, se estableció un modelo de predicción basado exclusivamente en variables continuas mensurables en los individuos y en los alimentos, y se obtuvo que la ingestión era proporcional al peso y la producción lechera de los animales y a la DMO de los alimentos:

$$\text{MSI (kg/día)} = -14.66_{(e.s. 4.769)} + 0.022_{(e.s. 0.0042)} * \text{PVi} + 0.745_{(e.s. 0.1475)} * \text{PLS} \\ + 0.216_{(e.s. 0.0435)} * \text{DMO} \\ R^2=0.79 \quad \text{D.E.R.}=2.17$$

Figura 19: Relación entre la MSI observada en los ensayos realizados y la estimada en función del peso del animal y su producción de leche y la digestibilidad del alimento.



En términos relativos al peso, la ingestión (g/kg PV) dependió de la calidad del alimento, correlacionándose positivamente con la DMO ($r = +0.85$, $p < 0.001$) y negativamente con el contenido en NDF ($r = -0.31$, $p < 0.01$).

En las novillas la ingestión relativa al PV fue superior con el granulado de alfalfa ADH1 que con el heno de pradera H1 (27.8 vs. 21.7 g/kgPV, $p < 0.001$), por su mayor digestibilidad y menor contenido en NDF.

En el caso de las vacas gestantes, en el ensayo b.1 la ingestión de heno H2 fue mucho más elevada que en el ensayo b.3 con el heno H3 (25.6 vs. 18.2 g/kgPV, $p < 0.001$), lo cual no se explicaría por las diferencias en DMO o NDF, sino más bien por el diferente estado de gestación.

Aunque el estado de gestación fue más avanzado en b.3, la ingestión de paja de cebada en el ensayo b.2 fue muy inferior a la ingestión de heno H3 en el ensayo b.3 (12.1 vs 18.2 g/kg PV, $p < 0.001$), en función de su baja DMO y elevada fibrosidad.

La ingestión de la alfalfa deshidratada ADH2 en el ensayo c fue la más elevada de las observadas (34.2 g/kg PV, $p < 0.001$). Esto se debió tanto a las características del alimento, por su alta DMO y bajo contenido en NDF, como a las de los animales, ya que se trataba de vacas lactantes con elevada capacidad de ingestión, estimulada por sus mayores necesidades.

4.4.- DISCUSIÓN

4.4.1.- Comparación de la capacidad de ingestión en animales de raza Parda Alpina y Pirenaica

Los resultados obtenidos en los diversos ensayos efectuados indican que las diferencias en la capacidad de ingestión entre estas dos razas son muy escasas.

En la mayoría de los ensayos (a.1, a.2, b.1, b.3) la ingestión de MS tanto en cantidades absolutas como relativas al peso fue idéntica en ambas razas, y únicamente se han observado diferencias en distinto sentido en los ensayos b.2 y c.

En el ensayo b.2, la ingestión de paja de cebada a final de gestación fue ligeramente superior en las vacas Pirenaicas. Estas diferencias podrían deberse, en parte, a las distintas fechas medias de parto entre las dos razas, o al desequilibrio en el número de animales por raza (6 y 5), originado por cuestiones técnicas.

La mayor proximidad del parto en las vacas Pardas podría haber condicionado una menor ingestión, ya sea por aspectos metabólicos o por un mayor tamaño del feto y los anejos, lo cual se vería reforzado por el hecho de que los terneros Pardos tendieron a ser más pesados al nacimiento. De hecho, cuando el día de gestación al inicio del ensayo b.2 se utilizó como covariable, las diferencias entre razas no fueron significativas ni en la ingestión absoluta de MS diaria (7.12 kg las vacas Pardas vs. 7.56 kg las Pirenaicas, e.s.d.=0.214, NS)

ni en los consumos relativos al peso vivo (11.68 vs. 12.53 g/kg PV, e.s.d.=0.583, NS) o al peso metabólico (58.01 vs. 62.11 g/kg PV^{0.75}, e.s.d. =2.52, NS).

El hecho de que no se observaran diferencias en el mismo sentido en el ensayo b.3, realizado un mes después del ensayo b.2, podría interpretarse como que la limitación física de la ingestión por un mayor volumen del útero grávido hubiese sido más acusada con un forraje tan poco ingestible como la paja (b.2.) que con un heno de calidad media (b.3). No obstante, también sería causa probable que el desequilibrio en el número de animales de cada raza en el ensayo b.2 hiciese cuestionable la significación de la diferencia entre razas, puesto que ésta se encontró en el límite ($p=0.053$).

En el ensayo c se observaron claras diferencias entre las dos razas, de forma que la utilización de un alimento tan ingestible como la alfalfa deshidratada y aglomerada habría permitido a las vacas de raza Parda Alpina expresar una mayor capacidad de ingestión, relacionada con su mayor potencial lechero. Sin embargo, la elevada variabilidad individual tanto en ingestión como en producción de leche no permitió establecer relaciones claras entre ambos parámetros, como apuntan Faverdin et al. (1997) en vacuno de carne.

La variabilidad entre individuos en los diversos ensayos osciló entre 7.5 (ensayo b.3) y 10.2 (ensayo c), en el rango e incluso por debajo de las cifras frecuentemente citadas en la literatura (Chenost y Demarquilly, 1982; Dulphy et al., 1990; D'Hour et al., 1991, Ingrand y Agabriel, 1997).

Tal vez esta escasa variabilidad se deba al hecho de que se trató de agrupar a los animales en lotes homogéneos en peso, condición corporal, fecha de parto y producción lechera, lo que reducía las posibilidades de variación de la ingestión por factores ligados a las características de los animales. Por eso dentro de cada ensayo estos parámetros explicaron un escaso porcentaje de la variabilidad, hasta un máximo de 56 y 45% debido a la fase de gestación en los ensayos b.2 y b.3 respectivamente.

El peso y la producción lechera, que en otros trabajos explican la mayor parte de la variación entre individuos (Taylor et al., 1986a; Petit et al., 1987), estuvieron escasamente relacionados dentro de cada ensayo. Sin embargo, al considerar de forma global todos los resultados obtenidos y ampliar el abanico de pesos y producciones de leche, ambos parámetros se correlacionaron positivamente con la MS ingerida.

La variabilidad entre las medidas de un mismo individuo dentro de cada ensayo osciló entre un 8.4% en el ensayo c y un 13.4% en el ensayo a.2. Es difícil comparar estas variaciones con referencias en otros trabajos, puesto que generalmente se apuntan las medias y raramente se alude a la variación entre días de control.

Blaxter et al. (1961) afirmaron que tras alcanzar la ingestión máxima de una dieta (tras 10-15 días de adaptación), el error de la estimación realizada en las dos semanas siguientes era

del 2%. Sin embargo, compararon para ello las medias de los registros de tres días consecutivos, lo que sin duda redujo sensiblemente la variabilidad diaria.

Por otra parte, en los ensayos en que el objetivo primordial es determinar la ingestibilidad de los forrajes, antes que la capacidad de ingestión de diferentes tipos de animales, suelen utilizarse animales "standard", de características constantes (Ketelaars y Tolkamp, 1992). Por ejemplo, en las tablas del INRA (1988) la ingestibilidad de la mayoría de los forrajes se evalúa con ovinos machos castrados de 2 años y 60 kg de peso, y posteriormente se calcula a partir de ella la correspondiente a otros tipos de animales (Dulphy et al., 1987). Evidentemente, los moruecos castrados standard son animales de necesidades nutritivas reducidas y poco variables en el tiempo, por lo que la ingestión condicionada por la demanda nutricional se mantiene relativamente constante.

En los animales en crecimiento o producción las necesidades son mucho más elevadas y pueden originar mayores variaciones entre días.

En vacas Charolesas alimentadas con heno, Ladet (1994) encontró diferencias diarias de 1.27 kg en torno a la media individual durante la gestación y 1.13 kg en lactación. Esto supuso coeficientes de variación próximos al 10-11%, similares a los obtenidos en la mayoría de nuestros ensayos.

Las variaciones en la ingestión durante el desarrollo de los ensayos podrían responder a diferentes causas. En el ensayo a.1, realizado con novillas en crecimiento, podría suponerse que el incremento constante de la ingestión se debía en buena parte al incremento de peso y tamaño de los animales, ya que referida al peso vivo la ingestión se mantuvo relativamente constante durante el ensayo.

Las variaciones observadas en el ensayo c reflejarían la tendencia típicamente descrita en lactación. Inicialmente se observó un incremento paulatino, de forma que la ingestión máxima se alcanzó en torno a las 8-9 semanas postparto.

En vacas lecheras alimentadas con pellets compuestos de alfalfa, pulpa de remolacha y concentrado, Journet y Remond (1976) describieron también que la ingestión máxima se alcanzaba en la 8ª semana de lactación. En cambio, con forrajes groseros como la paja las vacas de cría no alcanzan su capacidad de ingestión máxima hasta transcurridas 12 semanas postparto (Petit et al., 1987).

Posteriormente la ingestión de ADH2 tendió a disminuir, lo cual reflejaría tanto el estado de lactación más avanzado (Journet, 1983) como una probable limitación de la ingestión por las reservas acumuladas durante el ensayo (Faverdin et al., 1995).

En este ensayo la producción de leche se midió a partir de la 3ª semana postparto, y la producción máxima se alcanzó a los dos meses postparto, aunque, como describieron Casasús et al. (1997a), no se apreció un pico claro.

No se observó el típico desfase entre el pico de producción lechera y la capacidad de ingestión máxima (Bines, 1976), e incluso podría hablarse de coincidencia en su evolución hasta la 8ª semana postparto (Figura 18). Además, a pesar del elevado plano de ingestión, la producción media de leche (7.64 y 5.80 kg/día en Pardas y Pirenaicas) no fue mayor que la producción media obtenida durante 6 años en el rebaño de La Garcipollera (7.82 y 6.64 kg respectivamente), aunque probablemente por efectos individuales se acentuó la diferencia entre razas. Esto podría indicar que, en vacas de cría, la producción lechera se adapta a la capacidad de ingestión de leche por parte del ternero (Petit et al., 1992) y no sigue exactamente la pauta descrita para vacas de ordeño.

4.4.2.- Comparación de los resultados con los obtenidos en otras razas

Para comparar la capacidad de ingestión de los animales de raza Parda Alpina y Pirenaica con la de otras razas se utilizaron 123 datos extraídos de 17 referencias bibliográficas, en las que se describía la ingestión de diversos forrajes por animales de diferentes razas y edades (Agabriel et al., 1987a; Agabriel et al., 1987b; Casasús et al., 1997b; Church y Santos, 1981; D'Hour et al., 1991; Dulphy et al., 1994; Garnsworthy y Jones, 1987; Ingrand y Agabriel, 1997; Jarrige et al., 1986; Jones y Garnsworthy, 1988, 1989; Journet y Hoden, 1973; Ørskov et al., 1988; Petit et al., 1987; Revilla et al., 1995; Stakelum y Connolly, 1988; Stanley et al., 1993).

Desafortunadamente, se han hallado escasos datos sobre la capacidad de ingestión de razas cárnicas británicas en establo, mientras que en la bibliografía hay abundantes referencias a su ingestión en pastoreo. Por otra parte, por las características climáticas del país el forraje se conserva principalmente en forma de ensilado, con lo que su ingestión se ve muy influida por aspectos que no intervienen en la regulación de la ingestión de forrajes secos como los que nos ocupan en este trabajo. Entre estos factores se encuentran el pH o los niveles de amoníaco o ácidos grasos volátiles, productos de la fermentación que reducen la ingestibilidad (Dulphy y Faverdin, 1987; Rook y Gill, 1990; Baumont et al., 1997).

Los datos utilizados se correspondieron a las medias de grupos de animales de las distintas referencias, considerando en cada ensayo los distintos tratamientos experimentales y periodos de medida como registros individualizados.

Los alimentos utilizados en los diversos ensayos fueron heno de pradera, hierba verde ofrecida en establo, paja de cebada, alfalfa deshidratada y dietas mixtas y completas (unifeed).

El parámetro más frecuentemente citado en alusión a la calidad del alimento fue la digestibilidad de la materia orgánica (%DMO), estimada tanto in vitro como in vivo, ya fuera

en los propios animales utilizados en el ensayo, en otros de características similares o incluso en moruecos castrados.

En los casos en los que no se dispuso de este dato, se aplicaron valores medios de referencia: para el heno se consideró el valor de 61% estimado sobre 520 henos (Andrieu y Demarquilly, 1987) y en la paja se utilizó una media de 47.5% (Tablas CIHEAM, 1990), similar al valor de 45% propuesto por Petit et al. (1987). La DMO media de los distintos tipos de alimentos utilizados se describe en la Tabla 19.

Tabla 19: Digestibilidad de la materia orgánica de los alimentos utilizados en la base bibliográfica.

| | <i>N</i> | DMO% |
|----------------------|----------|------|
| Alfalfa deshidratada | 10 | 67.9 |
| Heno de pradera | 68 | 58.5 |
| Hierba verde | 18 | 76.1 |
| Paja de cebada | 10 | 44.0 |
| Unifeed | 17 | 64.7 |
| <i>S</i> =123 | | |

Los animales utilizados fueron hembras de razas tanto de aptitud cárnica (Charolais, Limousine, Hereford x Angus) como lechera (Holstein, British Friesian, Pie Noire Française, Montbéliarde), y también se incluyeron algunas definidas como rústicas (Aubrac), entre las que se incluyen razas lecheras y de aptitud mixta de la montaña francesa (Salers y Tarine). En cuanto al estado fisiológico, los animales eran novillas (de uno o dos años de edad) y vacas adultas gestantes, lactantes o secas.

La distribución de frecuencias de los distintos tipos raciales y estados fisiológicos se describe en la Tabla 20.

Tabla 20: Frecuencias de tipos raciales y estados fisiológicos en la base bibliográfica.

| Tipo Racial: | <i>n</i> | % | Estado fisiológico: | <i>n</i> | % |
|--------------------|----------|------|---------------------|----------|------|
| Cárnicas | 28 | 22.8 | Novillas | 37 | 30.1 |
| Lecheras | 53 | 43.1 | Lactantes | 53 | 43.1 |
| Rústicas | 23 | 18.7 | Gestantes | 22 | 17.9 |
| Parda Alpina | 13 | 10.6 | Secas | 11 | 8.9 |
| Pirenaica | 6 | 4.9 | | | |
| <i>S</i> =123 100% | | | <i>S</i> =123 100% | | |

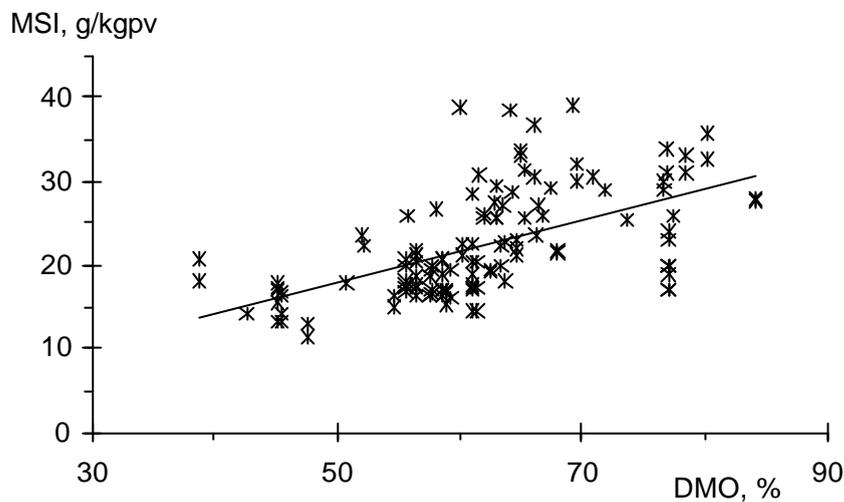
Se comparó la capacidad de ingestión en términos relativos al peso vivo (g MSI/kg PV), y el modelo que mejor se ajustó a las observaciones fue el siguiente:

$$\text{MSI}_{ij} \text{ (g/kg)} = \text{Tipo racial}_i + \text{Estado fisiológico}_k + 0.280_{(\text{e.s. } 0.0351)} * \% \text{ DMO} + e_{ij}$$

$$R^2=0.70 \quad \text{D.E.R.}= 3.52$$

La ingestión relativa estuvo positivamente correlacionada con la DMO ($r=+0.58$, $p<0.001$), incrementando linealmente al aumentar la digestibilidad del alimento, como se observa en la Figura 20.

Figura 20: Relación entre la ingestión y la digestibilidad de los alimentos utilizados en la base bibliográfica.



La ingestión fue significativamente superior en las hembras de genotipos lecheros y en las de raza Parda Alpina y Pirenaica frente a las de tipo cárnico o rústico (Tabla 21). En cuanto al estado fisiológico de los animales, las vacas lactantes presentaron una ingestión claramente superior a la de las novillas y las vacas gestantes o secas (Tabla 21).

Tabla 21: Ingestión de MS en función del tipo racial y estado fisiológico (Medias mínimo cuadráticas).

| | | | | | e.s.d. | Sign. |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| <u>Tipo racial</u> | Lecheras | Parda Alpina | Pirenaica | Rústicas | Cárnicas | |
| MSI, g/kg PV | 22.98 ^a | 24.07 ^a | 22.35 ^a | 19.60 ^b | 18.60 ^b | 2.060 *** |
| <u>Estado fisiológico</u> | Lactantes | Novillas | Secas | Gestantes | | |
| MSI, g/kg PV | 25.57 ^a | 19.46 ^b | 20.88 ^b | 20.18 ^b | 1.505 | *** |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0.05$)

En general, en las experiencias en las que se ha comparado la ingestión de razas rústicas y cárnicas se ha observado que la ingestión de las primeras era superior a la de las segundas en un 10-15 % (Agabriel et al., 1987a y b, Petit et al., 1987).

En nuestro análisis el hecho de que la superioridad de las razas rústicas no fuera significativa se debe, sin duda, a que se utilizaron sólo las medias obtenidas en diferentes ensayos, con lo que se eliminaron los efectos individuales e incrementó el error standard de la media racial.

Las razas lecheras, principalmente Holstein, presentaron según este análisis ingestiones ligeramente inferiores, aunque no significativamente, a las de las vacas de raza Parda Alpina. Esta diferencia puede deberse al hecho de que, según el modelo, las medias mínimo-cuadráticas sólo se encuentran corregidas por la DMO de los alimentos utilizados, aunque muchos más factores pueden influir en la ingestión. Así, la alfalfa deshidratada utilizada en varios de los ensayos con raza Parda Alpina (a.1, c, y Casasús et al. (1997b): 30% de los datos de vacas Pardas) probablemente se ingirió en cantidades más que proporcionales a su DMO in vitro, en función de su reducido tamaño de partícula y elevado ritmo de paso por el tracto digestivo (Demarquilly, 1968).

Tampoco se consideró la condición corporal de los animales: en varios de los ensayos realizados con vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica los animales partían de un estado corporal medio o incluso bajo (ensayos b.2, b.3, c), lo que podría haber incrementado su capacidad de ingestión relativa.

Además, las vacas Pardas utilizadas en las experiencias de Revilla et al. (1995) y Casasús et al. (1997b) se encontraban secas, y según Faverdin et al. (1995), cuando la palatabilidad de los alimentos es suficiente las vacas secas son capaces de ingerir cantidades hasta 3 veces superiores a sus necesidades, particularmente si su estado corporal inicial es moderado-bajo.

Las tendencias raciales observadas al analizar globalmente los resultados se mantuvieron al comparar animales del mismo estado fisiológico y alimentados con una dieta similar.

En el caso de las novillas alimentadas con heno de pradera, la ingestión observada en el ensayo a.2 (21.6 g/kgPV, con DMO=68%) fue superior a las descritas en diversos tipos raciales por Agabriel et al. (1987 a y b) y D'Hour et al. (1991) (DMO media=58%). Esta diferencia se debió a la elevada calidad del heno H1 utilizado en nuestro ensayo. Al covariar por la DMO de los distintos henos, la ingestión de las novillas Pardas y Pirenaicas (18.6 g/kg PV) resultó ser intermedia a la de los tipos lecheros (20.3 g/kgPV) y la de los rústicos y cárnicos (17.7 y 16.7 g/kgPV respectivamente).

La ingestión de paja por vacas a final de gestación en el ensayo b.2 es próxima a los 11 g/kg PV descritos por Petit et al. (1995b) en vacas gestantes de razas Charolais o Salers alimentadas con paja de trigo. Nuestros resultados son algo superiores a los obtenidos con paja de trigo por Petit et al. (1987) en vacas gestantes Limousines y Salers (9.1 y 10.3 g/kg respectivamente), aunque en su experiencia se complementó a los animales con 1 kg de torta de soja y 1.5 kg de cebada. Por otra parte, estos autores afirman que incluso correctamente complementadas en nitrógeno, las vacas secas no son capaces de ingerir paja en cantidades suficientes para cubrir sus necesidades de mantenimiento. Sin embargo, Casasús et al. (1997b) describieron en vacas secas de raza Parda Alpina ingestiones de 18.1 a 20.6 g/kg PV (+1 kg de torta de soja diario), que permitieron ganancias de 0.5 kg/día. Con respecto a los consumos de heno en gestación, la ingestión de las vacas Pardas y Pirenaicas (18.25 g/kg PV) puede compararse con los resultados descritos por Petit et al. (1987). Esta cifra fue idéntica a la media de 18.3 g/kg PV obtenida en vacas de razas Salers y Aubrac con henos de DMO media del 60%, inferior a los 20.4 g/kg PV descritos en las Frisonas y superior a los 15.5 g/kgPV obtenidos en Limousine y Charolais.

En cuanto a los animales lactantes, ha sido difícil hallar referencias a dietas compuestas exclusivamente de alfalfa deshidratada durante la lactación. No obstante, se describe la posibilidad de su utilización en sustitución parcial del ensilado de maíz en las dietas de vacas lecheras, puesto que permite incrementar su nivel de ingestión y producción de leche reduciendo la tasa de grasa, de acuerdo con las limitaciones propuestas por la UE (Peyraud y Delaby, 1994).

La comparación puede establecerse entre el ensayo c y la experiencia de Journet y Hoden (1973), ya que en ambos casos se trató de vacas lactantes alimentadas con alfalfa deshidratada. Las vacas de raza Parda ingirieron un 3.57% de su PV, mientras estas cifras fueron de 3.27% en las vacas Pirenaicas y de 3.3% en las Holstein. Parece por ello que, al menos en estas condiciones, las ingestiones relativas podrían considerarse similares en las tres razas.

De estos resultados cabe concluir que la capacidad de ingestión de los animales de raza Parda Alpina y Pirenaica es ligeramente inferior a la de las razas lecheras, similar a la de los genotipos definidos como rústicos y superior a la de las razas cárnicas.

4.4.3.- Validación de ecuaciones de predicción de la ingestión

Por último, se analizó la validez de algunas fórmulas de predicción de la capacidad de ingestión de animales de características similares a los utilizados en este trabajo.

De la contrastación de observaciones y estimaciones según diversas ecuaciones realizada por el A.F.R.C. (1991) se deduce la dificultad de predecir la ingestión de materia seca con ecuaciones obtenidas en situaciones y con dietas variadas. Estos autores obtuvieron en la mayoría de los casos errores de predicción que invalidaban las ecuaciones utilizadas, derivadas en condiciones diferentes.

La mayoría de los modelos reflejados en la amplia revisión realizada por Ingvarlsen (1994) se han desechado por no considerar la calidad del alimento (p.e. M.A.F.F., 1975; A.R.C., 1980), referirse únicamente a la ingestión de ensilados o estar calculados para situaciones muy específicas de vacas lecheras de alta producción. Finalmente se han utilizado sólo ecuaciones que tenían en cuenta de alguna manera la calidad del alimento ingerido, considerando su DMO, NDF o valor lastre (Dulphy et al., 1987).

Las fórmulas contrastadas se describen en la Tabla 22.

Tabla 22: Ecuaciones de predicción utilizadas para contrastar los resultados obtenidos.

| <i>Tipo de animal</i> | <i>Fórmula</i> | <i>Unidad</i> | <i>Referencia</i> |
|-----------------------------|--|---------------|------------------------|
| Novillas | $CI = 0.17(17.1 + 0.227 * PV)$ | ULB | Troccon, 1987 |
| Vacas de carne adultas | $CI = 12.5 \text{ g NDF/kg PV}$ | kg NDF | Mertens, 1994 |
| Vacas de cría gestantes | $CI = 0.090 * PV^{0.75} + 1.46$ | ULB | Agabriel y Petit, 1987 |
| Vacas de cría gestantes (1) | $CI = -0.26 + 0.086 * PV^{0.75}$ | kg MS | Petit et al., 1987 |
| Vacas de cría lactantes (1) | $CI = 3.58 + 0.058 * PV^{0.75} + 0.310 * PL$ | kg MS | Petit et al., 1987 |
| Vacas de cría lactantes (2) | $CI = 2.07 + 0.068 * PV^{0.75} + 0.200 * PL$ | kg MS | Petit et al., 1987 |
| Vacas de cría lactantes | $CI = 0.083 * PV^{0.75} + 0.244 * PL + 2.52$ | ULB | Agabriel y Petit, 1987 |
| Vacas lecheras en lactación | $CI = 22 - 8.25 * e^{(-0.02 * PLS)} + 0.01 * (PV - 600)$ | ULL | Faverdin et al., 1987 |

(1) Heno de calidad media, (2) Heno de buena calidad

ULL= Unidades Lastre para vacas lecheras, ULB= Unidades Lastre para cualquier otro tipo de bovinos (Dulphy et al., 1987).

En los casos en que la ingestión se predecía en ULL o ULB, ésta se tradujo a kg MS aplicando los valores lastre medios considerados por el INRA (1988), 1.22 ULB/kg heno y 1.6 ULB/kg paja.

Como en las tablas del INRA (1988) la alfalfa deshidratada no se considera un forraje susceptible de ser ingerido como único alimento, carece de valor lastre. Por ello el valor lastre se dedujo del trabajo de Journet y Hoden (1973), en el que fue el componente mayoritario de la ración, a razón de 0.96 ULL/kg ADH.

Inicialmente se contrastaron las medias raciales de las estimaciones y las observaciones reales de cada ensayo, y se consideraron válidas únicamente las predicciones que tenían una desviación inferior al 20% sobre las observaciones reales. Los resultados se observan en la Tabla 23.

Tabla 23: Diferencia entre la ingestión real y la estimada según las ecuaciones de predicción que presentaron un error de estimación inferior al 20%.

| Ensayo | Estado fisiológico | Raza | Alimento | MSI real, kg | MSI estimada, kg | Diferencia, kg ‡ | Diferencia, % | Referencia |
|--------|--------------------|------|----------|--------------|------------------|------------------|---------------|----------------------|
| a.1 | Novillas | P.A. | ADH1 | 9.40 | 9.57 | +0.17 | +2% | Troccon, 1987 |
| a.1 | Novillas | Pi. | ADH1 | 9.40 | 9.60 | +0.20 | +2% | Troccon, 1987 |
| a.2 | Novillas | P.A. | H1 | 8.79 | 7.96 | -0.83 | -9% | Mertens, 1994 |
| a.2 | Novillas | Pi. | H1 | 9.13 | 8.21 | -0.92 | -10% | Mertens, 1994 |
| a.2 | Novillas | P.A. | H1 | 8.79 | 8.56 | -0.23 | -3% | Troccon, 1987 |
| a.2 | Novillas | Pi. | H1 | 9.13 | 8.67 | -0.46 | -5% | Troccon, 1987 |
| b.1 | Media gestación | P.A. | H2 | 14.61 | 12.28 | -2.33 | -16% | Mertens, 1994 |
| b.1 | Media gestación | Pi. | H2 | 14.20 | 11.97 | -2.23 | -16% | Mertens, 1994 |
| b.2 | Fin de gestación | P.A. | PC | 7.00 | 7.88 | +0.88 | +13% | Agabriel y Petit, 87 |
| b.2 | Fin de gestación | Pi. | PC | 7.69 | 7.73 | +0.04 | +1% | Agabriel y Petit, 87 |
| b.3 | Fin de gestación | P.A. | H3 | 11.09 | 12.94 | +1.85 | +17% | Mertens, 1994 |
| b.3 | Fin de gestación | Pi. | H3 | 11.59 | 12.83 | +1.23 | +11% | Mertens, 1994 |
| b.3 | Fin de gestación | P.A. | H3 | 11.09 | 10.57 | -0.52 | -5% | Petit et al., 87 |
| b.3 | Fin de gestación | Pi. | H3 | 11.59 | 10.50 | -1.10 | -9% | Petit et al., 87 |

‡: diferencia = estimación - observación real

P.A.: Parda Alpina, Pi: Pirenaica

Las ingestiones tanto de alfalfa ADH1 como de heno H1 en las novillas se predijeron con bastante exactitud mediante las ecuaciones propuestas por Troccon (1987).

La relación entre el contenido en NDF, el PV y la ingestión propuesta por Mertens (1994) condujo a estimaciones con una diferencia de entre -16 y +17% con respecto a los valores reales, con lo que su validez sería cuestionable, sobre todo en los ensayos b.1 y b.3.

Las estimaciones realizadas mediante las ecuaciones de Agabriel y Petit (1987) y Petit et al. (1987) resultaron relativamente similares a las observaciones reales (entre -9 y +13%), aunque se tendió a sobrestimar el consumo de paja en el ensayo b.2 y a subestimar el consumo de heno en b.3. Estas diferencias podrían ser debidas a que se ha considerado

que el valor lastre del heno y la paja se correspondían con los valores medios de las tablas INRA, y no se determinó su valor real.

De estos resultados cabe concluir que en los ensayos a.1, a.2, b.2 y b.3 las estimaciones realizadas según las ecuaciones propuestas en las recomendaciones del INRA (1988) fueron en general bastante aproximadas a las observaciones reales, a pesar de haber sido calculadas sobre otras razas.

Sin embargo, ninguna ecuación permitió predecir de forma más o menos precisa la elevada ingestión de ADH2 observada en las vacas lactantes del ensayo c. Incluso la fórmula utilizada por Favardin et al. (1987) para predecir la ingestión en razas lecheras condujo a subestimaciones del orden de 37%.

Estas diferencias se deberían, en primer lugar, a que en las recomendaciones del INRA la alfalfa deshidratada no se considera un forraje sino un concentrado. Por ello la regulación de su ingestión no se sometería a los mismos mecanismos de limitación principalmente física que los forrajes con los que se formularon estas ecuaciones (Jarrige et al., 1986).

Por otra parte, el sistema de predicción de la ingestión en función de la NDF tampoco permitió predecir la ingestión de ADH2. De hecho, Mertens (1994) afirma que estas ecuaciones pueden no ser válidas en dietas con forrajes molidos, en las que el efecto de llenado del rumen por unidad de NDF es diferente al de los forrajes largos, y concluye que las estimaciones podrían mejorarse incluyendo alusiones al tamaño de partícula o a los ritmos de paso por el tracto digestivo.

Tampoco se obtuvieron estimas lo suficientemente precisas en el ensayo b.1, puesto que la ingestión de heno por las vacas en fase media de gestación fue muy elevada y se subestimó en todos los casos: -16% según las ecuaciones de Mertens (1994) y hasta -35% utilizando las predicciones de Agabriel y Petit (1987) o Petit et al. (1987). La elevada diferencia con estos últimos autores se debería a que sus predicciones estaban calculadas para vacas en 8º mes de gestación y no en el 5º, como en nuestro caso, aunque ellos mismos indican que la reducción en la ingestión debida a la gestación sólo se observa en las dos últimas semanas preparto.

De estos resultados cabe concluir que las ecuaciones desarrolladas en los trabajos del INRA son, en general aplicables en nuestras condiciones. Sin embargo, en determinadas condiciones su utilidad es limitada. Al utilizar alimentos alternativos (p.e. alfalfa deshidratada), o cuando tras fases de alimentación limitada (en establo o en pastoreo) se permite a los animales una máxima expresión de su capacidad de ingestión, las predicciones según estas ecuaciones no se ajustan a los resultados observados en nuestros ensayos.

Finalmente, al descender al plano individual, se aplicaron las ecuaciones consideradas satisfactorias para tratar de predecir la ingestión individual de cada animal en los distintos

ensayos. La relación entre las observaciones individuales y las estimas se presenta en las Figuras 21 y 22.

Figura 21: Relación entre la MSI observada en los ensayos a.1 y a.2 y la estimada según las ecuaciones de predicción de Troccon (1987) y Mertens (1994).

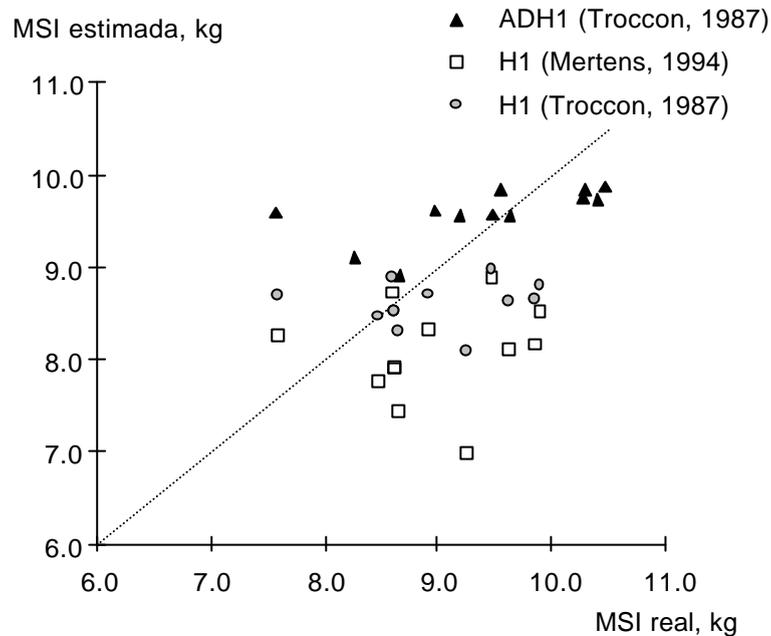
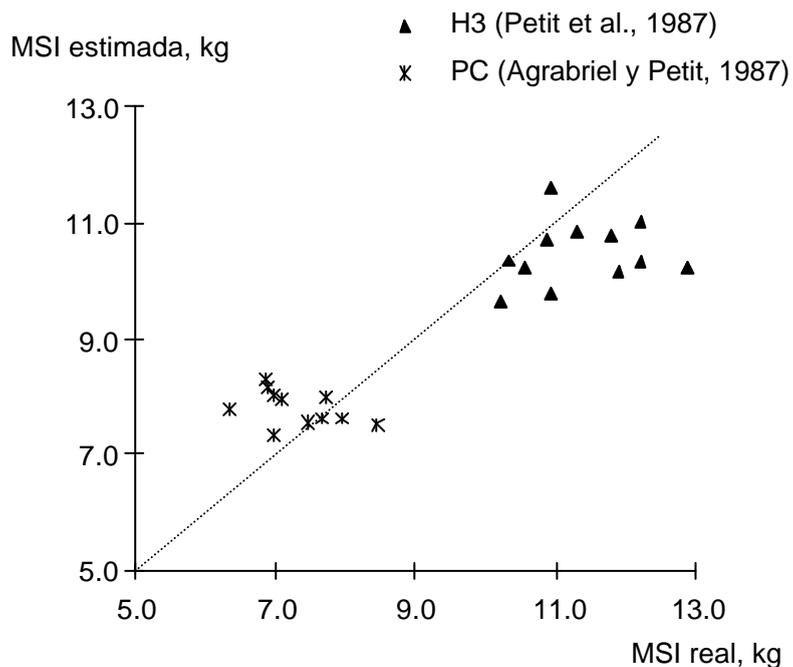


Figura 22: Relación entre la MSI observada en los ensayos b.2 y b.3 y la estimada según las ecuaciones de Agabriel y Petit (1987) y Petit et al. (1987).



En este caso las ecuaciones no fueron significativas en prácticamente ninguno de los ensayos, debido a la elevada variabilidad individual y a que los sistemas aditivos, ya utilicen unidades lastre o kg, carecen de flexibilidad para adaptarse a las particularidades individuales (Jarrige et al., 1986). Esto confirma la teoría expuesta por Bines (1976) de que las ecuaciones simples que relacionan la ingestión con las características de los animales son precisas considerando los rebaños de forma general, pero de reducida utilidad a nivel individual.

4.5.- CONCLUSIONES

En las condiciones de nuestras experiencias, no han podido evidenciarse diferencias en la capacidad de ingestión atribuibles a la raza. Únicamente se observaron diferencias durante la lactación, periodo en el que la ingestión de alfalfa deshidratada fue superior en las vacas de raza Parda Alpina, en función de su mayor potencial lechero y la elevada ingestibilidad del alimento utilizado.

El estado fisiológico y la calidad de la dieta influyeron en la capacidad de ingestión en los sentidos descritos en la bibliografía, con una mayor ingestión de las dietas de mayor calidad y relacionada con el peso y la producción lechera.

La capacidad de ingestión de las vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica resultó ser similar a la reseñada en la bibliografía para otras razas rústicas habitualmente utilizadas en el centro de Europa, significativamente superior a la descrita en razas de tipo cárnico y próxima incluso a la observada en genotipos lecheros.

En los sistemas de producción en condiciones de montaña, esta elevada capacidad de ingestión puede permitir al rebaño afrontar la estabulación invernal con recursos alimenticios groseros, ya que gran parte de las necesidades podrán cubrirse con los nutrientes obtenidos de estos forrajes.

Las ecuaciones de predicción desarrolladas en el INRA permitieron estimar con exactitud la capacidad de ingestión de los animales jóvenes. En cuanto a los adultos, si bien en las vacas en gestación avanzada se obtuvieron errores de predicción en torno al 10%, en los animales de necesidades reducidas (ensayo b.2) o en dietas diferentes a las convencionales (ensayo c) ninguna ecuación se ajustó a los resultados obtenidos.

En función de la importancia zootécnica y económica derivada de la máxima utilización de la capacidad de ingestión de los animales en los sistemas extensivos de producción, sería preciso proseguir con los trabajos encaminados a determinar la ingestión voluntaria de los forrajes disponibles en cada situación productiva y por los genotipos presentes en las distintas zonas.

**5.- RENDIMIENTOS DE VACAS RAZA PARDA
ALPINA Y PIRENAICA Y SUS TERNEROS DURANTE
EL PASTOREO DE PRIMAVERA EN PRADERAS**

5.1.- OBJETIVOS

Determinar la existencia de diferencias raciales en los rendimientos obtenidos por vacas de cría de raza Parda Alpina y Pirenaica con sus terneros durante el pastoreo de primavera en praderas, y relacionarlos con el comportamiento en pastoreo.

5.2.- MATERIAL Y MÉTODOS

5.2.1.- Diseño Experimental

Dos lotes de vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica permanecieron en estabulación durante los dos primeros meses de lactación. Posteriormente pastaron con sus terneros en praderas de fondo de valle durante un mes y medio, hasta el momento de la subida a puerto. Durante este periodo se registraron periódicamente sus rendimientos y su comportamiento alimenticio en pastoreo.

5.2.2.- Animales

Se utilizaron 10 vacas de raza Parda Alpina y 10 de raza Pirenaica con parto en primavera (fecha media de parto: 24/2/1997). Los lotes de ambas razas fueron equilibrados en fecha de parto y peso y condición corporal al parto.

Durante la primera fase de la lactación las vacas se mantuvieron estabuladas, y recibieron una dieta compuesta de paja de cebada y alfalfa deshidratada en tacos que cubría el 100% de sus necesidades energéticas teóricas (5.7 kg MS de paja y 7.3 kg MS de alfalfa por vaca y día) (Tabla 24).

En este periodo los terneros se alimentaron únicamente de la leche materna, y el amamantamiento se realizó en dos periodos diarios de 20 minutos.

Tabla 24: Composición (g/kg MS) de los alimentos utilizados durante la fase de estabulación.

| | Paja cebada | Alfalfa deshidratada |
|-----|-------------|----------------------|
| MO | 907 | 819 |
| PB | 35 | 187 |
| ADF | 514 | 256 |
| ADL | 80 | 56 |

5.2.3.- Manejo del pasto

Aproximadamente a los dos meses del parto (30/4/97), las vacas y sus terneros salieron a pastar en una pradera polifita de fondo de valle, de 4 ha de superficie y compuesta principalmente por *Poa pratensis*, *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*. Esta parcela había sido abonada en febrero con 4000 kg/ha de estiércol y 70 unidades de N/ha.

Los animales dispusieron en la parcela de agua y bloques vitamínico-minerales a voluntad.

El rebaño permaneció en pastoreo continuo sobre esta pradera durante 44 días, hasta el momento de la subida a puerto (13/6/97). Las cubriciones se efectuaron durante este periodo, con un toro de raza Parda Alpina que permaneció con el rebaño durante todo el ensayo.

5.2.4.- Medidas

- Animales

Se realizaron dobles pesadas de las vacas y los terneros al parto y al inicio y final de la fase de pastoreo en praderas, y durante el periodo de permanencia en la pradera las pesadas fueron semanales.

Las ganancias medias diarias de las vacas y los terneros se estimaron por regresión lineal en función del día. En las vacas se utilizó como punto inicial para la regresión el peso registrado tras la primera semana de pastoreo, para minimizar el efecto de la pérdida de contenido digestivo a la salida al pasto.

La condición corporal se estimó mediante el método propuesto por Lowman et al. (1976) al inicio y final del pastoreo en pradera.

La producción lechera de las vacas se estimó el día anterior a la salida al pasto y después semanalmente hasta el final del ensayo (4 ordeños). La leche producida durante un periodo de 6 horas, en el que los terneros permanecieron separados de sus madres, se estimó mediante ordeño mecánico con inyección de oxitocina según el método propuesto por Le Du et al. (1979b). Se tomaron muestras individuales para analizar el contenido en grasa y proteína de la leche por infrarrojos (Milkoscan 255 AB, Foss Electric Ltd., U.K.).

- Hierba

Semanalmente se controlaron la altura del pasto, la biomasa herbácea disponible por ha y la composición química de la hierba.

La altura del pasto se registró con un sward stick HFRO (Barthram, 1986) en 100 puntos distribuidos al azar en la pradera. La disponibilidad de MS se estimó mediante siega a ras de

suelo (con segadora eléctrica) de la hierba presente en 6 cuadrados de 0.25 m² distribuidos aleatoriamente en la parcela, y posterior desecación en estufa.

Se analizó el contenido de la hierba en materia orgánica, por incineración a 550 °C durante 3 horas. La proteína bruta se determinó por el método de Kjeldahl y la fibra y la lignina ácido-detergentes por el método de Goering y Van Soest (1971).

- Comportamiento en pastoreo

Semanalmente se controló el comportamiento en pastoreo mediante observación visual de los animales durante todo el día (5.30-23.00 h). Estos controles se realizaron en los mismos días que las medidas de altura y disponibilidad de hierba en la pradera (5 días de control).

El tiempo dedicado diariamente a pastar se estimó registrando a intervalos de 5 minutos la actividad de cada vaca.

El ritmo de bocados se controló de forma individual contando el número de bocados efectuado en 2 minutos. Se obtuvieron al menos 7-8 registros por animal, distribuidos de forma homogénea a lo largo del día.

5.2.5.- Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1990). El comportamiento en pastoreo y la producción lechera se analizaron en función de la raza mediante modelos lineales generalizados (procedimiento GLM) con medidas repetidas.

Los rendimientos se analizaron considerando la raza como efecto fijo y testando como covariables el peso y la CC iniciales o las ganancias y la producción lechera media.

La relación entre las variables se calculó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, y los modelos predictivos se obtuvieron por regresión lineal.

5.3.- RESULTADOS

5.3.1.- Hierba

La composición química y la disponibilidad y altura medias de la pradera en las 6 semanas de pastoreo se muestran en la Tabla 25.

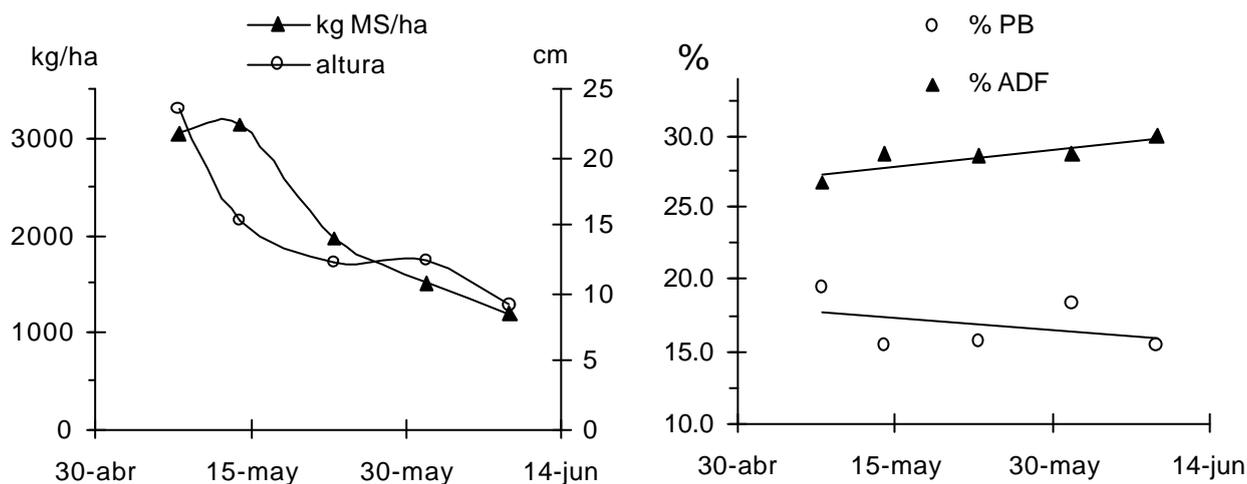
A lo largo del periodo de utilización de la pradera disminuyeron progresivamente y en la misma medida la altura del pasto y la disponibilidad de MS por ha, hasta alcanzar unos valores residuales al final de la experiencia de 9.05 cm y 1193 kg MS/ha respectivamente.

También se redujo la calidad del pasto durante el ensayo, puesto que disminuyó su contenido en proteína bruta y aumentó el contenido en fibra (Figura 23).

Tabla 25: Composición de la hierba (g/kg MS), altura y disponibilidad durante el periodo de pastoreo (media y desviación típica).

| | <u>Composición</u> | | <u>Altura y disponibilidad</u> | |
|-----|--------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | <i>Media</i> | <i>s.d.</i> | <i>Media</i> | <i>s.d.</i> |
| MO | 881 | 14.6 | Altura, cm | 14.5 5.52 |
| PB | 168 | 16.5 | Disponibilidad, kg MS/ha | 2166 882.7 |
| ADF | 281 | 15.3 | | |
| ADL | 31 | 6.9 | | |

Figura 23: Evolución de la disponibilidad y altura del pasto y del contenido en proteína y fibra ácido-detergente a lo largo del periodo de utilización de la pradera.



5.3.2.- Rendimientos de los animales

Las vacas de ambas razas presentaron idéntico peso al parto (527 kg las vacas Pardas vs. 528 kg las Pirenaicas, NS). Durante los dos primeros meses de lactación, todavía en estabulación, las vacas Pardas tendieron a mantener su peso mientras que las Pirenaicas presentaron una ligera ganancia (-0.049 vs. +0.144 kg/día, $p=0.06$).

El peso al nacimiento de los terneros Pardos fue superior al de los Pirenaicos (40.2 vs. 36.4, $p=0.10$), y sus ganancias durante la fase de estabulación también fueron mayores (0.811 vs. 0.644 kg/día, $p<0.05$).

Los pesos y ganancias de las vacas y los terneros durante la fase experimental se muestran en la Tabla 26 y en la Figura 24.

Tabla 26: Rendimientos de las vacas y los terneros durante la fase de pastoreo

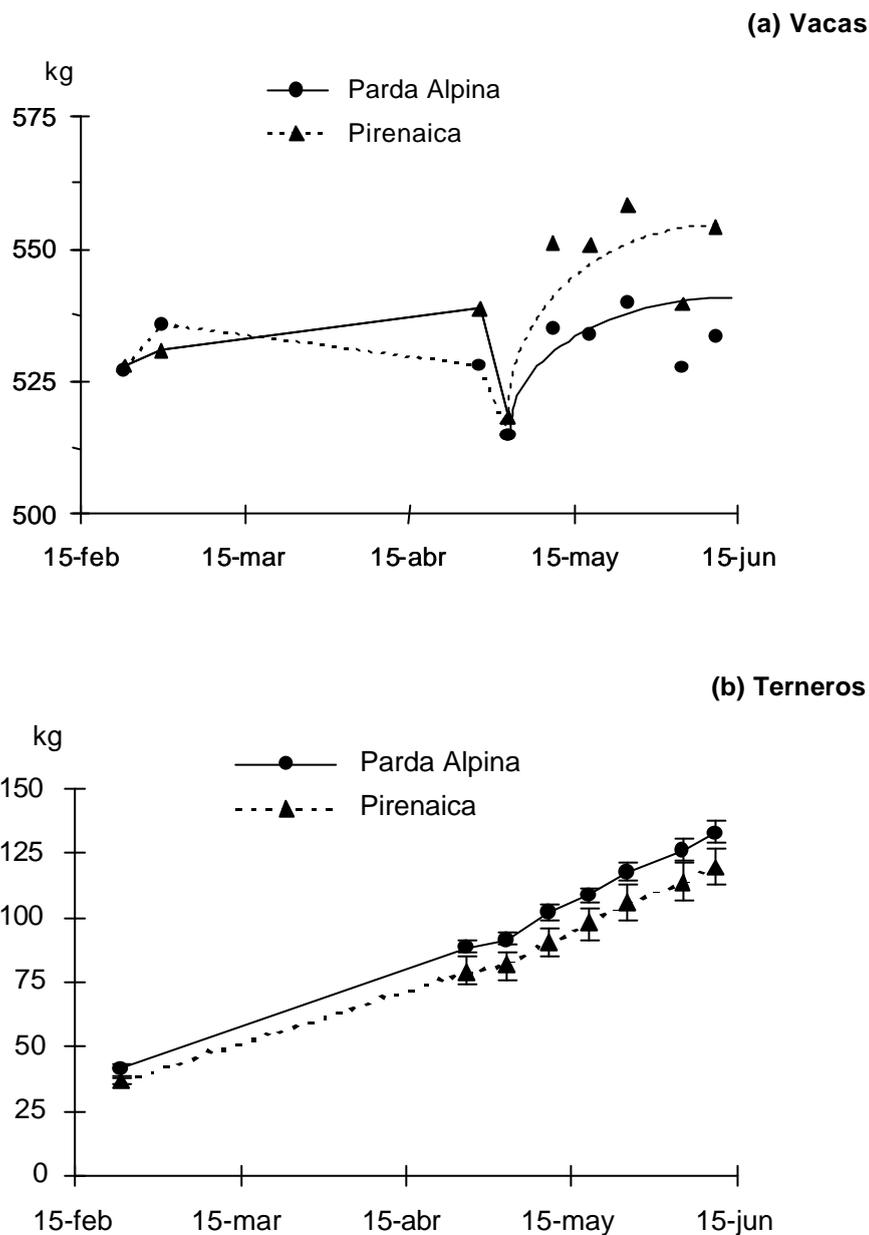
| | Parda Alpina | Pirenaica | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|---------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------|
| PV inicial, kg § | | | | |
| vaca | 514.8 | 518.0 | 9.26 | NS |
| ternero | 88.7 | 79.2 | 2.71 | 0.13 |
| PV final del pastoreo, kg | | | | |
| vaca | 533.3 | 553.8 | 8.45 | NS |
| ternero | 133.0 | 119.8 | 4.04 | 0.15 |
| GMD, kg | | | | |
| vaca | 0.229 | 0.539 | 0.066 | * |
| ternero | 1.058 | 0.977 | 0.043 | NS |
| Condición Corporal | | | | |
| inicial | 2.21 | 2.17 | 0.033 | NS |
| final | 2.45 | 2.60 | 0.020 | ** |
| ganancia | +0.24 | +0.42 | 0.027 | ** |

§ Pesada una semana después de la salida al pasto

A la salida al pasto, las vacas de ambas razas perdieron 17 kg durante la primera semana de pastoreo, lo que supuso un 3.2% de su peso inicial. Posteriormente experimentaron ganancias tanto de peso como de condición corporal, que fueron superiores en las vacas de raza Pirenaica frente a las Pardas.

Los crecimientos de los terneros en la pradera fueron similares en las dos razas, con lo que al final del ensayo el peso de los terneros Pardos continuó siendo algo superior al de los Pirenaicos, aunque no significativamente.

Figura 24: Evolución del peso de las vacas y los terneros en el periodo de estabulación pre-experimental y durante el pastoreo en praderas.



En ambas razas, los terneros de mayor peso a la salida al pasto fueron los que presentaron mayores ganancias ($r=+0.65$, $p<0.01$). Así, la ganancia durante el pastoreo se relacionó positivamente con la ganancia en estabulación ($r=+0.57$, $p<0.05$).

La producción y la composición de la leche previa a la salida al pasto y la media de los registros realizados durante la fase de pastoreo se muestran en la Tabla 27.

La producción lechera fue 2.3 kg superior en las vacas de raza Parda Alpina, tanto en establo como en pastoreo.

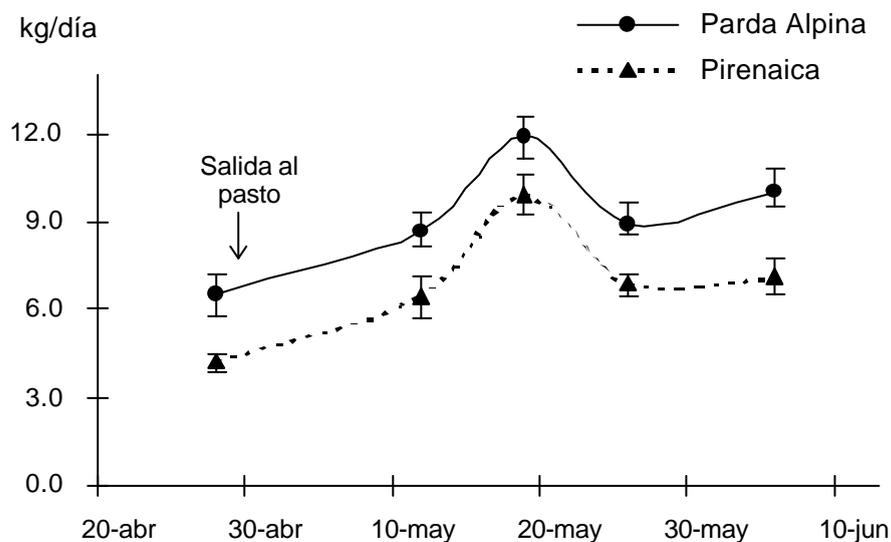
A la salida al pasto la producción lechera diaria incrementó rápidamente en la primera semana (+2.17 kg, e.s. 0.38) hasta alcanzar un máximo en la tercera semana de pastoreo. La media de los registros en pastoreo fue superior a la producción en establo en 3.36 kg (e.s. 0.48) en ambas razas (Figura 25), con lo que en conjunto el pastoreo de primavera supuso un incremento del 63% en la producción de leche.

Las vacas Pirenaicas produjeron una leche más rica en grasa, lactosa y extracto seco magro, sobre todo en pastoreo (Tabla 27). En ambas razas la salida al pasto originó incrementos en la tasa butírica (+2.6 vs. +7.5 g/kg en Pardas y Pirenaicas, $p < 0.05$), proteica (7.5 vs. 5.6 g/kg, $p < 0.01$) y también en el extracto seco magro (+1.22 g/kg en ambas razas).

Tabla 27: Producción de leche a la salida a la pradera y durante la fase de pastoreo.

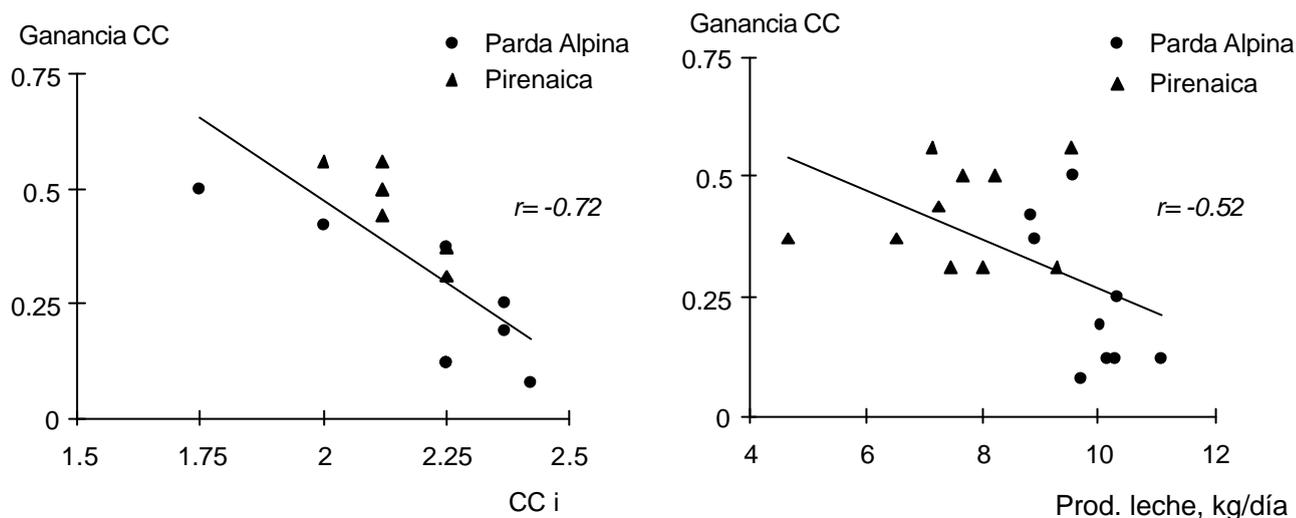
| | <i>Salida al pasto</i> | | | | <i>Fase de pastoreo</i> | | | |
|----------------------|------------------------|-----------|--------|-------|-------------------------|-----------|--------|-------|
| | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. | Parda Alpina | Pirenaica | e.s.d. | Sign. |
| Prod. Lechera (kg/d) | 6.51 | 4.21 | 0.340 | ** | 9.87 | 7.57 | 0.235 | *** |
| Composición (g/kg) | | | | | | | | |
| Grasa | 30.4 | 33.4 | 1.12 | NS | 33.1 | 40.6 | 0.65 | *** |
| Proteína | 32.2 | 37.1 | 0.59 | ** | 38.7 | 38.8 | 0.46 | NS |
| Extracto seco magro | 83.6 | 92.3 | 0.72 | *** | 89.0 | 94.9 | 0.60 | *** |
| Lactosa | 44.0 | 47.7 | 0.97 | NS | 42.7 | 48.6 | 0.84 | ** |

Figura 25: Evolución de la producción lechera a lo largo del ensayo.



La producción de leche de las vacas durante el pastoreo en praderas se correlacionó negativamente con su recuperación de peso y condición corporal ($r=-0.47$ y $r=-0.52$ respectivamente, $p<0.05$), y ésta última también fue inversa al estado corporal inicial ($r=-0.72$, $p<0.001$) (Figura 26).

Figura 26: Relación de la ganancia de condición corporal con el estado corporal a la salida al pasto y la producción de leche durante el ensayo.



En conjunto, la ganancia de condición corporal durante el pastoreo de primavera se explicó mediante el siguiente modelo:

$$\Delta CC = 2.13_{(e.s. 0.315)} - 0.66_{(e.s. 0.141)} * CC_i - 0.04_{(e.s. 0.013)} * PL_m$$

$R^2 = 0.69$ D.E.R. = 0.092

donde PL_m es la media de producción lechera en pastoreo (kg/d) y CC_i la condición corporal de las vacas a la salida al pasto.

La relación entre los crecimientos de los terneros y la producción lechera de sus madres fue más estrecha en la fase de estabulación ($r=0.53$, $p<0.05$) que durante el pastoreo, donde únicamente se observó una tendencia ($r=0.42$, $p=0.07$).

5.3.3.- Comportamiento en pastoreo

Los componentes del comportamiento ingestivo de las vacas de ambas razas se muestran en la Tabla 28.

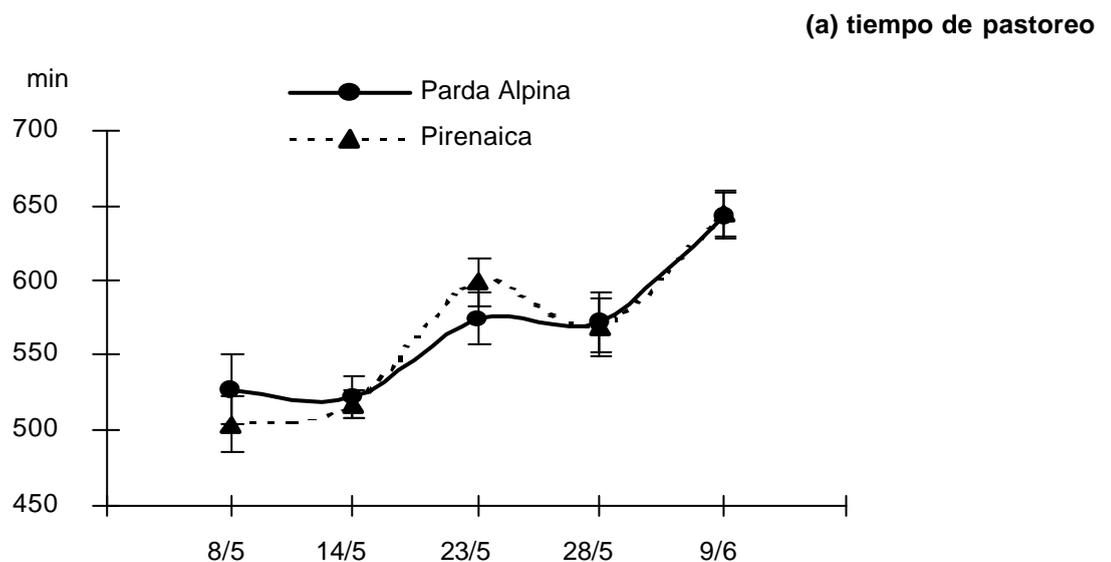
El tiempo de pastoreo diario fue idéntico en las dos razas, y también lo fueron la frecuencia de bocados y, por tanto, el número de bocados diarios (= tiempo de pastoreo x frecuencia de bocados).

Tabla 28: Comportamiento ingestivo de las vacas durante la fase de pastoreo

| | Parda Alpina | Pirenaica | <i>e.s.d.</i> | <i>Sign.</i> |
|---|--------------|-----------|---------------|--------------|
| Tiempo de pastoreo (minutos/día) | 568 | 567 | 7.56 | NS |
| Frecuencia de bocados (bocados/minuto) | 55.4 | 57.2 | 0.69 | NS |
| Número de bocados (bocados/día) | 31454 | 32407 | 551 | NS |

El tiempo de pastoreo diario y la frecuencia de bocados se incrementaron a lo largo del ensayo en similar medida en las dos razas (Figura 27), y estuvieron positivamente correlacionados entre sí ($r=+0.78$). Su aumento se relacionó con la disminución en la biomasa herbácea presente en la pradera y en la altura del pasto (Figura 28).

Figura 27: Evolución del tiempo de pastoreo diario (minutos) y la frecuencia de bocados (bocados/minuto) en los animales de ambas razas a lo largo del ensayo.



(b) frecuencia de bocados

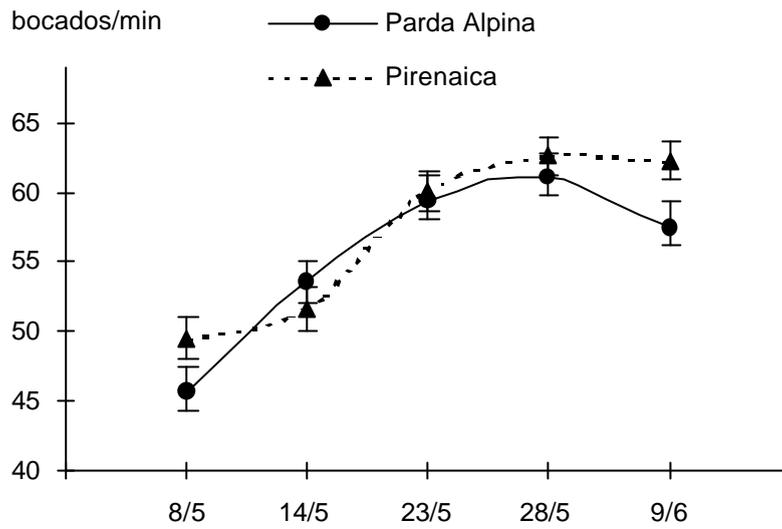
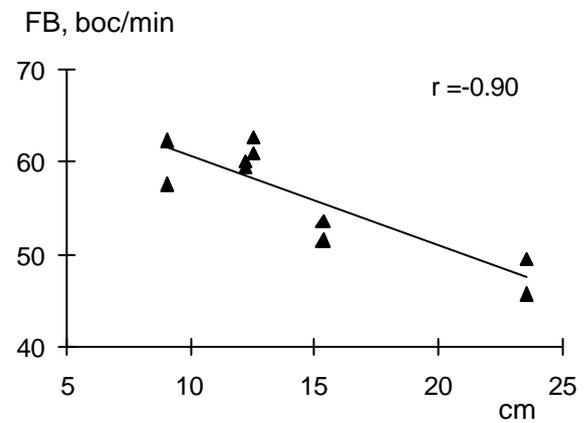
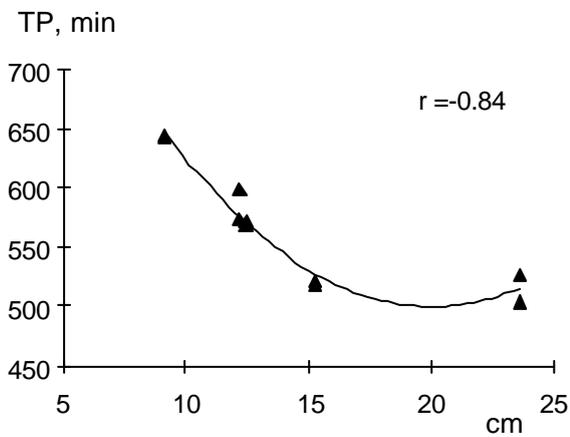
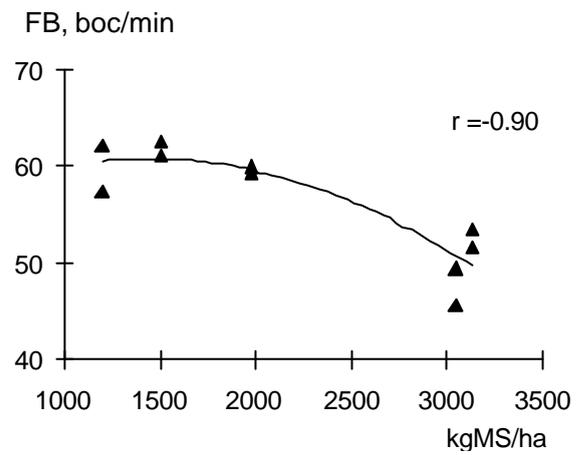
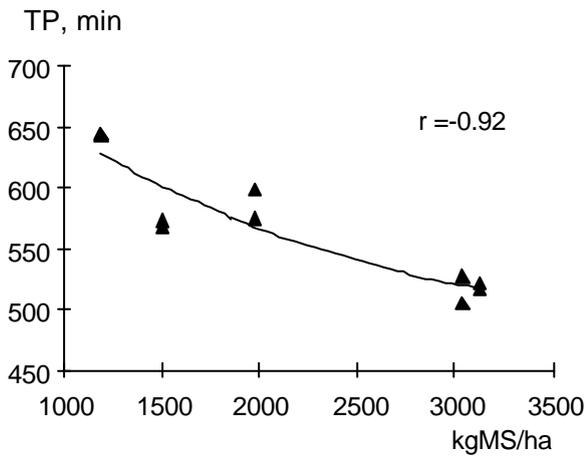
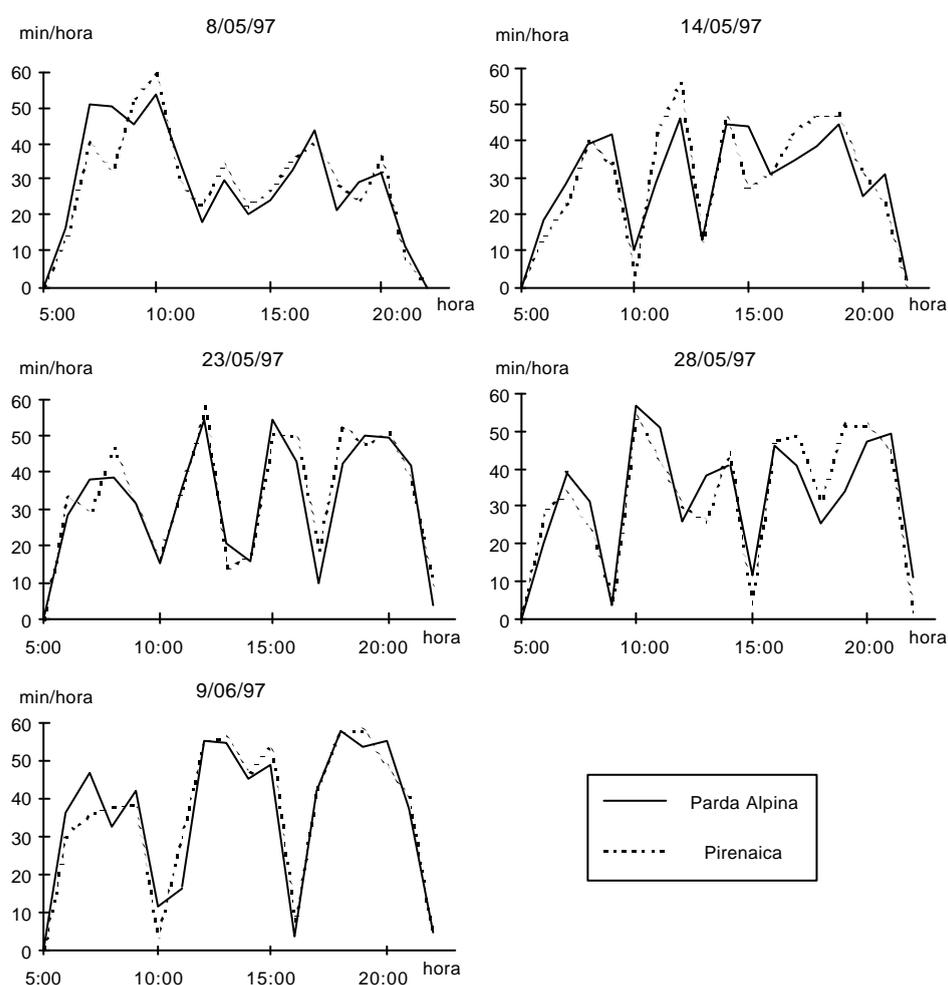


Figura 28: Correlaciones del tiempo de pastoreo diario (minutos) y la frecuencia de bocados (bocados/minuto) con la altura (cm) y la biomasa herbácea (kg MS/ha).



Las pautas de pastoreo diario también fueron idénticas en ambas razas, y evolucionaron de igual forma a lo largo del periodo de utilización de la pradera. A medida que avanzó la estación, los periodos de pastoreo y descanso diarios fueron más acusados. En general, se observaron entre 3 y 4 periodos de pastoreo a lo largo del día, separados por 2 ó 3 fases de reposo (Figura 29).

Figura 29: Pautas de pastoreo (minutos/hora) de las vacas de ambas razas a lo largo del ensayo.



No se observó ninguna relación entre la actividad de pastoreo y la ganancia de peso o condición corporal de las vacas.

La producción de leche tendió a correlacionarse positivamente con el número de bocados diarios, independientemente de la raza ($r=0.49$ y $r=0.52$ en Pardas y Pirenaicas respectivamente, $p<0.10$). La relación entre ambos parámetros fue la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{PL}_m \text{ (kg/día)} = & \quad 0.96_{(e.s. 3.053)} \text{ (Parda Alpina)} \\
 & \quad + 0.204_{(e.s. 0.0937)} * \text{NB} \\
 & \quad 3.45_{(e.s.0.473)} \text{ (Pirenaica)} \\
 & \quad R^2 = 0.65 \quad \text{D.E.R.}=1.01
 \end{aligned}$$

donde PL_m es la producción lechera media en pastoreo y NB el número medio de bocados diarios en los diferentes controles (en miles).

5.4.- DISCUSIÓN

El peso de las vacas de ambas razas al parto fue inferior en 50 kg a los pesos medios habitualmente registrados en estas razas (cf. Tabla 34). En consecuencia los pesos de los terneros al nacimiento fueron aproximadamente 3 kg inferiores a la media de cada raza (cf. Tabla 39), lo cual reflejaría un cierto grado de subnutrición durante el periodo preparto, previo al inicio del ensayo.

Posteriormente el plano alimenticio aplicado durante la fase de estabulación permitió alcanzar el objetivo planteado, ya que las vacas mantuvieron peso durante los dos meses posteriores al parto y las ganancias de sus terneros fueron similares a las medias obtenidas en el rebaño del que procedían (0.797 y 0.694 kg/día los terneros de raza Parda Alpina y Pirenaica respectivamente, cf. Tabla 39).

A la salida al pasto, la pérdida de peso ligada a la variación de contenido digestivo fue inferior al 6% descrito por el INRA (1978) para vacas alimentadas en establo con dietas a base de heno. La diferencia en este caso se debería a que buena parte de la ración fue alfalfa deshidratada (56%), alimento que por su reducido tamaño de partícula y elevado ritmo de tránsito por el aparato digestivo supondría un menor llenado digestivo inicial que las dietas de heno.

El pastoreo en praderas permitió un incremento sustancial de la producción lechera y la tasa proteica, como se ha descrito en múltiples trabajos (Rook et al., 1960; Hodgson et al., 1980; Baker et al., 1982a; Hoden et al., 1985; Coulon et al., 1986; Villalba et al., 1997b). El aumento de producción fue paulatino hasta alcanzar un máximo en la 3ª semana de pastoreo, como describen Coulon et al. (1986).

Estos incrementos se asocian a la mejora sustancial del nivel energético que supone la salida al pasto (Coulon, 1995), aunque también pueden estar favorecidos por el cambio en las condiciones ambientales y de manejo y por los cambios cualitativos de la dieta (Coulon et al., 1986).

El aumento de la producción de leche diaria en 3.36 kg (63%) es proporcionalmente mayor que los hallados en trabajos referentes a razas lecheras (Coulon et al., 1986; Coulon, 1995). Sin embargo, la mejora de la producción se ha relacionado negativamente con el nivel de nutrición previo y la producción inicial (Baker et al., 1982a), por lo que es lógico que los incrementos sean mayores que los registrados en vacas lecheras de alta producción y con elevados planos alimenticios durante la estabulación.

El incremento obtenido en este trabajo fue similar a los 3.2 y 3.8 kg observados respectivamente por Villalba et al. (1997b) y Hodgson et al. (1980) en vacas de cría subnutridas durante la fase de estabulación invernal y con sólo 6.8 y 7.2 kg de producción inicial.

La evolución de la tasa butírica de la leche a la salida al pasto se ha descrito como más variable, y no tan dependiente de los aportes energéticos como de la tasa inicial y del estado y calidad del pasto (Journet y Chilliard, 1985; Hoden et al., 1985). En este ensayo se observó un claro incremento del contenido en grasa de la leche, que podría estar relacionado con el efecto depresor ejercido por la alfalfa deshidratada durante el periodo de estabulación (Journet y Hoden, 1973; Peyraud y Delaby, 1994).

Las diferencias en los incrementos en las tasas proteicas y butíricas a la salida al pasto entre ambas razas pueden deberse al hecho de que sólo se realizó un ordeño de referencia al final del periodo de estabulación. En este ordeño la tasa butírica había sido idéntica entre razas y la proteica superior en las vacas Pirenaicas, en contra de lo habitualmente observado en estas razas. En las múltiples comparaciones de la producción lechera de ambas razas realizadas en el rebaño de "La Garcipollera" se obtuvo que la tasa butírica era superior en las vacas Pirenaicas (41.4 frente a 35.4 g/kg), mientras que la tasa proteica era similar (Blasco, 1991; San Juan, 1993; Casasús et al., 1996b; Villalba et al., 1997b). Estos resultados se corresponden con las observaciones efectuadas durante la fase de pastoreo en este ensayo.

El incremento en la producción lechera en pastoreo se reflejó en las mayores ganancias obtenidas por los terneros de ambas razas durante esta fase. Sin embargo, las diferencias raciales en la producción de leche no se reflejaron en los crecimientos de los terneros, que fueron similares.

Se ha descrito que los terneros son capaces de consumir hierba en pastoreo a partir de un mes de vida. A esta edad los aportes energéticos recibidos proceden mayoritariamente de la leche de la madre, aunque la proporción decrece con la edad hasta menos de un 20% a los 6 meses (Bailey y Lawson, 1981). De hecho, la ingestión de hierba y leche por los terneros se relacionan negativamente (Baker et al., 1976; Le Du et al., 1976; Le Neindre et al., 1976; Boggs et al., 1980; Wright y Russel, 1987).

Durante los dos primeros meses de edad la relación entre la producción lechera y los crecimientos de los terneros es máxima, y se reduce conforme los terneros desarrollan su capacidad de ingestión de hierba (Gleddie y Berg, 1968; Jeffery y Berg, 1971; Boggs et al., 1980; Clutter y Nielsen, 1987), como se observó en este ensayo. Wyatt et al. (1977) describen que la relación entre la producción lechera y las ganancias puede ser menor en las razas de menor aptitud lechera, lo que reflejaría una mayor sustitución de leche por hierba. Sin embargo, en este ensayo no se observó esta diferencia.

El pasto ingerido por los terneros puede permitir la compensación relativa de un aporte de leche insuficiente, aunque sólo si su disponibilidad y calidad lo permiten. En diversos trabajos se describe que la compensación sólo es posible si la altura del pasto es de 7-10 cm (Wright y Russel, 1987; Wright et al., 1994) o la disponibilidad es mayor de 40g/kg PV del ternero en pastoreo racionado (Baker y Barker, 1978).

Al final de este ensayo la biomasa herbácea todavía se mantuvo en 1200 kgMS/ha con una altura de 9.1 cm, por lo que la ingestión de hierba por los terneros no habría estado limitada, sobre todo teniendo en cuenta que los terneros son menos reactivos a las condiciones adversas del pasto y tienden a mantener su ingestión ante una reducción en la altura (Baker et al., 1981a; Ferrer et al., 1995).

Por ello, considerando que los terneros contaron con 23.5 meses de edad durante el pastoreo, puede pensarse que los terneros Pirenaicos compensaron el menor aporte de leche con un mayor consumo de hierba.

Dado que la compensación es de 0.89-0.95 kg de hierba por cada kg menos de leche recibida (Le Du y Baker, 1979; Wright y Russel, 1987), la diferencia de 2.3 kg de la producción lechera de las madres supondría que los terneros Pirenaicos ingiriesen aproximadamente 2.1 kg de pasto más que los Pardos.

A esta edad, los terneros pueden ingerir 10-15 g hierba por kg de peso (Le Neindre et al., 1976; Wright y Russel, 1987). Con un peso medio de 100 kg la ingestión media de los terneros Pirenaicos sería próxima a 1.2 kg de hierba, compensando algo más de la mitad de la diferencia. La compensación no sería total debido a la reducida capacidad de ingestión de hierba por parte de los terneros de corta edad, como se indica en la revisión de Osoro

(1989). De hecho, las ganancias de los terneros Pardos en la pradera fueron 80 g/día superiores a las de los Pirenaicos, aunque la diferencia no fue significativa.

A pesar de la sustitución relativa de leche por pasto, durante la fase de pastoreo las ganancias de los terneros todavía tendieron a correlacionarse con la producción lechera de sus madres, y de ahí la diferencia (NS) entre ambas razas. En el mismo sentido, Boggs et al. (1980) afirman que durante el periodo de permanencia con la madre la ganancia se correlaciona mejor con la producción de leche de la madre que con el consumo de hierba.

Durante el periodo de pastoreo las vacas de ambas razas presentaron ganancias de peso y condición corporal, aunque se observó una clara relación inversa entre estas ganancias y la producción de leche, tanto entre como intra razas.

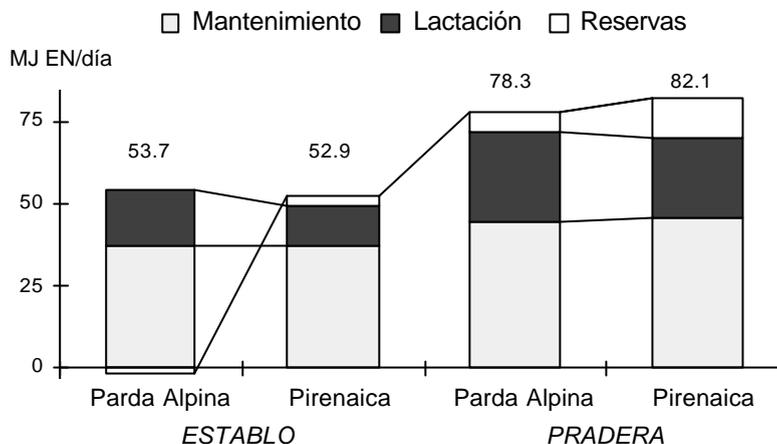
Esta tendencia también se ha observado en diversos trabajos en los que se han realizado comparaciones entre razas de distinto potencial lechero, de forma que sometidas a los mismos ambientes nutricionales las razas de mayor potencial lechero presentaban menores ganancias de peso (Holloway et al., 1985; Wright y Russel, 1987; Montaña-Bermúdez y Nielsen, 1990a; Jenkins y Ferrell, 1992; Wright et al., 1994; D'Hour et al., 1995).

En el ensayo de D'Hour et al. (1995) las distintas ganancias de las vacas de raza Salers y Limousine en pastoreo se explicaron en su totalidad por el diferente nivel de producción lechera. Sin embargo, Wright et al. (1994) describen que, incluso a igual nivel de ingestión, la producción de leche no siempre es obstáculo a la ganancia de peso. En su caso, mientras las vacas Welsh Black priorizaron la ganancia de peso y las Angus x Hereford la producción de leche, las hembras Hereford x Friesian fueron capaces de compatibilizar elevadas ganancias y producciones lecheras. De ello deducen que la eficiencia de utilización de la energía podría haber sido diferente entre los distintos tipos de animales, como parecen indicar también los resultados obtenidos por Jenkins y Ferrell (1992).

Finalmente, se realizó un balance energético considerando los rendimientos obtenidos por los animales en estabulación y en pastoreo en pradera, para lo que se aplicaron las ecuaciones de estimación de las necesidades de mantenimiento, lactación y ganancia de peso propuestas por el A.R.C. (1980).

De la comparación de las necesidades energéticas cubiertas por los aportes recibidos de la dieta se observó que el status nutritivo fue idéntico en ambas razas, tanto en estabulación (53.7 y 52.9 MJ EN/día, NS) como en pastoreo (78.3 y 82.1 MJ EN/día, NS), y que la salida al pasto supuso una mejora de dicho status en un 54% (Figura 30).

Figura 30: Estimación de las necesidades energéticas (MJ EN/día) cubiertas por los aportes recibidos de la dieta en ambas razas en estabulación y en pastoreo. Reparto de los aportes entre las necesidades de mantenimiento, lactación y ganancia de peso.



De este balance también se desprende que la distribución de la energía hacia las diferentes funciones fisiológicas fue diferente entre las dos razas, ya que tanto en establo como en pastoreo las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de los aportes recibidos a la producción de leche, mientras que las Pirenaicas recuperaron más peso en las dos fases.

A lo largo de la fase de pastoreo, el comportamiento ingestivo de los animales se modificó sensiblemente en respuesta al cambio en las condiciones del pasto. Tanto el tiempo de pastoreo como la frecuencia de bocados incrementaron al disminuir la biomasa herbácea presente en la pradera y la altura del pasto, como se ha descrito en múltiples trabajos (Allden y Whittaker, 1970; Jamieson y Hodgson, 1979a; Hodgson, 1981; Black y Kenney, 1984; Phillips y Leaver, 1986; Lathrop et al., 1988; Erlinger et al., 1990; Funston et al., 1991; D'Hour et al., 1994; Ferrer et al., 1995). El objeto de estos cambios sería mantener el nivel de ingestión diaria a pesar de la reducción en el tamaño de bocado (Forbes, 1988), y de hecho parece que así habría sido, ya que el nivel de producción lechera se mantuvo relativamente constante durante todo el periodo.

Las pautas de pastoreo diario de los animales no se corresponden con la habitualmente descrita pauta bimodal, con dos periodos de máxima actividad de pastoreo al inicio y final del día separados por un descanso más o menos marcado a mediodía (Arnold y Dudzinski, 1978). Esta pauta es la más comúnmente hallada en ensayos realizados en verano (Favre, 1978; Lathrop et al., 1988; Erlinger et al., 1990; Funston et al., 1991; Villalba et al., 1995). Sin

embargo, D'Hour et al. (1994) en un ensayo realizado en Junio también observaron entre 3 y 4 periodos de pastoreo diario, con 2-3 fases de reposo. Como en nuestro caso, esto se relacionaría con las temperaturas más suaves alcanzadas en primavera.

En esta experiencia no se controló la existencia de pastoreo nocturno. Parece ser que tanto el clima como el fotoperiodo pueden influir en el desarrollo de actividad de pastoreo durante la noche, y, en general, sólo es importante durante días muy calurosos (Arnold, 1981) o en los días cortos del otoño (Baker et al., 1981a; Phillips y Leaver, 1986). En las mismas fechas y tipos de pasto, Casasús et al. (1995b) no observaron pastoreo durante la noche en novillas de estas razas, aunque en este caso podría haberse motivado por las mayores necesidades de las vacas en lactación. Sin embargo, el tiempo de pastoreo observado durante las horas de luz (5.30-23.00 h) ya alcanzó los límites fisiológicos (Hodgson, 1986), y en función de los reducidos periodos de descanso efectuados a lo largo del día cabe pensar que la noche se destinó a la rumia y el descanso.

Los diferentes parámetros del comportamiento en pastoreo fueron idénticos en las vacas de ambas razas. En diversos trabajos se han estudiado las diferencias en el comportamiento que podían observarse entre animales de diferentes genotipos.

En general, el tamaño de bocado se ha relacionado directamente con el peso vivo y las condiciones del pasto, por lo que puede ser diferente entre animales de distinto tamaño (Erlinger et al., 1990; Ferrer et al., 1995). También se han descrito diferencias asociadas al estado fisiológico (Parsons et al., 1994; Petit y Béchet, 1995).

Con las necesidades energéticas de los animales, ya sea relacionadas con su estado fisiológico, peso o producción lechera, se han observado incrementos en el tiempo de pastoreo (Funston et al., 1991; Bao et al., 1992; Thénard, 1993; Ferrer et al., 1995) y en la frecuencia de bocados (Phillips y Leaver, 1986; Lathrop et al., 1988; Erlinger et al., 1990; Funston et al., 1991; Bao et al., 1992; D'Hour et al., 1994; Ferrer et al., 1995).

Considerando sólo animales de diferente producción de leche, Funston et al. (1991) describen que la frecuencia de bocados es la única variable consistentemente diferente entre distintas razas. Según Lathrop et al. (1988) sólo el tiempo de pastoreo es proporcional a la producción lechera, y conlleva una mayor ingestión de hierba (Wagner et al., 1986), mientras que en el ensayo de Bao et al. (1992) incrementan tanto el tiempo de pastoreo como la frecuencia de bocados.

En este ensayo, la ausencia de diferencias raciales en los parámetros estudiados indicaría que, salvo que el tamaño de bocado fuera diferente, la ingestión de hierba habría sido idéntica en ambas razas. Esta suposición se vería corroborada por los balances energéticos previamente expuestos: dado que las necesidades energéticas cubiertas por la dieta fueron

idénticas, cabe pensar que, a menos que la eficiencia de utilización de la energía hubiera sido diferente, la ingestión de hierba en la pradera habría sido similar en las dos razas.

El hecho de que las vacas lactantes de raza Parda Alpina no hubieran expresado una capacidad de ingestión superior a las Pirenaicas, como se ha observado en estabulación con dietas altamente ingestibles (cf. apartado 4.3.6), podría deberse a limitaciones de tipo comportamental. Al final del ensayo, las vacas de ambas razas presentaron tiempos de pastoreo y frecuencias de bocados (644 minutos/día y 59 bocados/minuto) que rozaban los límites fisiológicos (Hodgson, 1986), con lo que difícilmente podrían haberse incrementado lo suficiente como para expresar el diferente potencial de ingestión de las vacas Pardas en lactación.

No obstante, considerando el conjunto de individuos sí se observó una tendencia a que el número de bocados diarios fuese proporcional a la producción de leche, como hallaron Bao et al. (1992). Esto permitiría a los animales de mayor potencial mantener niveles de ingestión más elevados.

El paralelismo entre las dos razas tanto en las componentes de la ingestión en pastoreo como en las pautas de actividad a lo largo del día podría deberse a un fenómeno de facilitación social, de forma que algunos animales hubieran condicionado el comportamiento de otros o incluso del grupo, homogeneizando el tiempo de pastoreo diario (Arnold, 1981).

Utilizando novillas de ambas razas que pastaban conjuntamente en una misma pradera, las de raza Parda Alpina presentaron tiempos de pastoreo diarios superiores a las Pirenaicas (520 vs. 496 minutos/día) (Casasús et al., 1995b). Sin embargo, en otro ensayo en que dos grupos novillas de las dos razas se mantuvieron en parcelas separadas y contiguas la tendencia se invirtió (477 vs. 527 minutos/día Pardas y Pirenaicas respectivamente) (Casasús et al., 1996c). Por ello no hay que descartar que en diferentes condiciones no se hubiesen observado diferencias entre ambas razas.

5.5.- CONCLUSIONES

La salida al pasto precoz en primavera permitió una mejora sustancial de los rendimientos de las vacas de ambas razas y sus terneros, que podrían ser similares a los que se alcanzan durante las primeras semanas de pastoreo estival en puertos.

Las vacas presentaron un incremento en su producción lechera, ganancias de peso y condición corporal, aunque se mantuvieron las diferencias observadas en estabulación, de forma que las vacas Pardas presentaron mayor producción de leche y menor ganancia de peso que las Pirenaicas. En ambos periodos de control, las pautas de distribución de la

energía hacia las distintas funciones fisiológicas fueron diferentes en las dos razas estudiadas.

Las ganancias de peso de los terneros también se vieron incrementadas, y se redujeron las diferencias entre las dos razas, posiblemente porque los Pirenaicos habrían compensado la menor ingestión de leche con un mayor consumo de hierba.

La similitud en los parámetros comportamentales y en las pautas de pastoreo podrían indicar que la ingestión de hierba por las vacas de ambas razas habría sido similar, como sugieren los balances energéticos estimados.

En el marco de la extensificación de los sistemas de producción, el aprovechamiento a diente de este tipo de superficies forrajeras al inicio de la estación de pastoreo permitiría mejorar los rendimientos productivos de las vacas de cría y sus terneros. Paralelamente se reduciría la duración del periodo de estabulación y los costes asociados a la conservación de los forrajes necesarios para una invernada de duración convencional.

6.- PAPEL DEL PASTOREO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VACUNO EN EL PIRINEO

6.1.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RECUPERACIÓN DE PESO EN PASTOREO

6.1.1.- OBJETIVOS

Cuantificar los rendimientos de vacas y terneros durante la estación de pastoreo y establecer los efectos ligados al manejo y al animal que los condicionan.

6.1.2.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron los rendimientos obtenidos durante la estación de pastoreo por dos rebaños de vacas con parto en primavera (razas Parda Alpina y Pirenaica) y en otoño (sólo vacas de raza Parda Alpina) durante el período comprendido entre los años 1988 y 1996. Los animales se manejaron según el sistema descrito en el apartado 3.3.

Inicialmente se dispuso de los datos obtenidos por todas las vacas presentes en la explotación a lo largo del periodo 1988-1996, lo que supuso 477 ciclos anuales de vacas con parto en otoño (50-70 vacas por año) y 655 de vacas con parto en primavera (50-80 vacas/año). Sin embargo, dado que estos animales pertenecen a un rebaño experimental en el que el desarrollo de determinados ensayos originó cambios en el manejo típico de los animales, finalmente se analizaron únicamente los datos de las vacas que siguieron el manejo descrito anteriormente tanto en estabulación como en pastoreo, y que, además, repitieron parto en los dos años consecutivos anterior y posterior a la estación de pastoreo en estudio, de cara a caracterizar las condiciones que permiten la reproductibilidad del sistema. Finalmente se contó con 196 ciclos anuales de vacas con parto en otoño y 356 con parto en primavera, obtenidos de un total de 215 vacas. El orden de parto osciló entre 1º y 9º, aunque como media las vacas presentaron su tercer parto (el 75% de las vacas tuvieron su cuarto parto o inferiores) en ambas parideras.

Los animales se pesaron con diferentes frecuencias en cada periodo, por lo que se han considerado únicamente los pesos en los momentos más relevantes que marcan el inicio o final de un periodo de manejo. Todos los datos utilizados se obtuvieron por doble pesada: así el peso al parto se calculó como la media entre el peso en el día del parto y el registrado una semana después, y en el resto de las fechas se considera la media de dos pesadas realizadas en dos días consecutivos, tanto en las vacas como en los terneros.

Con el fin de estimar las variaciones de peso corporal real obtenidas en cada fase se han

realizado algunas correcciones sobre los pesos registrados:

-a la salida al pasto se ha considerado que existe una pérdida de contenido digestivo como consecuencia del cambio de la dieta seca administrada en establo a la ingestión de pasto (Agabriel et al., 1993). Esta pérdida se estima en un 6% del peso de la vaca en el momento de la salida (INRA, 1978).

-las vacas se encontraban en estados de gestación variables en los distintos momentos de pesada. Con el fin de considerar el peso del útero grávido (P_{ug} : feto+anejos) se ha realizado la corrección propuesta por el INRA (1978):

$$PV_{cor} = PV - P_{ug} = PV - \left[\left(e^{(-6.43 + 1.728 * \ln(t)) * \frac{Pt}{37.8}} \right) - (2.43) + \left(Pt * e^{2.748 * (1 - e^{0.00487 * (286 - t)})} \right) \right]$$

donde en P_{ug} el primer término corresponde al peso de las envueltas y líquidos en el día de gestación t , el segundo es el peso del útero vacío y el tercero se corresponde al peso del ternero en el día t , siendo P_t el peso al nacimiento del ternero nacido tras la estación de pastoreo en estudio.

Las ganancias medias diarias se calcularon como la diferencia entre el peso final e inicial de cada periodo (con las correcciones correspondientes), dividida por la duración del mismo. Tanto en la paridera de primavera como en la de otoño sólo se analizaron los factores que afectaron a las variaciones de peso obtenidas durante las fases de pastoreo y no durante todo el ciclo anual, puesto que el manejo alimenticio durante los periodos de estabulación respondió a planteamientos experimentales específicos cada año y para cada grupo de vacas en experiencia. Sin embargo, los cambios de peso observados durante la estabulación se testaron como covariables al analizar los rendimientos obtenidos posteriormente en pastoreo.

En el rebaño de partos en otoño se analizaron únicamente los rendimientos de las vacas durante la estación de pastoreo. No se analizaron en este apartado los pesos y ganancias de sus terneros porque en este sistema de manejo la lactación se realizó íntegramente durante el periodo de estabulación.

En el rebaño de partos en primavera se analizaron los rendimientos tanto de las vacas como de los terneros, ya que éstos permanecieron con la madre durante parte de la estación de pastoreo.

Se realizaron dos bases de datos diferentes, una para cada época de parto.

6.1.2.1.- Rebaño con partos en otoño

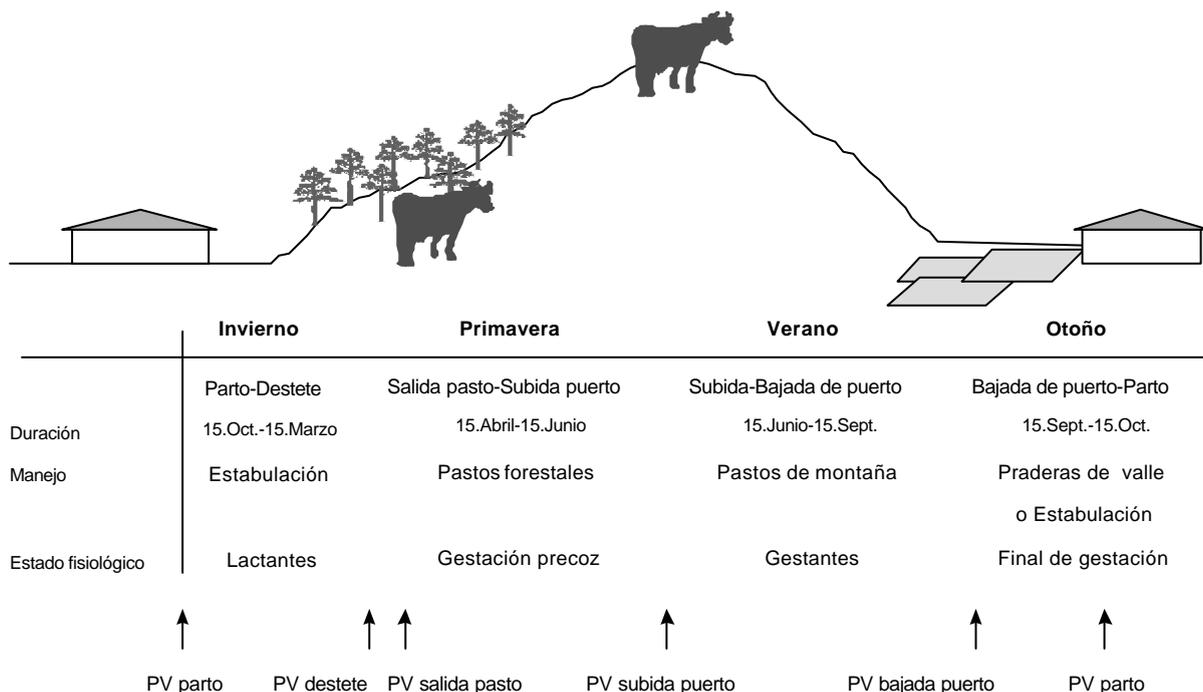
En este caso se analizaron los datos de 196 ciclos anuales de vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño que cumplían los requisitos descritos. Sus producciones se registraron desde los partos de otoño de 1988 (inicio del ciclo anual de 1989) hasta los partos del otoño de 1996 (final del ciclo anual de 1996), por lo que los datos se agrupan en 8 estaciones de pastoreo. La distribución de vacas de primer parto o posteriores por año se observa en la Tabla 29.

Tabla 29: Distribución anual de vacas primíparas o multíparas con parto de otoño.

| Otoño | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | Total |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Múltiparas | 13 | 19 | 24 | 17 | 16 | 31 | 27 | 5 | 152 |
| Primíparas | 17 | 0 | 11 | 10 | 0 | 0 | 5 | 1 | 44 |
| | 30 | 19 | 35 | 27 | 16 | 31 | 32 | 6 | 196 |

El ciclo anual se dividió en cuatro períodos en función del manejo y el estado fisiológico de los animales, cuyas características se presentan en la Figura 31.

Figura 31: Manejo de las vacas con parto en otoño durante los cuatro periodos del ciclo anual.



A lo largo del ciclo anual se registraron los pesos de las vacas en el momento del parto (27 de Octubre, e.s. 1.7), al destete (3 de Marzo, e.s. 1.3), a la salida al pasto (15 de Abril, e.s. 1.0), en la subida (16 de Junio, e.s. 0.4) y bajada de puerto (20 de Septiembre, e.s. 0.7) y en el parto siguiente a la estación de pastoreo (2 de Noviembre, e.s. 1.7). En los terneros se consideró únicamente el peso al nacimiento del ternero nacido tras la estación de pastoreo. El peso a la salida a los pastos de monte en primavera se corrigió en un 6% para asumir la pérdida de contenido digestivo debida al cambio de dieta. En los pesos a la subida y bajada de puerto se dedujo el peso del útero grávido, según la relación descrita (INRA, 1978). Las variaciones de peso se han considerado teniendo en cuenta exclusivamente los pesos corregidos de inicio y final de cada periodo.

Como fase de pastoreo se ha considerado únicamente el periodo comprendido entre la salida al pasto en primavera y el final del pastoreo estival en puertos de montaña (158 días, e.s. 1.1).

El pastoreo otoñal en praderas de fondo de valle presentó una duración reducida y muy variable en los distintos años tanto en función de la disponibilidad de hierba como de la fecha de parto de cada vaca. Puede considerarse que este periodo tuvo una duración media próxima a un mes, con lo que la duración real de la estación de pastoreo sería de aproximadamente 6 meses.

6.1.2.2.- Rebaño con partos en primavera

Durante el periodo 1988-1996 se registraron los rendimientos obtenidos durante el ciclo anual por vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera.

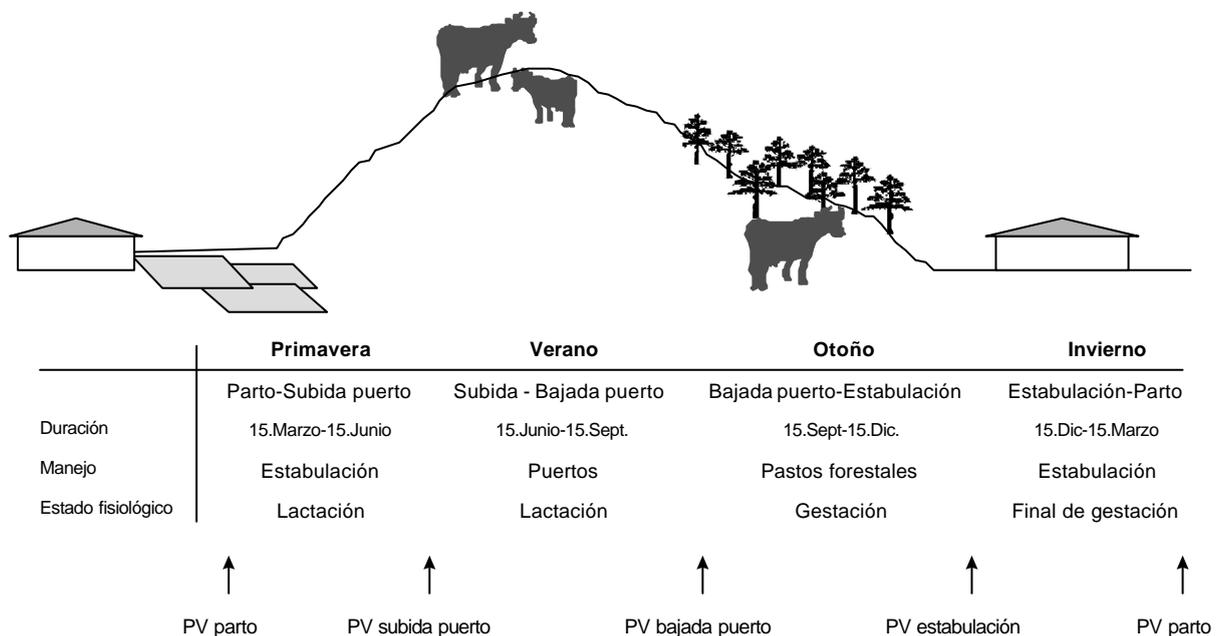
En el año 1989 el manejo de los animales fue particularmente diferente del resto, puesto que el destete de los terneros se realizó a los cuarenta días de la subida a puerto y las vacas permanecieron secas durante la mayor parte de la estancia en puerto, a lo que hay que añadir una estabulación muy precoz en otoño por necesidades experimentales. Los datos de este año no se incluyen en el análisis, con lo que se analizaron los registros de 356 ciclos anuales agrupados en ocho estaciones de pastoreo. La distribución de vacas de cada raza y orden de parto en los años de estudio se presenta en la Tabla 30.

Tabla 30: Distribución anual de vacas primíparas o multíparas de raza Parda Alpina o Pirenaica con parto en primavera.

| | | 1988 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | Total |
|--------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Parda Alpina | Multíparas | 0 | 23 | 17 | 15 | 13 | 12 | 19 | 24 | 123 |
| | Primíparas | 28 | 4 | 8 | 0 | 1 | 5 | 7 | 0 | 53 |
| Pirenaica | Multíparas | 0 | 24 | 20 | 12 | 13 | 17 | 24 | 31 | 141 |
| | Primíparas | 13 | 0 | 0 | 0 | 9 | 6 | 4 | 7 | 39 |
| | | 41 | 51 | 45 | 25 | 36 | 40 | 54 | 62 | 356 |

Atendiendo al manejo y al estado fisiológico de los animales el ciclo anual de las vacas con parto en primavera se dividió en cuatro fases (Figura 32), de una duración aproximada de tres meses cada una.

Figura 32: Manejo de las vacas con parto en primavera durante los cuatro periodos del ciclo anual.



En las vacas con parto en primavera se registró su peso en el momento del parto (12 de Marzo, e.s. 1.1), en la subida (21 de Junio, e.s. 0.3) y bajada de puerto (21 de Septiembre, e.s. 0.7), al inicio de la estabulación invernal (21 de Diciembre, e.s. 1.2) y en el parto siguiente (17 de Marzo, e.s. 1.3).

Los terneros se pesaron al nacimiento, a la subida a puerto y en el momento del destete, coincidente con la bajada de puerto. También se consideró el peso al nacimiento del ternero nacido tras la estación de pastoreo estudiada.

Sobre los pesos de las vacas se efectuaron las siguientes correcciones:

-corrección por la pérdida de contenido digestivo a la subida a puerto: durante los años 1988 y 1990 las vacas se encontraban en una dieta mixta de praderas de siega aprovechadas a diente complementadas con heno y paja en establo desde las últimas semanas de mayo, por lo que la corrección efectuada no fue del 6% como en el resto de los años, sino sólo del 3%, asumiendo que el contenido digestivo se encontraba ya en parte adaptado a la dieta de hierba.

-corrección por el peso del útero grávido a la bajada de puerto y al inicio de la estabulación invernal, en función del día de gestación y el peso del ternero al nacimiento.

Se han analizado las variaciones de peso basadas en los pesos de inicio y final de cada periodo, con las correcciones citadas.

Al analizar los rendimientos globales del periodo de pastoreo se han considerado sólo los obtenidos entre la subida a puerto y la estabulación a final de diciembre (183 días, e.s. 1.3).

No se ha incluido el pastoreo de primavera en praderas de siega puesto que se trata de una práctica que sólo se realizó en los primeros años (1988 y 1990) y durante un período muy breve (escasamente un mes). En general, los ajustes de contenido digestivo en esta fase inicial del pastoreo hacen que sea difícil extraer conclusiones en cuanto a la evolución del peso (Villalba et al., 1997b).

Además de los rendimientos de los animales se dispuso también de los registros diarios de precipitaciones de la estación meteorológica de Bescós de la Gacipollera, que se agruparon de forma trimestral para considerar el efecto de la pluviometría en cada estación sobre los rendimientos observados en pastoreo.

6.1.2.3.- Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1990). Se realizaron análisis de varianza mediante modelos lineales generalizados (procedimiento GLM) para estudiar los factores que afectaban a los distintos parámetros.

Se consideraron como efectos fijos la raza (sólo en primavera) y el orden de parto de la vaca (primíparas o múltiparas), el estado fisiológico y el sexo del ternero. También se testaron los efectos de las covariables peso al inicio del periodo en estudio, variación de peso en el

periodo anterior y duración del periodo en cuestión, así como la pluviometría registrada en dicho periodo y en el precedente.

Sólo se han retenido los efectos estadísticamente significativos ($p < 0.05$), aunque en algunos casos se comenta la existencia de tendencias ($p \leq 0.10$).

Dado que los modelos se encontraban muy desequilibrados, las medias mínimo-cuadráticas sólo han podido ser estimadas en algunos casos, por lo que se exponen también las medias aritméticas y errores standard de todas las variables obtenidas por el procedimiento MEANS. Se realiza también una separación de estas medias por el test de Tukey, con una probabilidad de error inferior al 5%.

Para hallar las relaciones entre variables continuas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (procedimiento CORR).

6.1.3.- RESULTADOS

6.1.3.1.- REBAÑO CON PARTOS DE OTOÑO

Las vacas con parto en otoño pastaron en áreas boscosas durante la primavera y en puertos de montaña en verano, durante un total 158 días.

Se han analizado sus variaciones de peso en ambos periodos y en el conjunto de la estación de pastoreo. Los principales resultados obtenidos en el rebaño de vacas con parto de otoño se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31: Medias aritméticas y error standard de los rendimientos obtenidos por vacas de raza Parda multíparas y primíparas con parto en otoño.

| Variable | n | Multíparas | | Primíparas | |
|--|---|------------|------|------------|------|
| | | Media | e.s. | Media | e.s. |
| Fecha de parto | | 29-oct | 1.9 | 15-oct | 3.9 |
| PV parto, kg | | 598.9 | 4.31 | 536.9 | 7.77 |
| PV destete, kg | | 578.5 | 4.29 | 533.9 | 6.10 |
| PV salida pasto, kg | | 569.1 | 4.21 | 533.2 | 6.53 |
| PV salida corregido, kg | | 533.4 | 3.97 | 497.7 | 6.0 |
| PV subida puerto, kg | | 564.2 | 3.81 | 527.0 | 7.29 |
| PV subida corregido, kg | | 553.2 | 3.74 | 514.6 | 6.89 |
| PV bajada puerto, kg | | 634.9 | 3.99 | 588.3 | 9.29 |
| PV bajada corregido, kg | | 588.0 | 3.87 | 539.1 | 8.58 |
| PV parto siguiente, kg | | 608.2 | 4.79 | 554.2 | 7.37 |
| Δ PV lactación en establo, kg | | -20.4 | 2.78 | -3.0 | 4.75 |
| Δ PV primavera en pastos forestales, kg | | 20.4 | 1.78 | 16.9 | 3.97 |
| Δ PV verano en pastos de puerto, kg | | 34.8 | 1.75 | 24.5 | 3.98 |
| Δ PV estación de pastoreo, kg | | 55.2 | 2.2 | 41.4 | 5.4 |
| Δ PV interanual *, kg | | 9.3 | 3.8 | 17.3 | 5.2 |

* de un parto al siguiente

a) Rendimientos durante el pastoreo de primavera en pastos forestales

Tras el destete, a inicios de marzo, 196 vacas secas en primer tercio de gestación pastaron en áreas boscosas durante aproximadamente dos meses (del 15 de Abril al 15 de Junio).

Para analizar los factores que afectaron a la ganancia de peso durante la primavera se testaron los efectos del año, el orden de parto, el peso a la salida al pasto, la GMD en estabulación, la duración del periodo de pastoreo y la pluviometría registrada en primavera y en el invierno precedente.

El modelo que mejor explicó las variaciones de peso observadas en este periodo fue el siguiente:

$$\text{GMD primavera}_{ijk} \text{ (kg)} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Año} * \text{Orden de parto}_{ij} - 0.353_{(e.s. 0.1209)} * \text{GMDparto-salida} - 0.028_{(e.s. 0.0023)} * \text{Duración del periodo}_{ijk} + e_{ijk}$$

$$\text{D.E.R.} = 0.345 \quad \text{R}^2 = 0.70$$

La variación media de peso en este periodo fue de +19.3 kg (e.s. 1.65), lo que supuso una ganancia media diaria de +0.399 kg (e.s. 0.0438). Esta variación se vio significativamente afectada por el año ($p < 0.001$).

Las ganancias fueron diferentes en función del orden de parto de las vacas ($p < 0.001$), ya que según el modelo las primíparas presentaron ganancias diarias inferiores a las multíparas en 0.047 kg. Sin embargo, la diferencia originada por el orden de parto se vio muy influida por el año de estudio ($p < 0.001$) (Tabla 32).

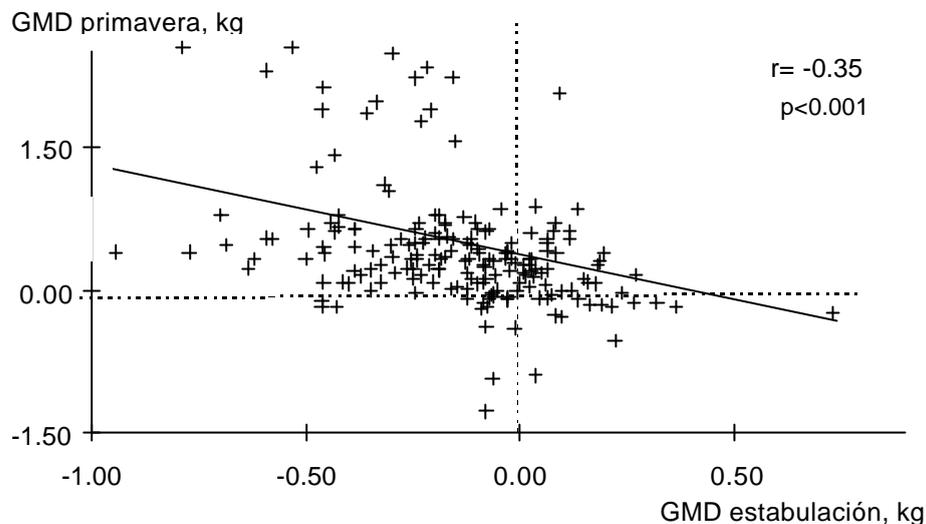
Tabla 32: Ganancia media diaria (kg) obtenida en primavera en pastos de monte, en función del orden de parto de las vacas y del año de estudio.

| <i>Efecto</i> | | n | Media | e.s. | |
|-----------------------|------------|-----|-------|-------|-----|
| <i>Orden de parto</i> | multíparas | 152 | 0.433 | 0.050 | a |
| | primíparas | 44 | 0.280 | 0.091 | b |
| <i>Año</i> | 1989 | 30 | 0.582 | 0.064 | b |
| | 1990 | 19 | 0.141 | 0.039 | c |
| | 1991 | 35 | 0.095 | 0.044 | c |
| | 1992 | 27 | 0.388 | 0.056 | b,c |
| | 1993 | 16 | 0.110 | 0.113 | c |
| | 1994 | 31 | 0.231 | 0.040 | c |
| | 1995 | 32 | 1.061 | 0.202 | a |
| | 1996 | 6 | 0.333 | 0.083 | b,c |

Media aritmética, error standard y separación de medias por el test de Tukey.

Dentro de cada efecto, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Se observó una relación negativa entre la ganancia de peso en primavera y la observada durante la fase de lactación en establo, que según el modelo supuso 353 g más de GMD durante la primavera por cada por cada kg de diferencia en la GMD durante la lactación, a favor de las que habían tenido mayores pérdidas (Figura 33).

Figura 33: Relación entre la GMD en primavera y en estabulación

La correlación entre la duración del periodo de pastoreo y la ganancia observada fue alta y significativa ($r=-0.50$, $p<0.001$), de forma que las vacas que salieron más tarde al pasto registraron ganancias superiores (según el modelo $+196$ g/día por cada semana de retraso en la salida al pasto). Esto explicaría la elevada GMD observada en 1995, año en que el pastoreo de primavera se inició el 22 de abril y duró sólo 44 días, mientras que en el resto de los años esta fase duró entre 8 y 14 semanas.

Aunque las ganancias observadas estuvieron significativamente correlacionadas con la pluviometría registrada tanto en invierno ($r= +0.25$, $p<0.001$) como en primavera ($r= -0.21$, $p>0.001$) su inclusión en el modelo no mejoró el coeficiente de determinación del mismo, mientras que al sustituir el efecto del año por estas covariables el coeficiente de determinación se redujo considerablemente ($R^2=0.43$).

b) Rendimientos durante el pastoreo de verano en puertos

Durante el pastoreo de verano en puertos de montaña, de una duración media de 98 días, todas las vacas se encontraban entre la mitad y el último tercio de la gestación.

Una vez corregido el incremento de peso debido al crecimiento fetal se testaron los efectos sobre la GMD que pudieran presentar el año, el orden de parto, el peso a la subida, el estado de gestación en que las vacas se encontraban a la bajada de puerto, la GMD en primavera, y la pluviometría registrada en verano y en la primavera precedente.

Las variaciones de peso de las vacas se explicaron según el siguiente modelo:

$$\text{GMD puerto}_{ijk} \text{ (kg)} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Año} \cdot \text{Orden de parto}_{ij} + \\ - 0.067_{(e.s. 0.0260)} * \text{GMDprimavera}_{ijk} - 0.004_{(e.s. 0.0006)} * \text{día de gestación a la bajada}_{ijk} + e_{ijk}$$

$$\text{D.E.R.} = 0.165 \quad \text{R}^2 = 0.60$$

Durante esta fase la variación media de peso fue de +32.5 kg (e.s. 1.65), lo que equivale a una ganancia media diaria de +0.350 kg (e.s. 0.0181).

La ganancia diaria de peso fue muy variable en función del año de estudio ($p < 0.001$, Tabla 33), y la ganancia total de peso durante el verano osciló entre los 7.6 y los 51.7 kg obtenidos de media en 1995 y 1992, respectivamente.

El orden de parto influyó significativamente en la GMD en puerto, de forma que las vacas multíparas presentaron ganancias diarias superiores a las primíparas (diferencia de +0.077 kg según el modelo, $p < 0.01$), aunque la magnitud de esta diferencia varió en cada año de estudio ($p < 0.01$).

Tabla 33: Ganancia media diaria (kg) registrada en verano en los pastos de puerto, en función del orden de parto de las vacas y del año de estudio.

| Efecto | | n | Media | e.s. | |
|----------------|------------|-----|-------|-------|-----|
| Orden de parto | multíparas | 152 | 0.375 | 0.02 | a |
| | primíparas | 44 | 0.262 | 0.041 | b |
| Año | 1989 | 30 | 0.322 | 0.039 | b |
| | 1990 | 19 | 0.399 | 0.029 | b |
| | 1991 | 35 | 0.261 | 0.031 | b |
| | 1992 | 27 | 0.587 | 0.045 | a |
| | 1993 | 16 | 0.378 | 0.047 | b |
| | 1994 | 31 | 0.519 | 0.035 | a,b |
| | 1995 | 32 | 0.068 | 0.031 | c |
| | 1996 | 6 | 0.342 | 0.104 | b |

Media aritmética, error standard y separación de medias por el test de Tukey.

Dentro de cada efecto, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

La ganancia de peso durante el pastoreo en puertos no presentó relación con el peso al inicio de dicho periodo, aunque sí presentó una correlación negativa con la ganancia durante el periodo en que los animales pastaban en áreas boscosas (Figura 34). Esto explicaría en parte la escasa ganancia registrada en el año 1995, en el que la GMD en primavera fue particularmente alta.

El estadio de gestación afectó de forma significativa ($p < 0.001$) a los rendimientos en puerto, de forma que las vacas que se encontraban más cercanas al parto presentaron ganancias de peso corporal inferiores a las de parto más tardío, a razón de -0.363 (e.s. 0.055) kg de ganancia en puerto por cada día más de gestación (Figura 35). Esto supone aproximadamente 10.9 kg de diferencia entre las ganancias de vacas que tuvieran un mes de diferencia en su fecha de parto, a favor de las más tardías, aunque su ganancia de peso global en puerto, incluidos el feto y los anejos, fuera inferior.

Figura 34: Relación entre la GMD obtenida en puerto y la GMD durante el pastoreo de primavera en monte.

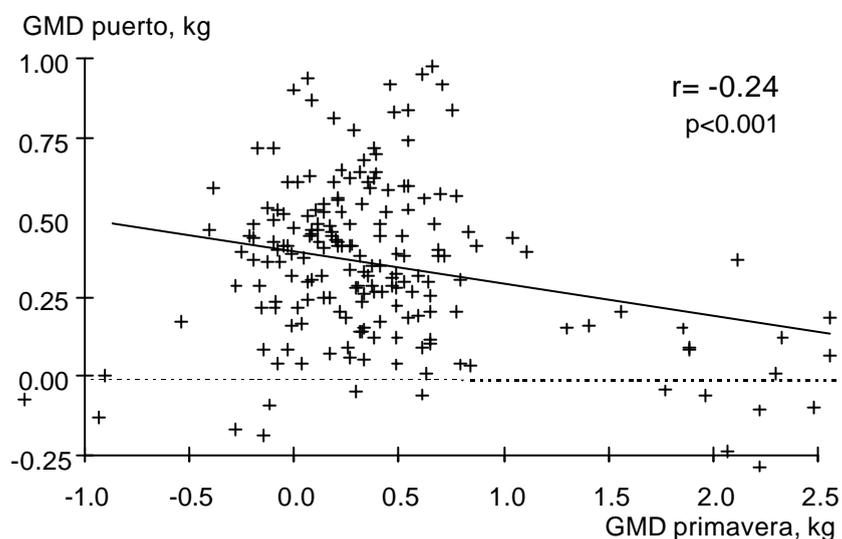
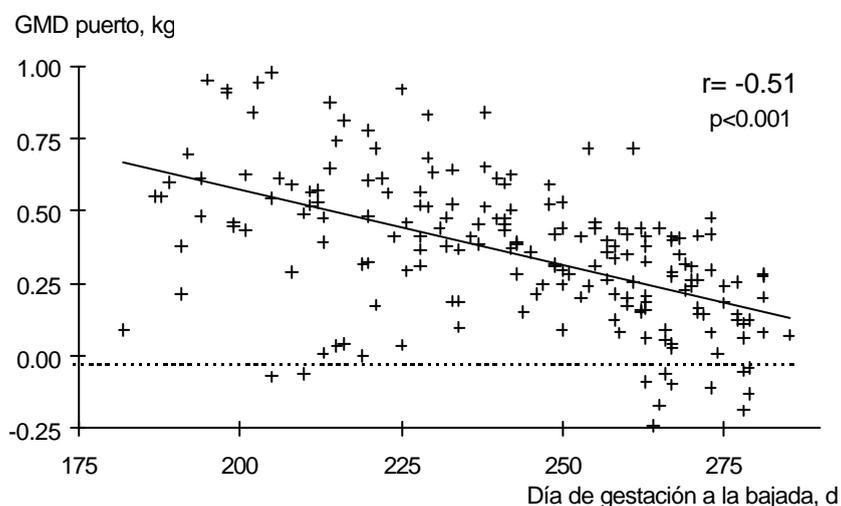


Figura 35: Relación entre la GMD durante el pastoreo en puerto y el día de gestación a la bajada de puerto



La ganancia de peso estuvo correlacionada con las precipitaciones registradas en primavera ($r= +0.35$, $p<0.001$) y en verano ($r= +0.32$, $p<0.001$), aunque su inclusión en el modelo explicó una menor proporción de la varianza que la inclusión del efecto “año”.

c) Rendimientos globales durante la estación de pastoreo

Se han analizado también las variaciones de peso registradas en la estación de pastoreo en su conjunto, desde la salida a los pastos forestales (15 de abril) hasta la bajada de puerto (20 de septiembre).

En este caso se testaron los efectos del año, el orden de parto, el peso a la salida al pasto, el día de gestación a la bajada de puerto, la GMD durante el periodo de estabulación previo, la duración de la estación de pastoreo y la pluviometría registrada en primavera y verano.

Los efectos principales y covariables que afectaron a la ganancia de peso se describen en el siguiente modelo:

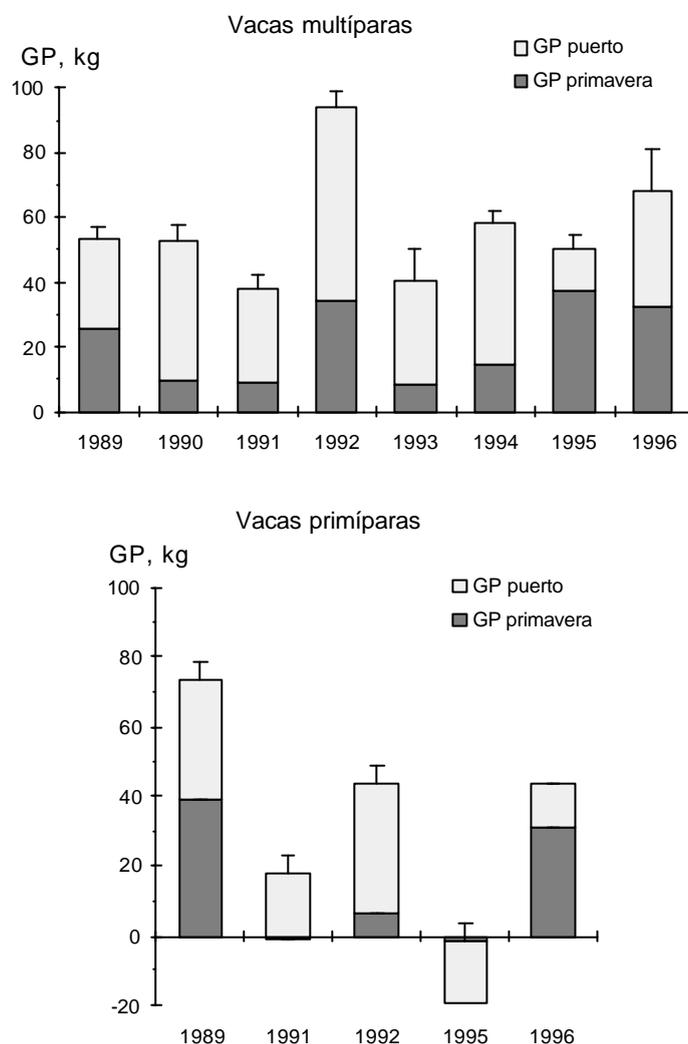
$$\begin{aligned} \text{GMD pastoreo}_{ijk} \text{ (kg)} &= \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Año} * \text{Orden de parto}_{i*j} \\ &- 0.209 \text{ (e.s. 0.0412)} * \text{GMDparto-salida}_{ijk} - 0.002 \text{ (e.s. 0.0004)} * \text{Día de gestación a la bajada}_{ijk} \\ &- 0.006 \text{ (e.s. 0.0008)} * \text{Días de pastoreo} + e_{ijk} \end{aligned}$$

$R^2=0.70$ D.E.R.=0.116

Como síntesis de los dos períodos previamente descritos, la ganancia de peso media en el conjunto de la estación de pastoreo fue de 52.1 kg (e.s. 2.15), lo que supuso una ganancia diaria de 0.335 kg (e.s. 0.0145).

Estos rendimientos se vieron significativamente afectados por el año de estudio, con un rango de medias entre 31 kg en 1991 y 75 kg en 1992, y el orden de parto de los animales (41.4 vs. 55.1 kg para las vacas primíparas y multíparas, respectivamente, $p<0.001$). Sin embargo la interacción entre ambos también fue significativa ($p<0.001$), ya que el año influyó en la diferencia entre las ganancias de las vacas multíparas y primíparas, como se observa en la Figura 36.

Figura 36: Ganancias totales de peso en pastoreo (kg) observadas en vacas primíparas y múltiparas de raza Parda Alpina con parto en otoño en el periodo 1989-1996.



Se observó una compensación de los rendimientos obtenidos durante el periodo de estabulación precedente a la estación de pastoreo, desde el parto en octubre hasta el momento de la salida al pasto en abril. Las ganancias durante la estación de pastoreo fueron inversamente proporcionales a las observadas en estabulación entre el parto y la salida al pasto (Figura 37).

Las ganancias de peso fueron menores en las vacas que al final del periodo de pastoreo se encontraban en un estado de gestación más avanzado (Figura 38), a razón de 2g/día menos por cada día de adelanto en la fecha de parto, lo que en 158 días de pastoreo supone 0.316 kg menos de ganancia total de peso. Teniendo en cuenta que la temporada de partos dura aproximadamente 90 días, pueden encontrarse diferencias en la ganancia total debidas al estado de gestación de hasta 28.5 kg ($0.002 \times 158 \times 90$) entre las primeras vacas en parir y las últimas.

Figura 37: Relación entre la GMD global durante el periodo de pastoreo y la GMD en estabulación.

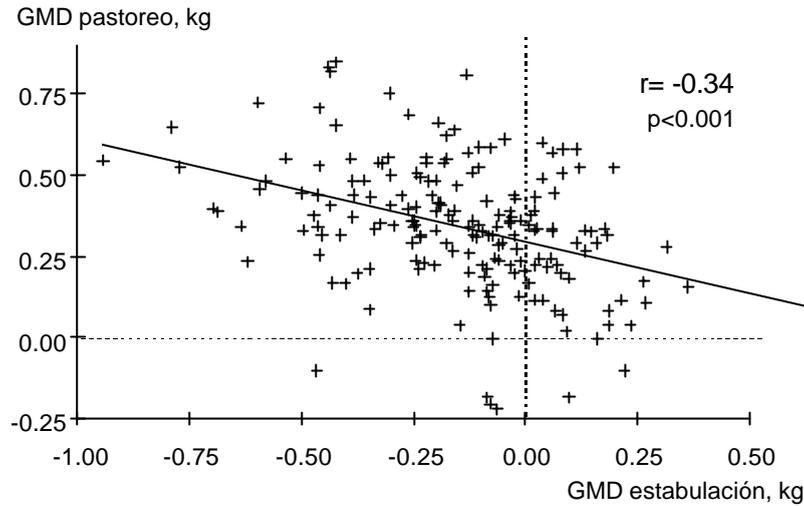
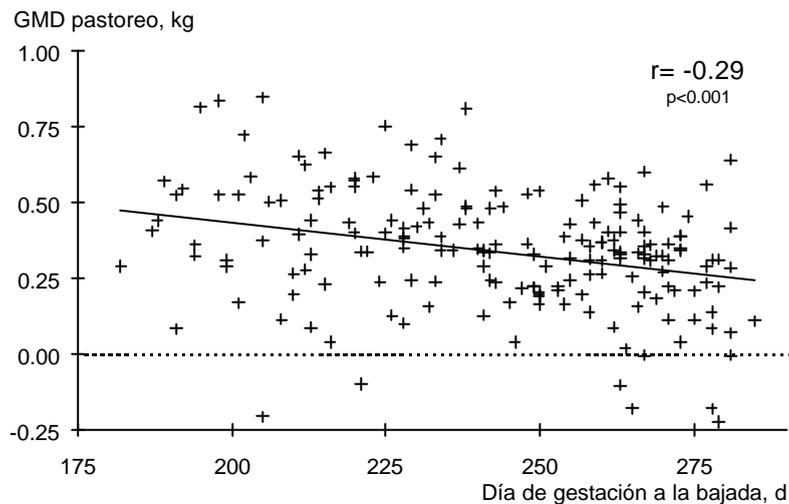


Figura 38: Relación entre la GMD en pastoreo y el día de gestación a la bajada de puerto.



La ganancia de peso presentó una correlación negativa con la duración del periodo de pastoreo ($r = -0.33$, $p < 0.001$), debida a la observada durante el pastoreo de primavera en zonas boscosas.

La variación de peso durante la estación de pastoreo estuvo correlacionada positivamente con la pluviometría acumulada en este periodo, desde abril hasta septiembre ($r = +0.18$, $p < 0.05$), aunque, al igual que se ha comentado en el análisis por periodos, la sustitución del efecto del año por la pluviometría correspondiente redujo el coeficiente de determinación del modelo.

d) Variación de peso interanual

Finalmente, aunque no depende estrictamente de lo acontecido en el periodo de pastoreo, sino también del manejo seguido durante la estabulación (sujeto a variaciones en función de los planteamientos experimentales), se analizó la ganancia de peso entre los dos partos consecutivos. Para ello se consideraron únicamente el año y el orden de parto de las vacas:

$$\text{GPanual}_{ijk} \text{ (kg)} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + e_{ijk}$$
$$R^2=0.28 \quad \text{D.E.R.}=38.5$$

Esta ganancia fue variable en los distintos años de estudio ($p<0.001$), ya que las ganancias medias oscilaron entre los 45.4 kg ganados en 1994 y los 38.2 kg perdidos en 1996. Según el modelo, la ganancia fue mayor en las vacas primíparas, que presentaron una ganancia neta de peso, que en las múltiparas, que sólo mantuvieron su peso (+17.3 vs. 1.8 kg, e.s.d =6.59, $p<0.05$).

6.1.3.2.- REBAÑO CON PARTOS DE PRIMAVERA

Las vacas con parto en primavera subieron a puerto con sus terneros, donde permanecieron durante todo el verano hasta el destete. Posteriormente pastaron en áreas boscosas hasta el inicio de la estabulación, a final de Diciembre.

Se han analizado las variaciones de peso en ambos periodos y en el conjunto de la estación de pastoreo (183 días), así como los pesos y crecimientos de los terneros tanto en la fase de lactación en establo como durante la estancia en puerto.

Los pesos y rendimientos obtenidos a lo largo del ciclo anual por vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica primíparas o múltiparas se describen en la Tabla 34.

Tabla 34: Medias aritméticas y error standard de los rendimientos obtenidos por vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica múltiparas y primíparas con parto en primavera.

| Variable | Parda alpina | | | | Pirenaica | | | |
|--|--------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| | Múltiparas | | Primíparas | | Múltiparas | | Primíparas | |
| | Media | e.s. | Media | e.s. | Media | e.s. | Media | e.s. |
| n | 123 | | 53 | | 141 | | 39 | |
| Fecha de parto | 14-mar | 1.9 | 8-mar | 2.8 | 12-mar | 1.6 | 6-mar | 2.7 |
| PV parto, kg | 574.4 | 4.69 | 519.5 | 5.64 | 581.6 | 4.37 | 538.8 | 7.94 |
| PV subida puerto, kg | 551.3 | 4.08 | 504.4 | 6.14 | 566.2 | 4.31 | 536.8 | 8.34 |
| PV subida corregido, kg | 518.3 | 3.84 | 481.9 | 5.68 | 532.2 | 4.05 | 509.6 | 7.17 |
| PV bajada puerto, kg | 550.1 | 3.68 | 501.8 | 5.50 | 565.6 | 3.77 | 529.8 | 6.19 |
| PV bajada corregido, kg | 546.1 | 3.67 | 494.4 | 5.41 | 561.2 | 3.76 | 524.4 | 6.35 |
| PV estabulación, kg | 556.7 | 4.00 | 500.8 | 6.04 | 578.2 | 3.90 | 543.7 | 6.47 |
| PV estabulación corregido, kg | 531.8 | 3.83 | 475.8 | 5.87 | 552.8 | 3.88 | 520.6 | 6.43 |
| PV parto siguiente, kg | 568.2 | 4.05 | 518.0 | 6.24 | 576.2 | 4.34 | 539.3 | 7.31 |
| Δ PV lactación en establo, kg | -23.1 | 2.90 | -15.2 | 3.93 | -15.4 | 2.09 | -2.0 | 4.83 |
| Δ PV verano en puerto, kg | 27.8 | 2.05 | 12.5 | 3.12 | 29.0 | 1.80 | 14.8 | 3.18 |
| Δ PV otoño en pastos forestales, kg | -14.4 | 2.24 | -18.6 | 3.30 | -8.4 | 2.19 | -3.8 | 4.22 |
| Δ PV gestación en establo, kg | 36.4 | 3.67 | 42.2 | 4.97 | 23.4 | 2.43 | 18.7 | 4.15 |
| Δ PV estación de pastoreo, kg | 13.5 | 2.68 | -6.2 | 4.28 | 20.6 | 2.89 | 11.0 | 4.57 |
| Δ PV interanual *, kg | -6.2 | 4.4 | -1.5 | 4.7 | -5.4 | 3.6 | 0.5 | 5.5 |

* de un parto al siguiente

a) Rendimientos durante el pastoreo estival en puertos

Las vacas permanecieron pastando con sus terneros durante todo el verano (como media del 21 de Junio al 21 de Septiembre) en puertos de montaña, hasta el destete de los terneros. Para analizar la GMD en puerto se testaron los efectos del año de estudio, raza, orden de parto, GMD durante el periodo de lactación en establo, peso a la subida a puerto, la duración del pastoreo estival y la pluviometría registrada durante la primavera y el verano.

El modelo final por el que se explicaron las variaciones de peso de las vacas durante esta época fue el siguiente:

$$\text{GMDpuerto}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Año} * \text{Orden de parto}_{i*j} + \text{Raza} * \text{Año}_{j*k} - 0.164_{(e.s. 0.039)} * \text{GMDlactación en establo}_{ijkl} + e_{ijkl}$$

$$R^2=0.41 \quad \text{D.E.R.}=0.208$$

La variación de peso media en este periodo fue de +24.6 kg (e.s. 1.21), con lo que la ganancia media diaria fue de +0.273 kg (e.s. 0.0139). El año influyó significativamente en las ganancias de peso observadas (Tabla 35, $p < 0.001$), que variaron entre 40.3 kg en 1992 y 9.6 kg en 1993.

Las vacas multíparas presentaron ganancias superiores a las primíparas (según el modelo +92g e.s. 87.0, $p < 0.001$), aunque la diferencia entre ambos tipos de animales estuvo influida por el año de estudio ($p < 0.001$).

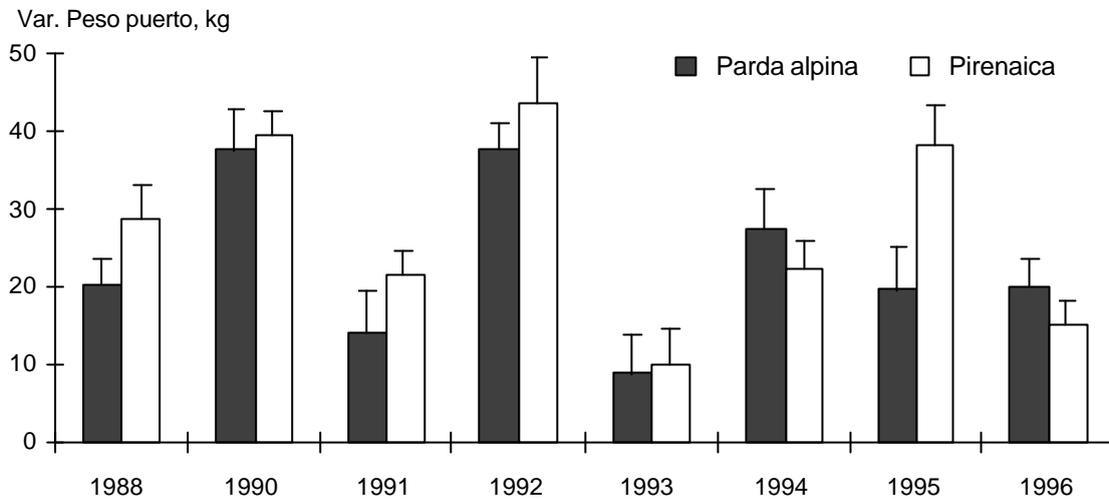
La raza no tuvo ningún efecto sobre la ganancia de peso en puerto, aunque el año afectó a la relación entre las ganancias de las vacas de ambas razas ($p < 0.05$, Figura 39).

Tabla 35: Ganancia media diaria (kg) de las vacas con parto en primavera durante el pastoreo estival en puertos de montaña, en función de la raza, del orden de parto de las vacas y del año de estudio.

| Efecto | | n | Media | e.s. | |
|----------------|--------------|-----|-------|-------|-----|
| Raza | Parda Alpina | 176 | 0.256 | 0.021 | a |
| | Pirenaica | 180 | 0.291 | 0.019 | a |
| Orden de parto | Multíparas | 264 | 0.328 | 0.016 | a |
| | Primíparas | 92 | 0.118 | 0.022 | b |
| Año | 1988 | 41 | 0.183 | 0.020 | c,d |
| | 1990 | 51 | 0.452 | 0.037 | a |
| | 1991 | 45 | 0.197 | 0.036 | c,d |
| | 1992 | 27 | 0.480 | 0.037 | a |
| | 1993 | 36 | 0.105 | 0.036 | d |
| | 1994 | 40 | 0.284 | 0.035 | b,c |
| | 1995 | 54 | 0.341 | 0.045 | a,b |
| | 1996 | 62 | 0.183 | 0.025 | c,d |

Media aritmética, error standard y separación de medias por el test de Tukey.
Dentro de cada efecto, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 39: Ganancias de peso observadas en ambas razas cada año durante el periodo de pastoreo en puerto.



La GMD en puerto fue inversamente proporcional a la GMD durante la lactación en establo (Figura 40), de forma que por cada kg de diferencia en la GMD durante la fase de estabulación la ganancia diaria en puerto fue superior en 164 g (e.s. 39).

El peso a la subida a puerto también estuvo inversamente relacionado con la GMD en puerto (Figura 41), pero al explicar menor proporción de la varianza que la GMD previa en establo no se incluyó en el modelo.

Figura 40: Relación entre la GMD observada en puerto y durante la fase de lactación en establo.

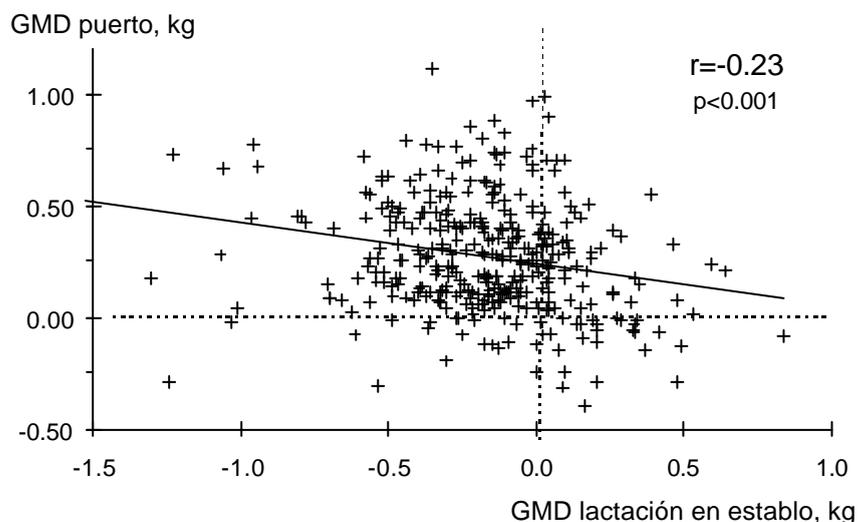
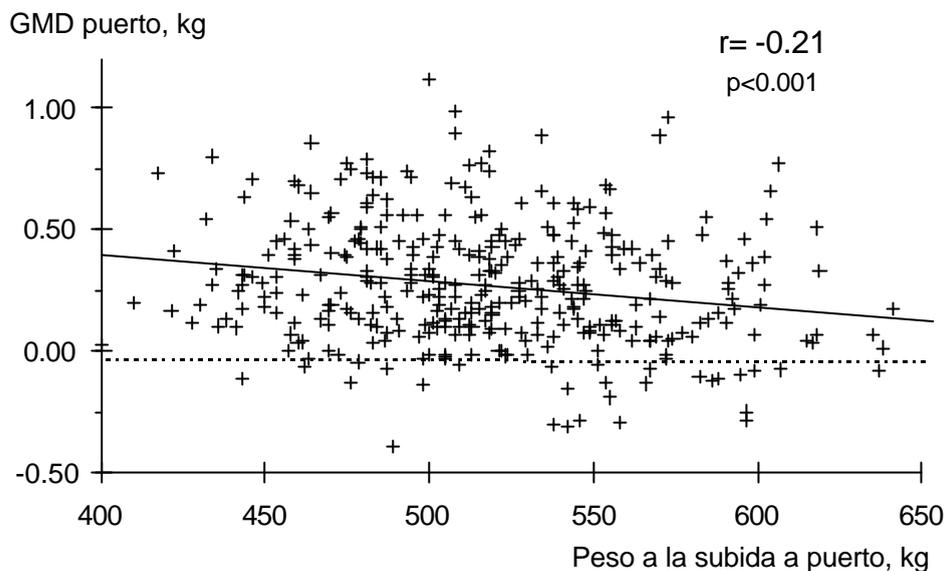


Figura 41: Relación entre la GMD observada en puerto y el peso a la subida a puerto

La duración del pastoreo estival no afectó a las ganancias, puesto que este periodo fue muy similar en todos los años, y tampoco tuvieron ningún efecto las precipitaciones registradas durante el verano ni en la primavera precedente.

Como se ha comentado en el apartado “Material y métodos”, se analizaron las variaciones de peso de las vacas que cumplían las condiciones habituales de manejo de la explotación y el requisito de presentar parto en los dos años consecutivos (356 ciclos anuales). Sin embargo, incluyendo todos los datos recogidos en el periodo 1988-1996 se tenían hasta 562 registros de GMD en puerto, de los que 88 correspondían a vacas que no se encontraban lactantes en puerto y 474 a vacas con ternero. Al analizar estos datos, el estado fisiológico también afectó significativamente a las ganancias, ya que éstas fueron superiores en las vacas secas frente a las lactantes (Tabla 36).

Tabla 36: Ganancias de peso diarias y totales (kg) observadas durante el pastoreo de verano en puertos en vacas secas y lactantes.

| Estado fisiológico | Lactantes | Secas | e. s. d. | Sign. |
|------------------------|-----------|-------|----------|------------|
| n | 474 | 88 | | |
| GMD puerto, kg | 0.262 | 0.339 | 0.0306 | $p < 0.05$ |
| Δ PV puerto, kg | 23.4 | 29.9 | 2.67 | $p < 0.05$ |

b) Rendimientos durante el pastoreo de otoño en áreas boscosas

Tras el destete de los terneros a la bajada de puerto todas las vacas pasaron a pastar durante tres meses en áreas de pinar.

En el momento de la estabulación (21 de Diciembre) las vacas se encontraban de media en el día 200 (e.s. 1.74) de gestación.

Para analizar la variación de peso durante el pastoreo de otoño en pastos forestales se testaron los efectos del año, la raza, el orden de parto, la duración del periodo, la GMD en puerto y el peso a la bajada, y las precipitaciones registradas en verano y otoño.

El modelo que mejor explicó las variaciones de peso observadas en este periodo fue el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{GMD otoño}_{ijkl} \text{ (kg)} &= \text{Año}_i + \text{Raza}_k + \text{Orden de parto} * \text{Raza}_{j*k} + \text{Raza} * \text{Año}_{i*k} \\ &- 0.0013_{(e.s. 0.0003)} * \text{PVbajada puerto}_{ijkl} - 0.209_{(e.s. 0.0669)} * \text{GMDpuerto}_{ijkl} + e_{ijkl} \\ &R^2=0.25 \quad \text{D.E.R.} = 0.268 \end{aligned}$$

Hay que destacar, sin embargo, que el coeficiente de determinación de este modelo fue bajo, ya que sólo explicó un 25% de la varianza de los datos.

Como media las vacas perdieron 11.5 kg (e.s. 1.36) durante esta fase, con variaciones medias de peso diarias de -0.132 kg (e.s 0.0160).

El año influyó muy significativamente en las GMD observadas ($p < 0.001$), ya que por término medio las vacas sólo mantuvieron su peso en los años 1991 y 1993, mientras que en el resto alcanzaron pérdidas de hasta 27 kg (1996) (Tabla 37).

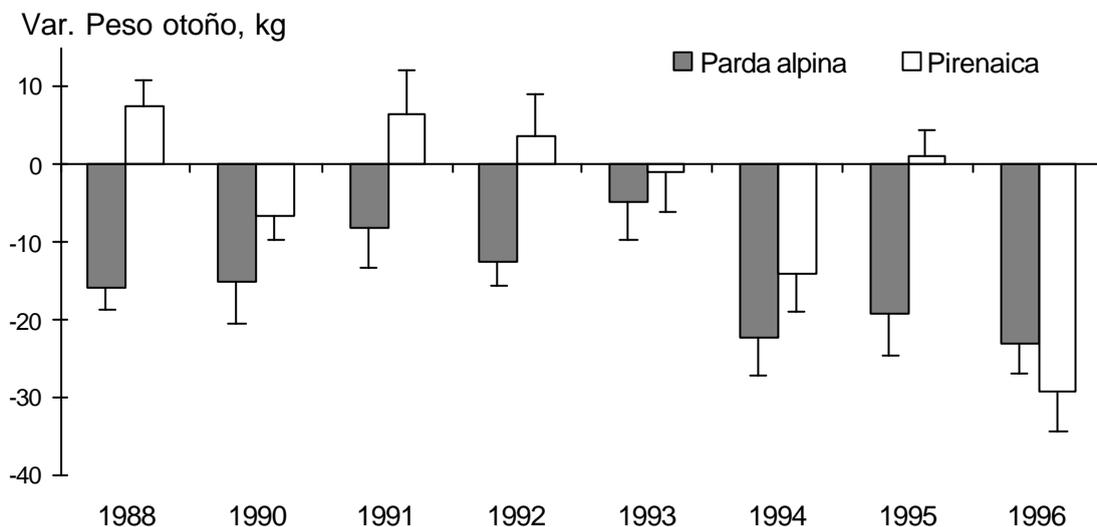
Las pérdidas diarias de peso en las vacas de raza Pirenaica fueron inferiores en 151g/día a las observadas en vacas de raza Parda Alpina ($p < 0.001$). Además, mientras que la variación de peso fue independiente del orden de parto en las vacas Pirenaicas, las primíparas de raza Parda presentaron mayores pérdidas de peso que las multíparas de la misma raza (diferencia de 241 (e.s. 67) g/día, $p < 0.01$). Sin embargo, las diferencias entre razas estuvieron muy influidas por el año de estudio ($p < 0.001$, Figura 42).

Tabla 37: Variación de peso diaria (kg) durante el pastoreo de otoño en áreas boscosas, en función del año, la raza y del orden de parto de las vacas.

| Efecto | | | n | Media | e.s. | |
|---------------------|--------------|------------|-----|--------|-------|------------|
| Raza*Orden de parto | Parda Alpina | multíparas | 123 | -0.162 | 0.026 | <i>b</i> |
| | | primíparas | 53 | -0.270 | 0.048 | <i>c</i> |
| | Pirenaica | multíparas | 141 | -0.089 | 0.023 | <i>a,b</i> |
| | | primíparas | 39 | -0.007 | 0.046 | <i>a</i> |
| Año | | 1988 | 41 | -0.156 | 0.067 | <i>a,b</i> |
| | | 1990 | 51 | -0.177 | 0.042 | <i>a,b</i> |
| | | 1991 | 45 | -0.015 | 0.036 | <i>a</i> |
| | | 1992 | 27 | -0.069 | 0.045 | <i>a</i> |
| | | 1993 | 36 | -0.028 | 0.044 | <i>a</i> |
| | | 1994 | 40 | -0.118 | 0.025 | <i>a,b</i> |
| | | 1995 | 54 | -0.114 | 0.039 | <i>a</i> |
| | | 1996 | 62 | -0.277 | 0.04 | <i>b</i> |

Media aritmética, error standard y separación de medias por el test de Tukey.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Figura 42: Variaciones de peso durante el otoño de las dos razas en cada año de estudio.

En el mismo sentido de compensación observado en el resto de los periodos de estudio comentados, la variación diaria de peso según el modelo fue inversamente proporcional al peso a la bajada de puerto (-1g (e.s. 0.3) por cada kg de diferencia en peso, $p < 0.001$) y a la ganancia realizada durante el pastoreo de verano (-209 g (e.s. 67.0) por cada kg de

diferencia en la GMD en puerto, $p < 0.01$). No se observó ninguna relación entre las precipitaciones y la GMD en otoño.

Por otra parte, y al igual que se ha comentado al describir los efectos que afectaban a las ganancias en puerto, en este caso también se analizaron los rendimientos de las vacas que no cumplían el requisito de presentar parto en los dos años consecutivos.

Al incluir todos los registros del periodo 1988-1996 se tenían 508 registros de GMD durante el otoño en pastos forestales, de los que 129 correspondían a vacas que se encontraban vacías en esta fase. El estado fisiológico afectó significativamente a la variación de peso, puesto que aunque la ganancia de peso vivo durante el otoño fue mayor en las vacas gestantes frente a las vacías, la ganancia de peso corporal, deducido el crecimiento del útero grávido, fue menor en las vacas gestantes (Tabla 38).

Tabla 38: Ganancias de peso (kg) reales y corregidas (-peso del útero grávido) alcanzadas en pastoreo de áreas boscosas en otoño por vacas vacías y gestantes.

| Estado fisiológico | Gestantes | Vacías | e.s.d. | Sign. |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|-------------|
| n | 380 | 129 | | |
| Δ PV otoño real, kg | +8.2 | +1.5 | 2.66 | $p < 0.05$ |
| Δ PV otoño corregido, kg | -12.1 | +1.5 | 2.61 | $p < 0.001$ |

c) Rendimientos globales durante la estación de pastoreo

Se han considerado las variaciones de peso registradas en todo el periodo de pastoreo (183 días, e.s. 1.3), desde la subida a puerto hasta el inicio de la estabulación invernal.

Para analizarlas se consideraron los efectos del año, la raza, el orden de parto, la GMD durante el periodo de lactación en establo, el peso a la subida a puerto, la duración de la estación de pastoreo y la pluviometría registrada durante la misma. El modelo que mejor explicó las variaciones de peso observadas fue el siguiente:

$$\text{GMD pastoreo}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Raza}_k + \text{Raza} \cdot \text{Año}_{j \cdot k} + \text{Raza} \cdot \text{Orden de parto}_{i \cdot k} - 0.001_{(e.s. 0.0001)} \cdot \text{PVsubida puerto}_{ijkl} - 0.104_{(e.s. 0.025)} \cdot \text{GMDlactación}_{ijkl} + e_{ijkl}$$

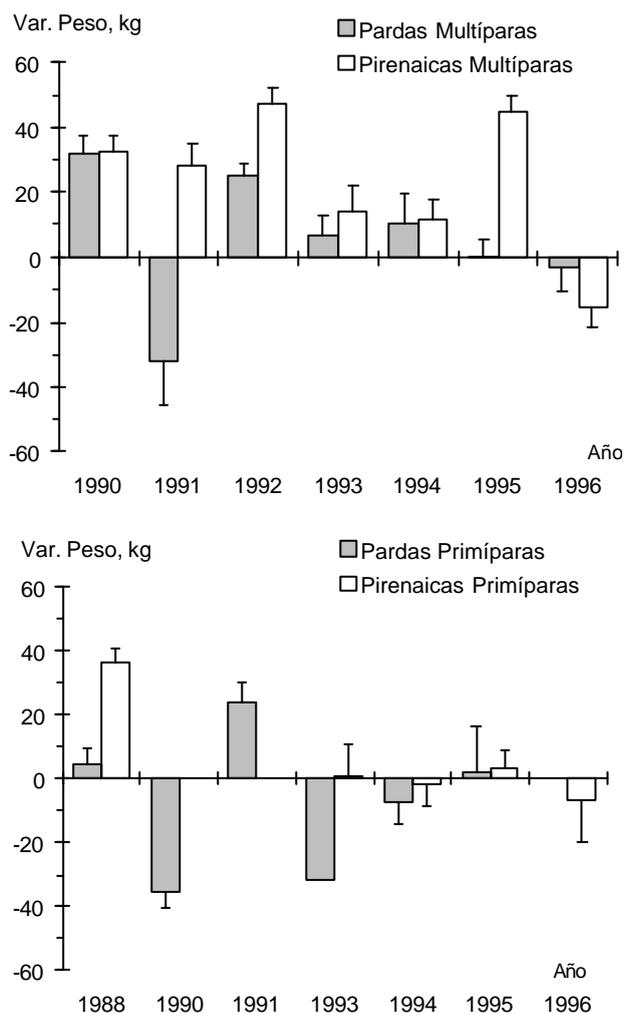
$$R^2=0.45 \quad \text{D.E.R.}=0.138$$

Al considerar globalmente los rendimientos obtenidos en las dos fases de pastoreo, en puertos y áreas forestales, las variaciones de peso medias fueron de 13.1 kg (e.s. 1.74), lo que supuso una ganancia media diaria de 0.076 kg (0.0096). Los rendimientos fueron muy variables en los distintos años, y oscilaron entre la ganancia de 35 kg en el año 1992 y la pérdida de 10 kg en 1996.

El orden de parto y la raza afectaron de forma muy significativa a las ganancias ($p < 0.001$), ya que las vacas Pirenaicas ganaron 0.106 kg/día (e.s. 0.054) más que las Pardas, y las multíparas 0.069 kg/día (e.s. 0.032) más que las primíparas. Sin embargo, la diferencia entre razas fue variable en función del año en estudio ($p < 0.001$) (Figura 43).

La diferencia entre las ganancias efectuadas por las primíparas y las multíparas fue superior en las vacas de raza Parda alpina (-6.2 vs. +13.5 kg) que en las Pirenaicas (+11.0 kg vs. +20.6 kg) ($p < 0.01$).

Figura 43: Ganancia de peso durante la estación de pastoreo en vacas primíparas y multíparas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera en el periodo 1988-1996.



Igualmente se observó una compensación global durante el pastoreo de lo acontecido durante la fase de lactación en establo, ya que la GMD en pastoreo fue inversamente proporcional tanto al peso a la subida al puerto (Figura 44) como a la variación de peso durante la lactación (Figura 45).

Figura 44: Relación entre la GMD observada en la estación de pastoreo y el peso a la subida a puerto.

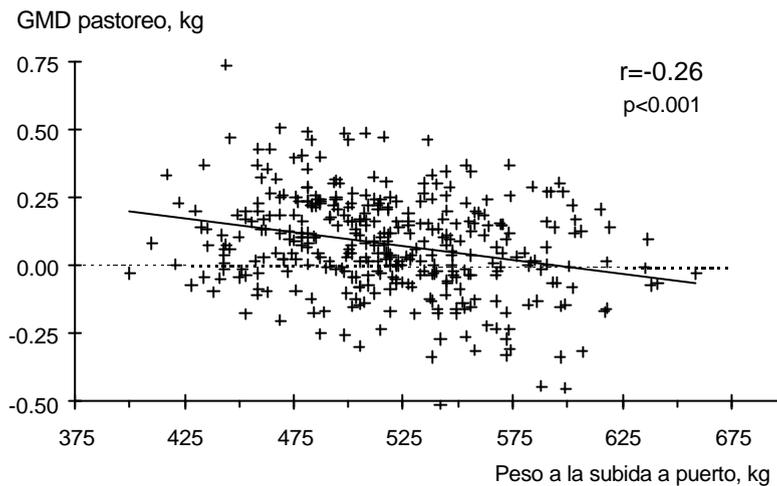
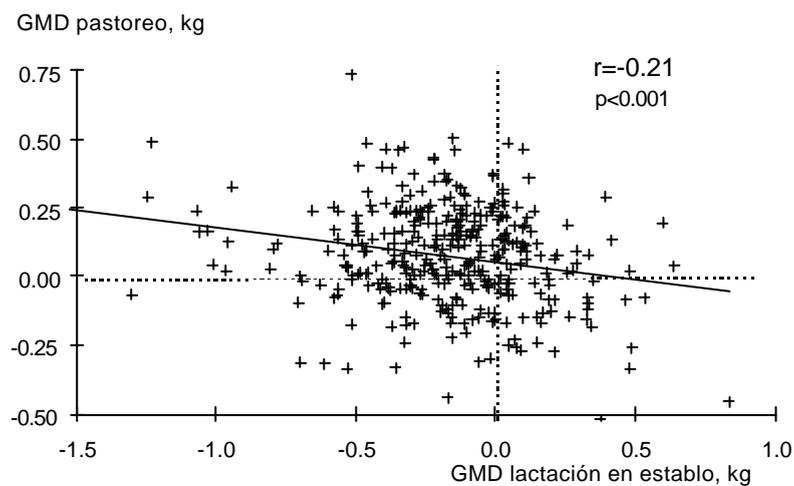


Figura 45: Relación entre las GMDs observadas en pastoreo y durante la lactación en establo.



La ganancia de peso en pastoreo no presentó relación ni con la duración de la estación de pastoreo, ni con las precipitaciones registradas en este periodo.

d) Variación de peso interanual

Finalmente, para analizar la ganancia de peso entre dos partos consecutivos se consideraron los efectos del año, la raza y el orden de parto. El modelo final fue:

$$\text{GP interanual}_{ij} = \text{Año}_i + \text{Raza} * \text{Año}_{i+j}.$$
$$R^2=0.42 \quad \text{D.E.R.}=33.5$$

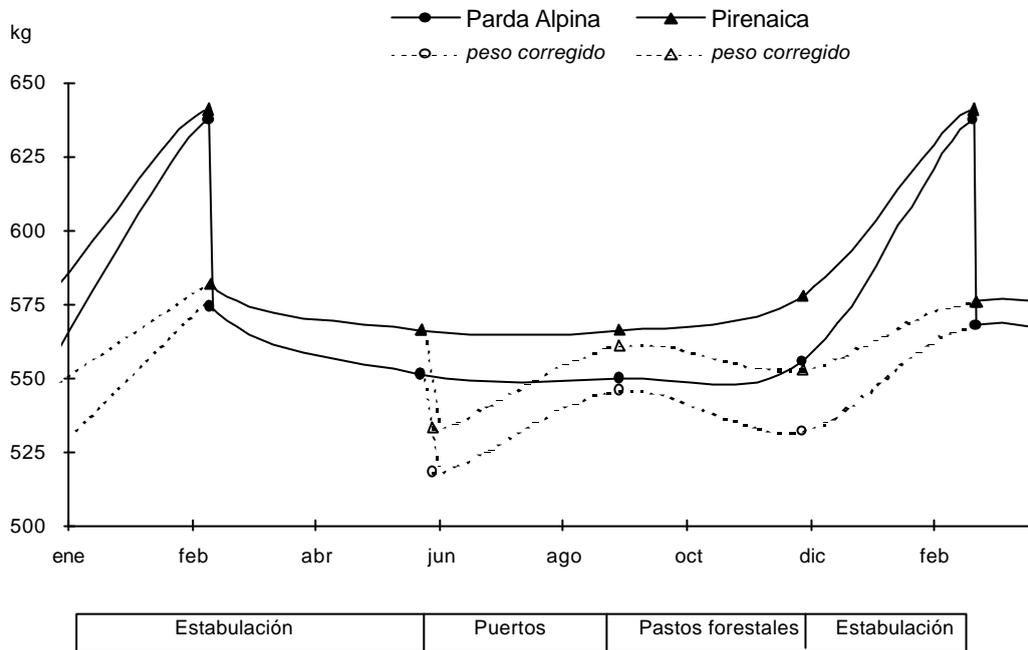
Esta ganancia se vio afectada por el año ($p < 0.001$), con un rango entre +31 kg (1992) y -46 kg (1996), efecto que debe achacarse tanto a características intrínsecas del año (condiciones meteorológicas, disponibilidad y calidad de la hierba) como a los planteamientos experimentales específicos de cada año, aplicados fundamentalmente durante el periodo de estabulación.

Se observó también una interacción entre la raza y el año de estudio ($p < 0.01$), de forma que, aunque en general hubo una tendencia a que las ganancias fuesen inferiores en las vacas Pardas, en algunos años esta tendencia se invertía.

La ganancia no se vio afectada por el orden de parto, ya que los pesos al parto se mantuvieron similares en los dos partos consecutivos incluso en las vacas primíparas (519.5 vs 518.0 kg en primer y segundo parto en las primíparas Pardas y 538.8 vs 539.3 kg en las Pirenaicas).

En la Figura 46 se muestra la evolución anual de los pesos de las vacas multíparas de las dos razas, tanto los actualmente registrados como los corregidos por el contenido digestivo y el peso del útero grávido.

Figura 46: Pesos medios (reales y corregidos) en los diferentes momentos del ciclo anual de las vacas multíparas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera.



e) Rendimientos de los terneros

Los terneros nacidos en primavera pasaron la primera fase de la lactación en el establo (100 días, e.s. 1.05), alimentándose únicamente de la leche de la madre, y posteriormente subieron con sus madres a los pastos de puerto, en los que permanecieron durante todo el verano hasta el destete, a una edad de 192 días (e.s. 1.24).

Los modelos que mejor explicaron sus pesos y ganancias se exponen a continuación, y las medias mínimo-cuadráticas para cada efecto derivadas de los mismos se presentan a continuación.

$$PT \text{ nacimiento}_{ijklm} = \text{Año}_i + \text{Orden de Parto}_j + \text{Raza}_k + \text{Sexo}_l + e_{ijklm}$$

$R^2=0.17$ D.E.R.= 5.6

$$PT \text{ subida puerto}_{ijklm} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Raza}_k + \text{Sexo}_l +$$

$$+ 0.885_{(e.s. 0.053)} * \text{edad a la subida}_{ijklm} + e_{ijklm}$$

$R^2=0.56$ D.E.R.= 18.0

$$PT \text{ bajada puerto}_{ijklm} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Raza}_k + \text{Sexo}_l +$$

$$+ 0.770_{(e.s.0.071)} * \text{edad al destete}_{ijklm} + e_{ijklm}$$

$R^2=0.50$ D.E.R.=24.0

$$\text{GMD T establo}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Raza}_j + \text{Sexo}_k + 0.0026_{(e.s. 0.0005)} * \text{edad a la subida}_{ijkl} + e_{ijkl}$$

$R^2=0.34$ D.E.R.=0.159

$$\text{GMD T puerto}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Sexo}_k - 0.0015_{(e.s. 0.0005)} * \text{edad a la subida}_{ijkl} + e_{ijkl}$$

$R^2=0.38$ D.E.R.=0.165

$$\text{GMD T global}_{ijklm} = \text{Año}_i + \text{Orden de parto}_j + \text{Raza}_k + \text{Sexo}_l + e_{ijklm}$$

$R^2=0.34$ D.E.R.=0.120

Los pesos de los terneros, tanto al nacimiento como a la subida a puerto y posteriormente en el destete a la bajada de puerto, se vieron significativamente afectados por el año de control ($p<0.001$).

Los terneros de raza Parda Alpina fueron siempre más pesados que los Pirenaicos: la diferencia fue de 2.56 kg (e.s. 0.61) al nacimiento, 12.9 kg (e.s. 2.02) a la subida a puerto y 16.94 kg (e.s. 2.77) a la bajada de puerto ($p<0.001$) (Tabla 39).

Los hijos de vacas múltiparas fueron más pesados que los de las primíparas tanto al nacimiento (+2.48 kg, e.s. 0.89) como a la subida (+6.70 kg, e.s. 3.14) y a la bajada de puerto (+16.92 kg, e.s. 4.39) ($p<0.001$).

Los machos pesaron siempre más que las hembras: 2.38 kg más al nacimiento (e.s. 0.60), 7.99 kg (e.s. 1.99) a la subida a puerto y 11.65 kg (e.s. 2.72) a la bajada ($p<0.001$).

El año afectó también significativamente tanto a la ganancia en establo como en puerto ($p<0.001$).

Exceptuando el año 1995, en el que las ganancias en puerto fueron anormalmente bajas (629 g/día) y claramente diferentes del resto ($p<0.001$), éstas fueron similares en los distintos años, oscilando entre los 781 g/día registrados en 1996 y los 992 g/día de 1992.

Durante la fase de lactación en establo, en los primeros tres meses de vida, las ganancias de los terneros Pardos fueron superiores a las de los Pirenaicos (+0.103 kg/día, e.s. 0.018, $p<0.001$).

Durante la estancia en puertos las diferencias entre los terneros de ambas razas se redujeron ($p=0.12$), pero en el conjunto de la lactación los terneros Pardos presentaron crecimientos superiores (+0.075 kg/día, e.s. 0.014, $p<0.001$), lo que unido al mayor peso al nacimiento originó 17 kg de diferencia en el peso al destete.

Los hijos de vacas multíparas tuvieron una ganancia ligeramente superior a los de primíparas durante la fase de lactación en establo (+0.045 kg/día, e.s. 0.028, $p=0.10$), que se acentuó durante la estancia en puerto (+0.110 kg/día, e.s. 0.030, $p<0.001$). Considerando globalmente los 6 meses de lactación los hijos de vacas de primer parto tuvieron crecimientos y pesos al destete inferiores a los de las vacas multíparas ($p<0.001$).

Los terneros machos presentaron ganancias superiores a las hembras tanto en estabulación (+0.055 kg/día, e.s. 0.018) como en puerto (+0.051 kg/día, e.s. 0.019), ($p<0.01$).

Tabla 39: Pesos y crecimientos de los terneros en función de su raza, sexo y el orden de parto de la madre.

| Efecto Variable | Raza | | | Orden de parto | | | | Sexo | | | | |
|--------------------|-------|----------|--------|----------------|---------|--------|-------|-----------|--------|-------|-------|-----------|
| | Parda | Pirenaic | e.s.d. | Múltip. | Primíp. | e.s.d. | Macho | Hembr | e.s.d. | | | |
| | a | | | | | | | a | | | | |
| PT nacimiento, kg | 42.0 | 39.5 | 0.6 | $p<0.001$ | 42.0 | 39.5 | 0.7 | $p<0.01$ | 41.9 | 39.6 | 0.6 | $p<0.001$ |
| PT subida, kg | 123.2 | 110.3 | 2.0 | $p<0.001$ | 120.1 | 113.4 | 2.3 | $p<0.01$ | 120.8 | 112.8 | 2.0 | $p<0.001$ |
| PT bajada, kg | 196.7 | 179.8 | 2.7 | $p<0.001$ | 196.7 | 179.8 | 3.1 | $p<0.001$ | 194.1 | 182.4 | 2.7 | $p<0.001$ |
| GMD T establo, kg | 0.797 | 0.694 | 0.018 | $p<0.001$ | 0.769 | 0.723 | 0.021 | $p=0.10$ | 0.774 | 0.718 | 0.018 | $p<0.01$ |
| GMD T puerto, kg | 0.838 | 0.809 | 0.019 | $p=0.12$ | 0.878 | 0.769 | 0.021 | $p<0.001$ | 0.849 | 0.798 | 0.019 | $p<0.01$ |
| GMD T global, kg | 0.802 | 0.727 | 0.013 | $p<0.001$ | 0.804 | 0.725 | 0.015 | $p<0.001$ | 0.787 | 0.742 | 0.013 | $p<0.01$ |

Medias mínimo-cuadráticas y error standard de la diferencia

En función del orden de parto de la madre, cabe destacar que los rendimientos de los terneros fueron inferiores en las vacas primíparas, seguidos de los hijos de segundo parto y posteriormente los hijos de 3^{er} a 7^o parto. Esto fue así tanto para el peso al nacimiento (38.9, 40.5 y 42.5 kg en los hijos primer, segundo y 3^{er} parto en adelante, respectivamente, $p<0.05$) como para los crecimientos de los terneros durante toda la lactación, en establo y puerto (0.694, 0.771 y 0.823 kg/día, $p<0.001$).

La GMD en establo fue superior en los terneros de mayor edad (Figura 47), tendencia que se invirtió durante el pastoreo en puertos (Figura 48).

Figura 47: Relación entre la GMD de los terneros durante el periodo de estabulación y su edad a la subida a puerto.

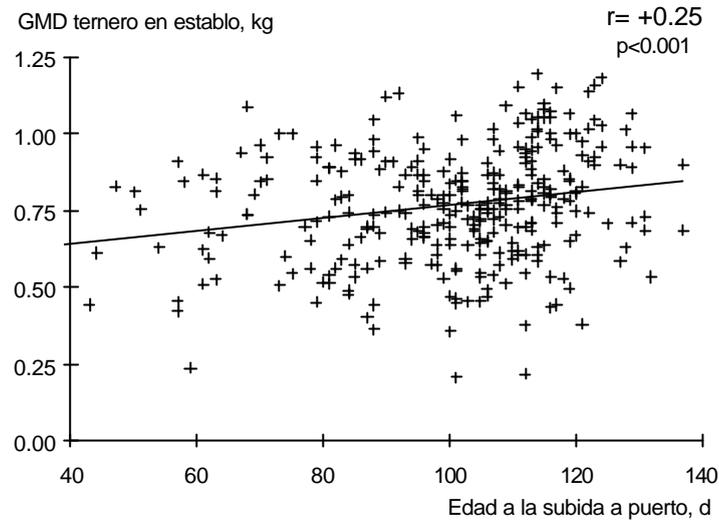
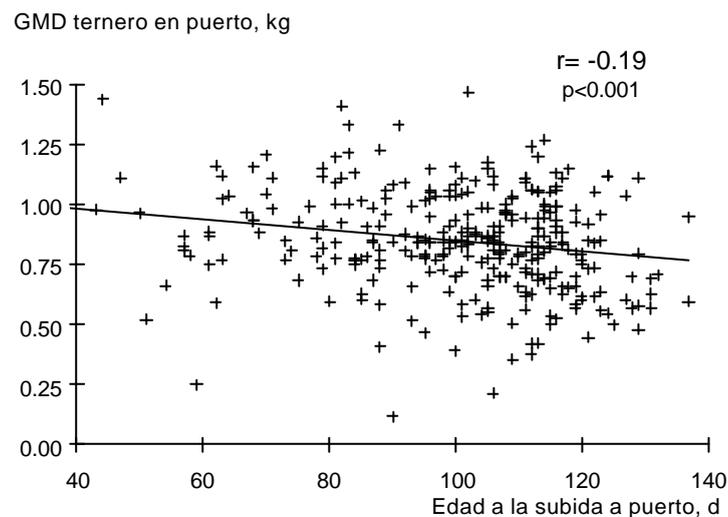


Figura 48: Relación entre la GMD de los terneros en puerto y su edad a la subida.



6.1.3.3.- COMPARACIÓN DE LAS VARIACIONES DE PESO EN FUNCIÓN DE LA ÉPOCA DE PARTO

Se estableció una comparación de las variaciones de peso alcanzadas durante las distintas fases de pastoreo por las vacas multíparas de raza Parda Alpina en función de su época de parto (otoño vs. primavera). Se consideraron las ganancias observadas durante las fases de pastoreo estival en puertos y durante la utilización de los pastos forestales, que coincidió con

la primavera en las vacas de paridera de otoño y con el otoño en las vacas de paridera de primavera.

Se testaron los efectos del año, la época de parto, el peso al inicio de cada una de las fases de pastoreo analizadas y la ganancia diaria registrada en el periodo anterior a la fase de estudio.

Los modelos que mejor explicaron estos rendimientos fueron los siguientes:

| |
|--|
| $\text{GMD pastos forestales}_{ijk} = \text{Año}_i + \text{Epoca de parto}_j - 0.003_{(e.s. 0.006)} * \text{PV inicial}_{ijk} + e_{ijk}$ $R^2=0.34 \quad \text{D.E.R.}=0.471$ |
| $\text{GMD puertos}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Epoca de parto}_j - 0.001_{(e.s. 0.003)} * \text{PV inicial}_{ijk} - 0.097_{(e.s. 0.0287)} * \text{GMD previa}_{ijkl} + e_{ijkl}$ $R^2=0.15 \quad \text{D.E.R.}=0.235$ |
| $\text{GMD pastoreo}_{ijkl} = \text{Año}_i + \text{Epoca de parto}_j - 0.001_{(e.s. 0.002)} * \text{PV salida al pasto}_{ijk} - 0.077_{(e.s. 0.0311)} * \text{GMD lactación}_{ijkl} + e_{ijkl}$ $R^2=0.76 \quad \text{D.E.R.}=0.167$ |

El año influyó significativamente en las ganancias alcanzadas por las vacas tanto en el conjunto de la estación de pastoreo como en cada una de sus fases ($p < 0.001$). En todos los modelos se observó una correlación negativa entre el peso inicial y la GMD del periodo anterior con la ganancia en el periodo de estudio ($p < 0.001$ en todos los casos).

Las ganancias se vieron significativamente influidas por la época de parto de las vacas. Las vacas con parto en otoño presentaron ganancias superiores tanto en los pastos forestales como en los pastos de puerto, con lo que las ganancias en el conjunto de la estación de pastoreo también fueron mayores (Tabla 40).

Tabla 40: Ganancias diarias alcanzadas en las distintas superficies pastables por las vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y en primavera.

| Epoca de parto | Otoño | Primavera | s.e.d. | Sign. |
|-----------------------|--------|-----------|--------|-------|
| n | 152 | 123 | | |
| GMD pastos forestales | +0.428 | -0.156 | 0.0570 | *** |
| GMD puertos | +0.421 | +0.269 | 0.0284 | *** |
| GMD pastoreo | +0.661 | +0.071 | 0.0202 | *** |

En las siguientes gráficas se muestran, a título comparativo los rendimientos alcanzados por las vacas de raza Parda Alpina en función de la época de parto (otoño vs. primavera).

Figura 49: Comparación de las variaciones de peso observadas en la estación de pastoreo (puerto + pastos forestales) de vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en primavera u otoño.

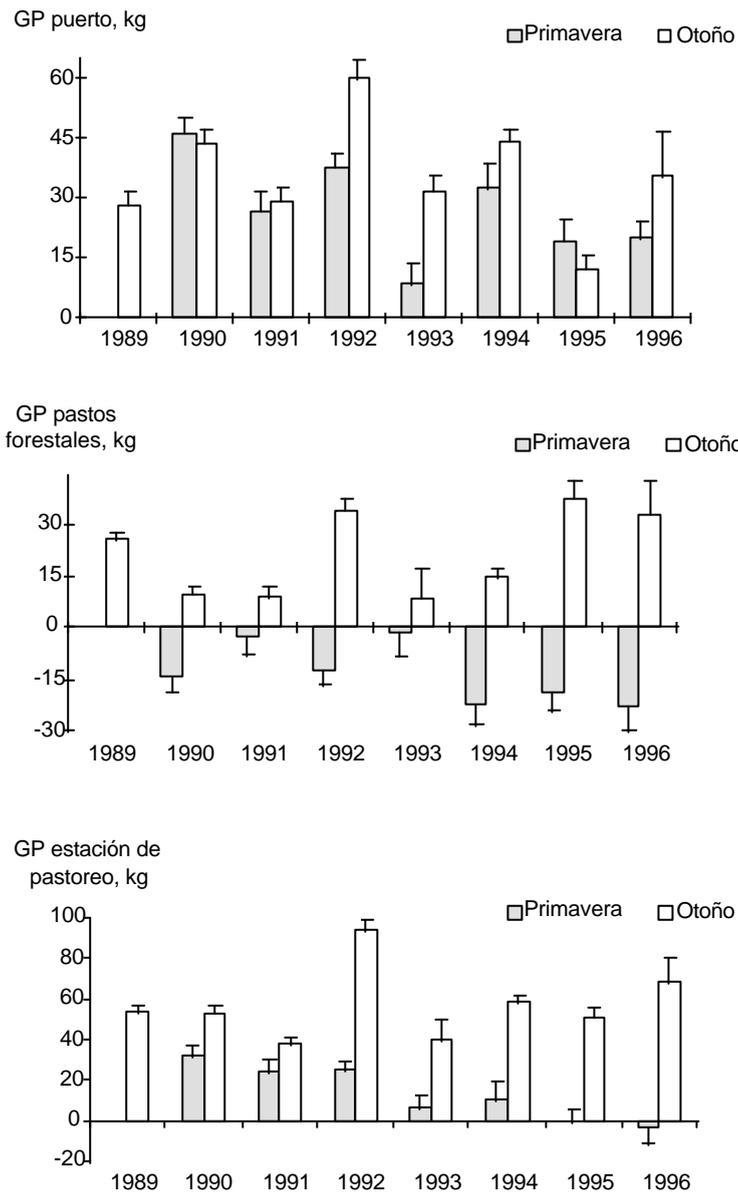
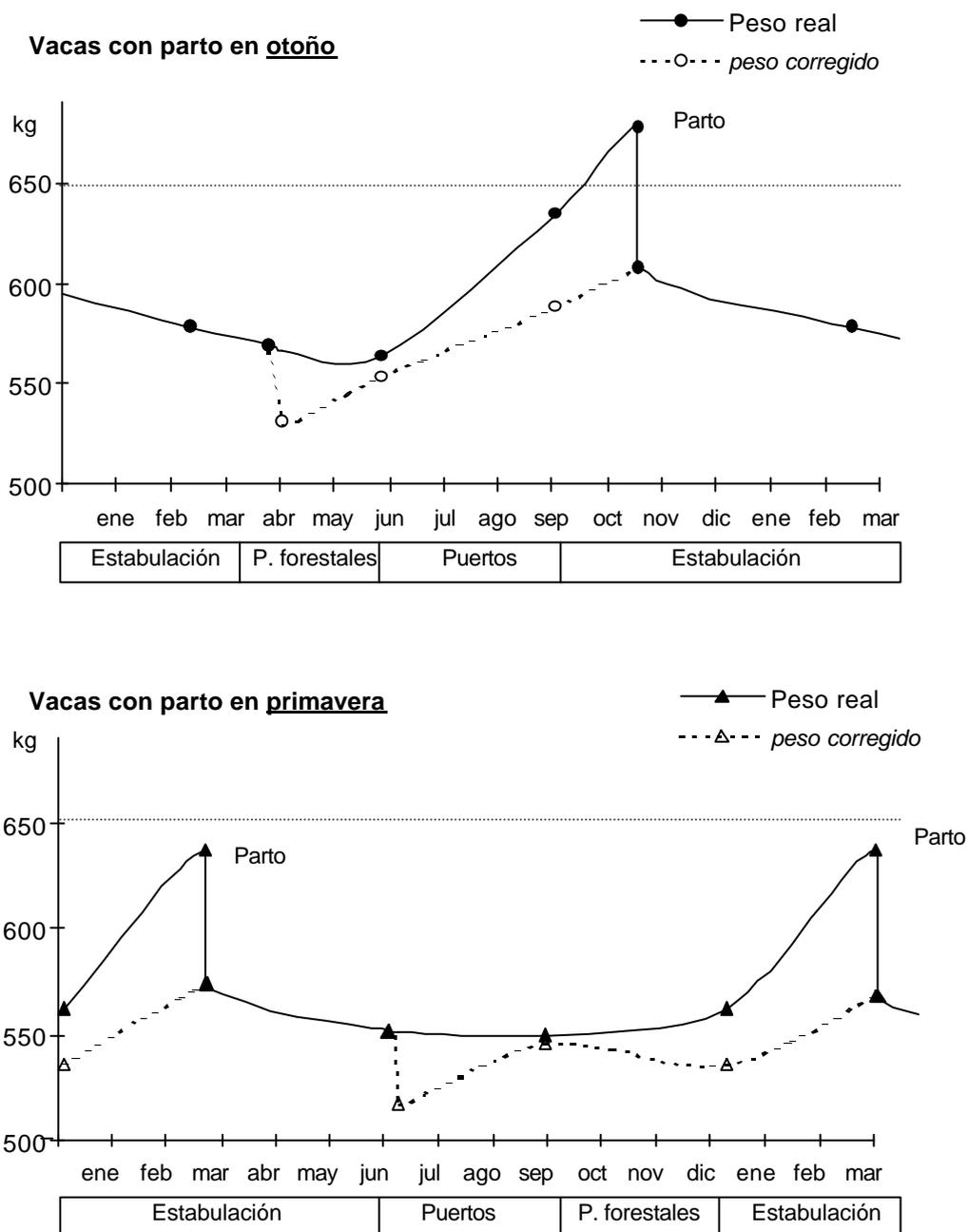


Figura 50: Pesos medios (reales y corregidos) en los diferentes momentos del ciclo anual de las vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en otoño y en primavera.



6.2.- CONTRIBUCIÓN DEL PASTOREO A LOS APORTES ENERGÉTICOS ANUALES EN FUNCIÓN DE LA RAZA Y DEL MANEJO GENERAL DE LOS ANIMALES

6.2.1.- OBJETIVOS

- Establecer las diferencias existentes entre razas o estrategias de manejo (época de parto) en los aportes energéticos recibidos durante el ciclo anual de producción en vacuno de carne explotado en zonas de montaña.
- Determinar la contribución del pastoreo a los aportes energéticos totales recibidos por los animales en su ciclo anual de producción.

6.2.2.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de vacas multíparas recogidos en la finca "La Garcipollera" en el periodo 1988-1996 y descritos en el capítulo anterior.

Se analizaron 147 ciclos productivos (de parto a parto) de vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño, 123 de vacas de raza Parda Alpina con parto en primavera y 141 de vacas Pirenaicas con parto en primavera, que parieron en los años anterior y posterior a la estación de pastoreo en estudio.

Se consideraron exclusivamente las vacas que cumplían este requisito con el objetivo de describir las condiciones mínimas que permitieron la reproductibilidad del sistema, es decir, que las vacas permanecieran productivas cada año.

Para alcanzar los objetivos perseguidos se estableció un indicador teórico de la energía obtenida de la dieta (Aportes Energéticos Estimados, AEE), que respondió al siguiente algoritmo:

"Cuando un animal ha realizado un ciclo anual de producción ha cubierto sus necesidades de mantenimiento y actividad, gestación y lactación. Si ha incrementado su peso vivo, este incremento se ha realizado a partir de aportes energéticos de la dieta. Si ha perdido peso, la movilización de reservas ha contribuido a cubrir las necesidades de mantenimiento y producción, ante la imposibilidad de ser totalmente cubiertas por la dieta".

De esta manera, los AEE se establecieron según las siguientes ecuaciones:

- AEE= Σ Energía necesaria para el mantenimiento y producción + Energía necesaria para la ganancia de peso (*Vacas que ganan peso en su ciclo anual*)
- AEE= Σ Energía necesaria para el mantenimiento y producción - Energía rendida por la pérdida de peso (*Vacas que pierden peso en su ciclo anual*)

Para el cálculo de este indicador se contó en cada periodo de estudio con los pesos y rendimientos de las vacas y de sus terneros, cuyos manejo, pesos y correcciones referentes a los cambios de contenido digestivo y al desarrollo de la gestación se han descrito en el apartado 6.1.2.

6.2.2.1.- Estimación de las necesidades energéticas

Las necesidades energéticas para las distintas funciones metabólicas se estimaron en términos de energía neta (MJ EN), aplicando para cada vaca las ecuaciones propuestas por el A.R.C. (1980) y revisadas por González (1995) (Tabla 41).

Tabla 41: Ecuaciones utilizadas para el cálculo de las necesidades energéticas (MJ EN/día) para las distintas funciones fisiológicas.

| Función fisiológica | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|---------------------|----------|--------------|-----------|--------------------|---------|--------------------------|-------------|-------|-------------|
| <u>Metabolismo de ayuno:</u> | $EN_m = 0.53 * (PV/1.08)^{0.67}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Gasto por actividad:</u> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Actividad</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Gasto energético</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Movimiento horizontal</td> <td style="text-align: right;">2.0 kJ/km</td> </tr> <tr> <td>Movimiento vertical</td> <td style="text-align: right;">28 kJ/km</td> </tr> <tr> <td>Estar de pie</td> <td style="text-align: right;">10 kJ/día</td> </tr> <tr> <td>Cambio de posición</td> <td style="text-align: right;">0.26 kJ</td> </tr> <tr> <td>Prehensión y masticación</td> <td style="text-align: right;">2.5 kJ/hora</td> </tr> <tr> <td>Rumia</td> <td style="text-align: right;">2.0 kJ/hora</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Actividad</i> | <i>Gasto energético</i> | Movimiento horizontal | 2.0 kJ/km | Movimiento vertical | 28 kJ/km | Estar de pie | 10 kJ/día | Cambio de posición | 0.26 kJ | Prehensión y masticación | 2.5 kJ/hora | Rumia | 2.0 kJ/hora |
| <i>Actividad</i> | <i>Gasto energético</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimiento horizontal | 2.0 kJ/km | | | | | | | | | | | | | | |
| Movimiento vertical | 28 kJ/km | | | | | | | | | | | | | | |
| Estar de pie | 10 kJ/día | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de posición | 0.26 kJ | | | | | | | | | | | | | | |
| Prehensión y masticación | 2.5 kJ/hora | | | | | | | | | | | | | | |
| Rumia | 2.0 kJ/hora | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>en estabulación:</i> | $EN_{act} = 0.0071 * PV$ | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Producción de leche:</u> | $EN_l = [1.509 + 0.0406 * TB (g/kg)] * \text{kg leche/día}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Variación de peso:</u> | $EN_g = 24 * GMD$ | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Gestación:</u> | $EN_c = \frac{\int_{t_0}^{t_f} \frac{Pt}{40} * 10^{(151.665 - 151.64 * e^{-0.0000576t})}}{(t_f - t_0)}$ | | | | | | | | | | | | | | |

donde t_0 y t_f son el día de gestación en que la vaca se encuentra al inicio y final del periodo en cuestión, y P_t el peso del ternero al nacimiento

En cada periodo se estimó la EN necesaria para cada una de las funciones desarrolladas. Se consideraron los requerimientos para mantenimiento, actividad y desplazamientos, lactación, gestación y movilización o reconstitución de reservas.

- Necesidades de mantenimiento

Al metabolismo de ayuno, calculado individualmente en función del peso medio de la vaca en cada periodo, se añadieron los gastos energéticos por desarrollo de actividad y desplazamientos.

Durante los periodos de permanencia en establo se asumió un gasto medio por actividad proporcional al peso del animal, mientras que en las fases de pastoreo se consideraron también los gastos por desplazamiento horizontal y vertical (A.R.C., 1980), a partir de registros de comportamiento realizados en grupos de este rebaño por Thénard (1993), Revilla et al. (1995) y Villalba et al. (1995), y de datos propios no incluidos en esta memoria (Tabla 42).

Tabla 42: Desplazamientos en horizontal y vertical registrados en las diferentes épocas de pastoreo.

| <i>Desplazamientos, km/día</i> | Horizontal | Vertical |
|---|------------|----------|
| Primavera (Thénard, 1993; Revilla et al., 1995) | 2.110 | - |
| Verano (Villalba et al., 1995) | 1.689 | 0.278 |
| Otoño | 1.500 | 0.050 |

- Necesidades de producción de leche

La producción lechera de cada vaca se estimó en la fase de lactación en establo y también durante el pastoreo en puertos en el caso de las vacas con parto en primavera.

Dado que durante la estabulación los terneros se alimentaban únicamente de la leche materna, la cantidad de leche producida diariamente por cada vaca durante la estabulación se calculó a partir de la ganancia media diaria de su ternero, a razón de 9.54 kg de leche estandarizada a 4% de grasa por cada kg de ganancia del ternero (Casasús et al., 1997a).

La producción lechera media en estabulación así estimada fue de 8.78 kg/día en las vacas de raza Parda Alpina con parto de otoño, y de 7.60 kg/día y 6.65 kg en las vacas Pardas y Pirenaicas con parto de primavera, respectivamente.

Durante la estancia en puerto, sin embargo, los terneros se alimentaron también de la hierba disponible.

La proporción entre la energía procedente del pasto y de la leche es variable en función de la edad del ternero (Bailey y Lawson, 1981; Le Neindre y Vallet, 1992), del nivel de producción lechera de la madre (Baker et al., 1976; Boggs et al., 1980) y de la disponibilidad y calidad del pasto (Wright y Russel, 1987), por lo que sería muy sesgado calcular la producción diaria de leche a partir de los rendimientos de los terneros. Por ello la producción lechera en puerto se calculó como la media entre una producción inicial, la estimada individualmente para el periodo de estabulación, y una producción final obtenida por ordeño en una muestra de ambas razas (5.03 vs. 3.88 kg de leche estandarizada en las vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica, respectivamente) (Casasús et al., 1996b). Las producciones lecheras medias estimadas en puerto fueron de 6.51 kg/día en las vacas Pardas y 5.51 en las Pirenaicas ($p < 0.001$).

Para el cálculo del valor energético de la leche excretada se tomó un contenido energético de 3.133 MJ EN por kg de leche estandarizada (A.R.C., 1980).

- Necesidades energéticas de gestación

La energía retenida en el útero grávido depende del día de gestación y del peso del ternero al nacimiento. Para estimarla se consideró una duración constante de la gestación de 286 días (I.N.R.A., 1978), y se aplicó la siguiente relación (A.R.C., 1980):

$$EN = \frac{PT_o}{40} * 10^{(151.665 - 151.64 * e^{-0.0000576t})}$$

Las necesidades diarias de gestación durante un periodo se estimaron por diferencia entre la energía retenida en el útero al principio y al final. Aunque la función de crecimiento fetal es exponencial, se asumió que la deposición de energía era lineal en el tiempo, por lo que la energía total retenida se repartió homogéneamente entre los días de que constaba dicho periodo.

- Cambios energéticos relacionados con movilización-reconstitución de reservas

Se ha considerado que toda variación de peso, tras efectuar las correcciones descritas, se corresponde con una variación de reservas corporales de las vacas.

El contenido energético de las reservas susceptibles de movilizarse o reconstituirse es función del peso, raza, sexo y ritmo de ganancia del animal. En general en animales adultos puede asumirse como 26 MJ EN/kg de peso vivo vacío (PVV) (A.R.C., 1980, Chigaru y Topps, 1981; Wright y Russel, 1984b).

Con las pesadas realizadas en este trabajo se obtuvieron las variaciones de peso vivo (PV). Su contenido energético se estimó mediante la relación propuesta por el A.R.C. (1980), que considera que en cada kg de variación de PV del animal hay aproximadamente 90 g de contenido digestivo ($\Delta PV = 1.09 * \Delta PVV$), valor similar al 10% obtenido por Robelin (1986). Así, el valor utilizado en este trabajo como contenido energético de las variaciones de PV es de 24 MJ EN/kg en todos los animales (26/1.09). La pérdida de peso se consideró como un ahorro en energía procedente de la dieta, por lo que se descontó de las necesidades totales.

Los AEE se estimaron individualmente para cada vaca en cada fase del ciclo anual, teniendo en cuenta sus características, rendimientos y estado fisiológico. Como estos aportes se calcularon sobre el ciclo productivo completo, en el intervalo entre los dos partos consecutivos de cada vaca (IEP), el periodo de estudio para cada animal no duró necesariamente un año (365 días).

El modelo seguido para la estimación de los AEE se muestra en la Figura 51, y las funciones a calcular en cada periodo de manejo para las vacas con parto en otoño y primavera se describen en la Tabla 43.

Figura 51: Modelo de estimación de los aportes energéticos recibidos por las vacas a lo largo del ciclo productivo, en función de sus pesos y producciones y de sus necesidades teóricas.

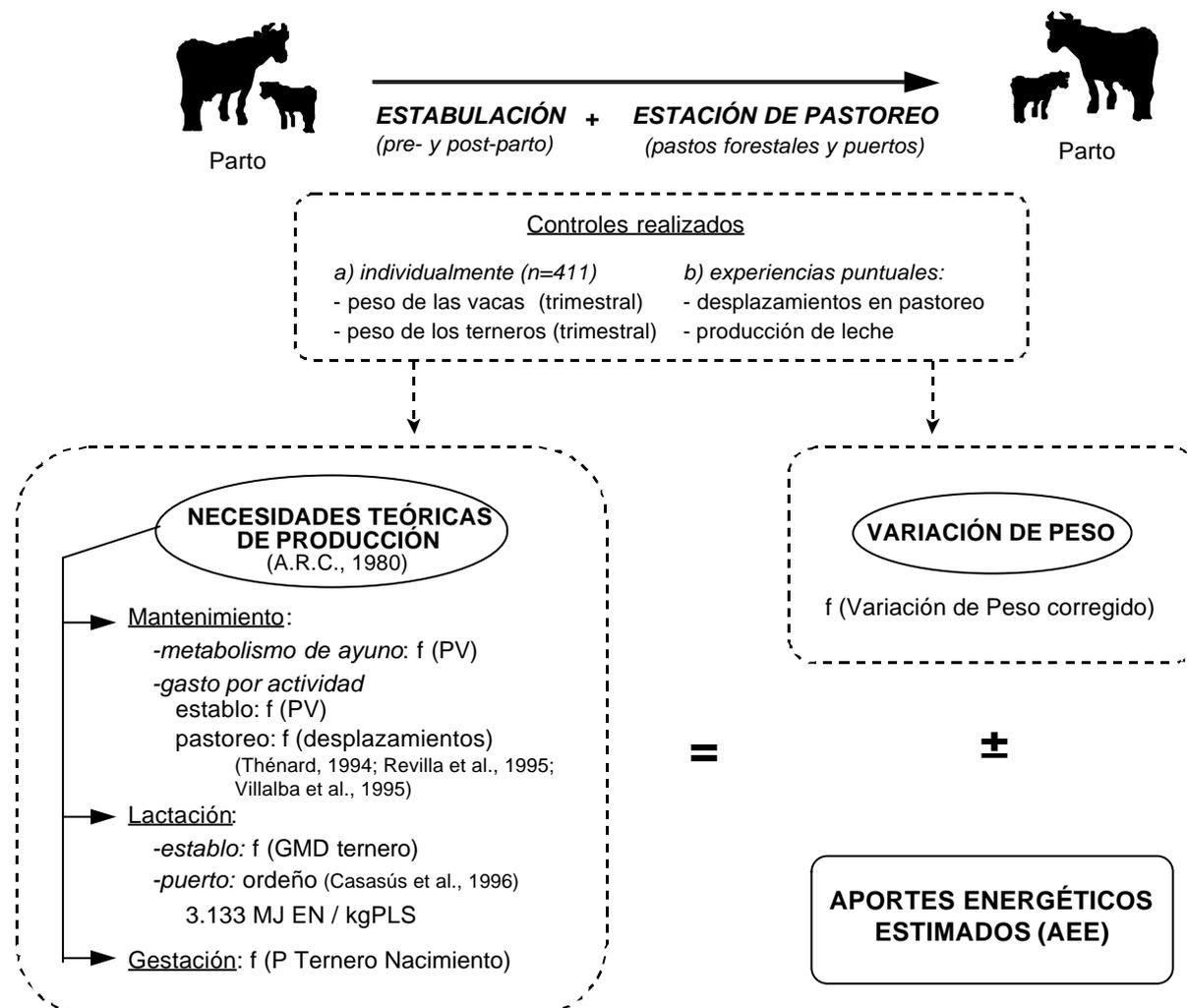


Tabla 43: Funciones fisiológicas para las que se han estimado las necesidades energéticas en cada periodo, para vacas con parto en primavera o en otoño.

| | Primavera | Verano | Otoño | Invierno |
|--------------------|-------------------|---------|-------------------|----------|
| Parto en Primavera | Establo | Puertos | Pastos forestales | Establo |
| Mantenimiento | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Lactación | ■ | ■ | ∅ | ∅ |
| Gestación | ∅ | ■ | ■ | ■ |
| Variación de peso | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Parto en Otoño | Pastos forestales | Puertos | Establo | Establo |
| Mantenimiento | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Lactación | ∅ | ∅ | ∅ | ■ |
| Gestación | ■ | ■ | ■ | ∅ |
| Variación de peso | ■ | ■ | ■ | ■ |

Finalmente se estimó también la eficiencia biológica de la producción de terneros destetados, en función tanto de la raza como de la época de parto. Esta se consideró como la eficiencia de conversión de la energía ingerida por la vaca durante el ciclo productivo completo en peso del ternero al destete (Morris y Wilton, 1976).

Como indicador de la productividad en términos relativos a los costes de producción se determinó también la eficiencia de conversión de los AEE recibidos durante la estabulación en peso de ternero destetado (Freeden et al., 1987). En diversos trabajos se calcula la eficiencia biológica teniendo en cuenta la energía ingerida tanto por la vaca como por el ternero (Morris y Wilton, 1976; Montaña-Bermúdez et al., 1990; Jenkins et al., 1991; Van Oijen et al., 1993). En nuestro caso, dado que en establo los terneros se alimentan únicamente de la leche de la madre y no disponen de suplementación, y posteriormente, en el caso de los nacidos en primavera, su consumo de hierba en puerto puede ser más o menos importante pero difícil de estimar, hemos considerado sólo los AEE recibidos por las madres.

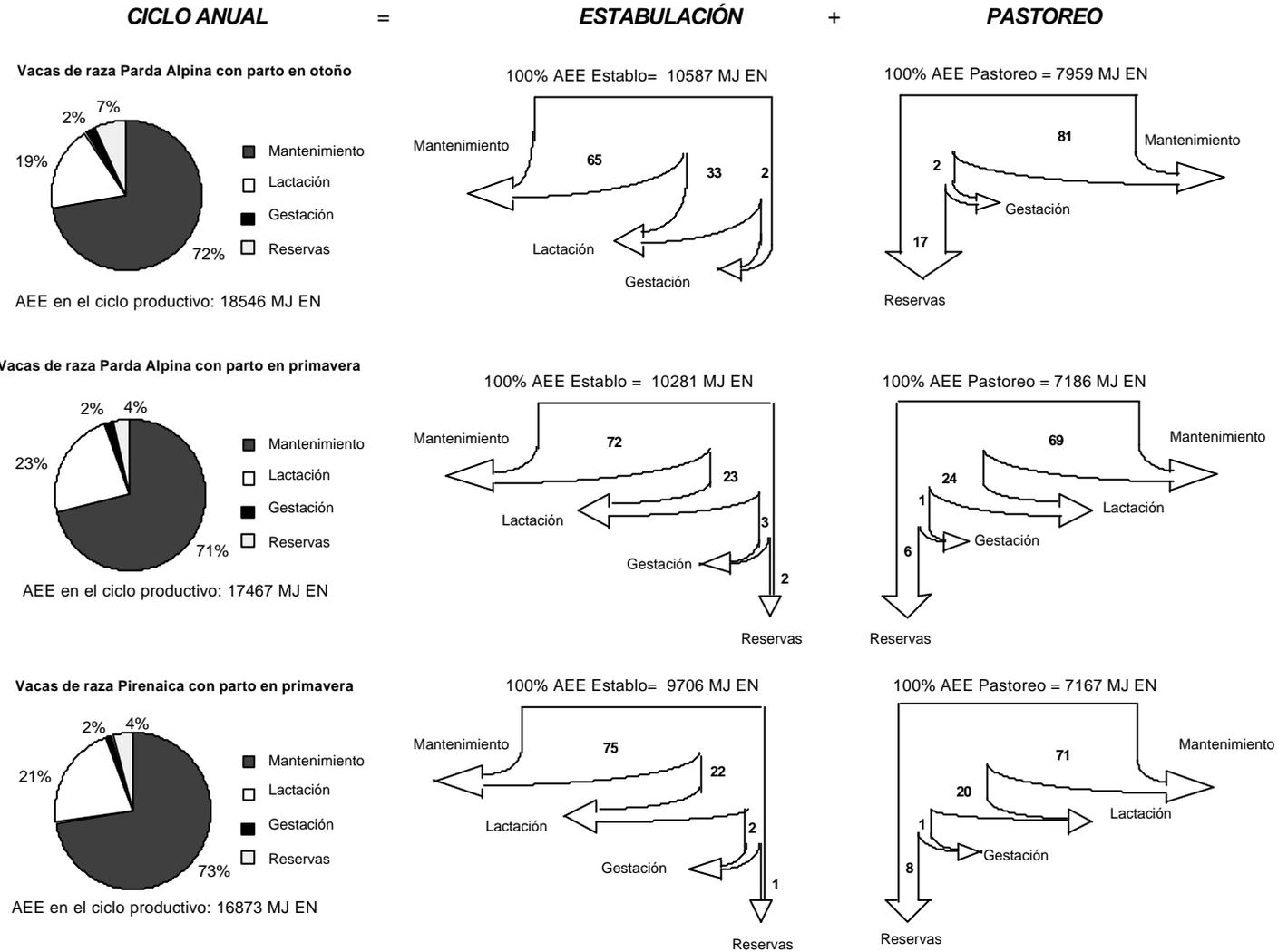
6.2.2.2.- Análisis estadístico

Para realizar la comparaciones de los AEE recibidos de la dieta y de la eficiencia biológica en función de la época de parto se contrastaron los datos estimados en las vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera. En la comparación racial, se utilizaron los datos de ambas razas con parto únicamente en primavera. Los datos se trataron mediante análisis de varianza (procedimiento GLM) considerando la raza o la época de parto como efectos fijos.

6.2.3.- RESULTADOS

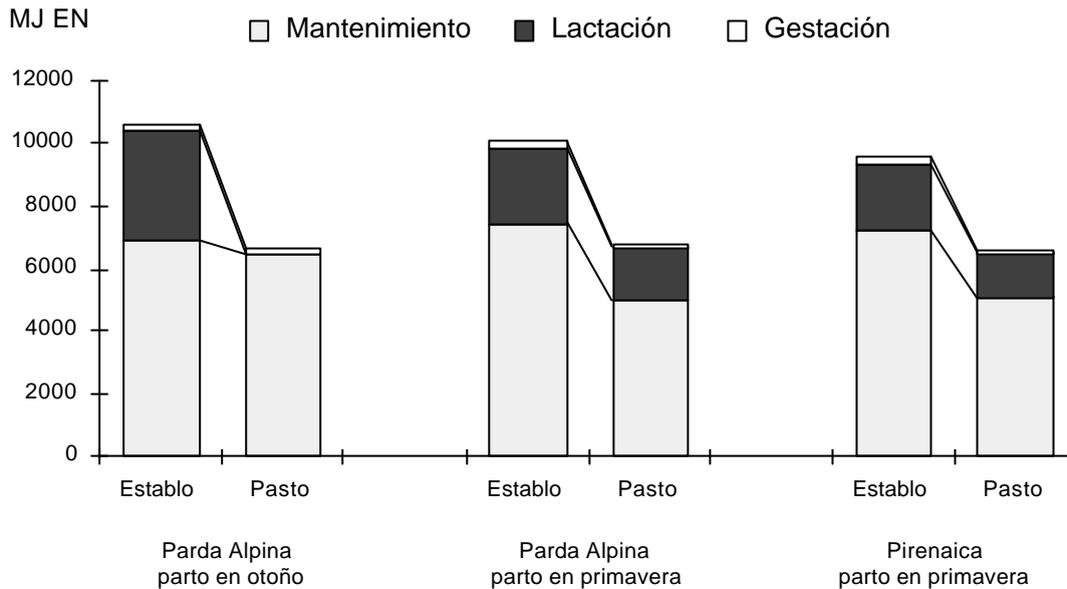
La proporción de energía destinada a cada función fisiológica durante el ciclo productivo completo y en las fases de pastoreo y estabulación en función de la época de parto y la raza se describe en la Figura 52.

Figura 52: Reparto porcentual de los AEE (MJ EN) recibidos de la dieta anual y durante las fases de estabulación y de pastoreo entre las distintas funciones fisiológicas en vacas multíparas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y en vacas de raza Pirenaica con parto en primavera.



Los aportes dedicados exclusivamente a las necesidades de producción (mantenimiento, gestación y lactación, no se incluyen los asociados a las variaciones de peso) durante los periodos de estabulación y pastoreo se muestran en la Figura 53.

Figura 53: Reparto de los AEE destinados a las necesidades de producción durante las fases de estabulación y pastoreo por las vacas de ambas razas y épocas de parto.



6.2.3.1.- Duración de los ciclos productivos estudiados

En los datos analizados el IEP medio fue de 370 días (e.s. 1.4), oscilando entre un mínimo de 302 días y un máximo de 482. No se observaron diferencias en los IEPs debidos a la época de parto (371 vs. 373 días en otoño y primavera, NS). En primavera la duración del IEP de las vacas Pirenaicas fue ligeramente inferior al observado en las de raza Parda (366 vs. 373 días, $p < 0.05$).

6.2.3.2.- Distribución de los AEE recibidos de la dieta en función de la época de parto

a) AEE en el ciclo productivo

Los aportes energéticos recibidos de la dieta anual por las vacas de ambas épocas de parto se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) procedentes de la dieta anual en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las distintas funciones fisiológicas.

| Epoca de parto | Otoño | | Primavera | | Sign. |
|--|-------|------|-----------|------|-----------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| n | 147 | | 123 | | |
| Duración del ciclo productivo (IEP), d | 371 | 2.2 | 373 | 3 | NS |
| AEE en el ciclo productivo, MJ EN | 18546 | 200 | 17467 | 227 | $p<0.001$ |
| - Nec. Producción | 17195 | 191 | 16830 | 173 | NS |
| Mantenimiento | 13399 | 124 | 12415 | 129 | $p<0.001$ |
| Lactación | 3455 | 95.6 | 4079 | 88.3 | $p<0.001$ |
| Gestación | 342 | 3.6 | 336 | 4.3 | NS |
| - Variación de reservas | 1351 | 86.9 | 637 | 106 | $p<0.001$ |

Media aritmética y error standard

En su conjunto, las necesidades mínimas para la producción (mantenimiento, gestación y lactación) fueron similares en ambas épocas de parto. Sin embargo, el acúmulo neto de reservas corporales a lo largo del ciclo productivo fue muy superior en las vacas con partos de otoño ($p<0.001$), lo que motiva que, al comparar los AEE globales, éstos sean superiores en el caso de las vacas con parto en otoño ($p<0.001$) (Tabla 44).

Las vacas con parto en otoño presentaron mayores necesidades de mantenimiento ($p<0.001$), debidas principalmente a su mayor peso medio durante todo el año (603 vs. 574 kg, s.e.d.=5.4, $p<0.001$).

Las necesidades de lactación fueron mayores en las vacas con parto en primavera ($p<0.001$), ya que a pesar de su inferior producción lechera diaria (6.98 vs. 8.78 kg/día, $p<0.001$) permanecieron lactantes durante un periodo más largo (186 vs. 124 días, $p<0.001$) y tuvieron mayor producción de leche total (1215 vs 1103 kg P.L.S., $p<0.001$).

Las necesidades de gestación fueron similares, ya que los terneros presentaron el mismo peso al nacimiento (43.3 kg).

b) AEE durante la estación de pastoreo

Los aportes energéticos recibidos durante las fases de pastoreo en puertos y pastos forestales por las vacas de ambas épocas de parto se muestran en la Tabla 45.

Tabla 45: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos del pasto en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las distintas funciones fisiológicas.

| Epoca de parto | Otoño | | Primavera | | Sign. |
|-------------------------|-------|------|-----------|------|-----------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| Duración pastoreo, d | 158 | 1.3 | 186 | 2.2 | $p<0.001$ |
| AEE en pastoreo, MJ EN | 7959 | 68.2 | 7186 | 98.9 | $p<0.001$ |
| - Nec. Producción | 6615 | 59.8 | 6753 | 69.7 | $p=0.13$ |
| Mantenimiento | 6461 | 57.4 | 4953 | 61 | $p<0.001$ |
| Lactación | 0 | 0 | 1737 | 22.3 | $p<0.001$ |
| Gestación | 154 | 6.3 | 63 | 4.2 | $p<0.001$ |
| - Variación de reservas | 1345 | 54.3 | 432 | 72.3 | $p<0.001$ |

Media aritmética y error standard

Durante la estación de pastoreo las necesidades de mantenimiento fueron superiores en las vacas con parto de otoño ($p<0.001$), ya que a su mayor peso corporal hay que añadir el mayor peso del útero grávido durante este periodo del año.

Las necesidades para el desarrollo fetal fueron también superiores en estas vacas ($p<0.001$), al hallarse en una fase de gestación más avanzada.

Sólo las vacas con parto en primavera se encontraban lactantes durante la estación de pastoreo, por lo que, en su conjunto, las necesidades para las funciones de producción durante el periodo de pastoreo tendieron a ser superiores en las vacas con parto de primavera ($p=0.13$).

Los AEE durante este periodo fueron superiores en las vacas con parto de otoño ($p<0.001$), y su contribución al total anual fue del 43.5% frente al 42.1% que supuso en las vacas con parto de primavera ($p=0.13$). Aunque esta diferencia es escasa, hay que tener en cuenta que se definió un periodo de pastoreo inferior en las vacas con parto de otoño (158 vs 186 días), ya que el pastoreo de otoño previo al parto se consideró como estabulación por su escasa y variable duración, a pesar de ser una práctica constante todos los años. Al corresponder esta fase aproximadamente a un mes, la duración real del periodo de pastoreo habría sido muy similar en ambos manejos. Cuando la contribución del pasto a los AEE anuales se covarió por la duración del periodo de pastoreo las diferencias entre manejos incrementaron a favor de la paridera de otoño (46.1 vs. 39.0%, $p<0.001$).

En las vacas con parto de otoño, secas y gestantes durante toda la estación de pastoreo, el 17% de la energía obtenida se destinó a la recuperación de reservas corporales, mientras que esta proporción se redujo al 6% en las vacas con parto en primavera (Figura 52), que tuvieron que destinar un porcentaje importante de los AEE a la lactación (24%). En ambas situaciones productivas un alto porcentaje de los AEE se destinaron a cubrir las necesidades de mantenimiento (69 y 71% en las vacas con parto de otoño y primavera, respectivamente).

c) AEE en establo

Los aportes energéticos recibidos por las vacas con parto en otoño y primavera durante la internada se muestran en la Tabla 46.

Tabla 46: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en estabulación en vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y primavera, y reparto entre las diferentes funciones fisiológicas.

| Epoca de parto | Otoño | | Primavera | | Sign. |
|--------------------------|-------|------|-----------|------|-----------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| Duración estabulación, d | 213 | 2.6 | 187 | 3.8 | $p<0.001$ |
| AEE en establo, MJ EN | 10587 | 192 | 10281 | 252 | NS |
| - Nec. Producción | 10581 | 179 | 10077 | 173 | $p=0.053$ |
| Mantenimiento | 6938 | 111 | 7462 | 150 | $p<0.01$ |
| Lactación | 3455 | 95.6 | 2342 | 71.6 | $p<0.001$ |
| Gestación | 188 | 6.4 | 273 | 6.9 | $p<0.001$ |
| - Variación de reservas | 6 | 91.8 | 205 | 114 | NS |

Media aritmética y error standard

Las vacas con parto en primavera permanecieron gestantes durante más tiempo en esta fase (89 vs. 46 días), por lo que sus necesidades para el crecimiento fetal fueron superiores ($p<0.001$), y también lo fueron las de mantenimiento ($p<0.01$), por su mayor peso vivo debido a la gestación.

Los requerimientos para la producción de leche fueron superiores en las vacas con parto en otoño ($p<0.001$), tanto por su mayor producción como por permanecer lactantes durante más tiempo en establo (124 vs. 98 días). En su conjunto y para las producciones obtenidas, las necesidades globales para la producción en establo fueron superiores (+4,8%) en las vacas con parto de otoño ($p=0.053$).

El acúmulo de reservas fue muy variable en función de las distintas experiencias y planos de alimentación aplicados en el periodo de estudio, aunque se observó una tendencia ($p=0.17$) a que las vacas con parto de otoño mantuvieran su nivel de reservas durante la estabulación, mientras que las de parto en primavera presentaban una ganancia neta.

Durante el periodo de estabulación los AEE fueron similares en ambos manejos, aunque la distribución para las diferentes funciones fisiológicas fue diferente; mientras que en las vacas con parto de otoño destacan las necesidades de lactación, en las vacas con parto en primavera es la gestación la función prioritaria, conjuntamente con el acúmulo de reservas corporales necesario para compensar los escasos rendimientos obtenidos por estas vacas durante la estación de pastoreo.

6.2.3.3.- Distribución de los AEE recibidos de la dieta en función de la raza

a) AEE en el ciclo productivo

Los aportes energéticos recibidos de la dieta anual por las vacas de ambas razas se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) procedentes de la dieta anual en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las distintas funciones fisiológicas.

| Raza | Parda Alpina | | Pirenaica | | Sign. |
|--|--------------|-------|-----------|-------|-----------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| n | 123 | | 141 | | |
| Duración del ciclo productivo (IEP), d | 373 | 3.0 | 366 | 2.1 | $p<0.05$ |
| AEE en el ciclo productivo, MJ EN | 17467 | 226.9 | 16873 | 172.4 | $p<0.05$ |
| - Nec. Producción | 16830 | 173.1 | 16189 | 140.1 | $p<0.01$ |
| Mantenimiento | 12415 | 128.9 | 12308 | 103 | NS |
| Lactación | 4079 | 88.3 | 3568 | 72.3 | $p<0.001$ |
| Gestación | 336 | 4.3 | 313 | 3.9 | $p<0.001$ |
| - Variación de reservas | 637 | 105.6 | 685 | 84.5 | NS |

Media aritmética y error standard

Globalmente, las necesidades para las funciones de producción (mantenimiento, lactación y gestación) fueron superiores en las vacas de raza Parda Alpina ($p<0.01$).

Las necesidades para mantenimiento fueron similares en ambas razas, mientras que los requerimientos para la gestación fueron superiores en las vacas Pardas ($p < 0.001$), por el mayor peso de sus terneros al nacimiento (43.4 vs. 40.6 kg, $p < 0.001$).

Así mismo, las necesidades para la producción de leche fueron superiores en las vacas de raza Parda Alpina, en función de su mayor producción lechera durante toda la lactación (6.98 vs. 6.00 kg/día), lo que queda reflejado en la mayor ganancia media diaria de sus terneros y el mayor peso al destete (Tabla 39).

El acúmulo anual de reservas corporales fue similar en las dos razas, y sólo hubo una pequeña diferencia no significativa a favor de las vacas Pirenaicas.

Como se observa en la Tabla 47, los aportes estimados de EN necesarios a lo largo del ciclo de producción para alcanzar los rendimientos observados fueron superiores en las vacas de raza Parda Alpina ($p < 0.05$). Sin embargo, esta diferencia se debió principalmente a una duración ligeramente superior del ciclo productivo en las vacas de raza Parda, ya que su intervalo entre partos fue de 373 días frente a 366 en las Pirenaicas ($p < 0.05$). Al ajustar los AEE recibidos a 365 días, la diferencia entre razas se redujo sensiblemente y no fue significativa (17032 vs 16792 MJ EN, e.s.d. 199.7).

b) AEE en pastoreo

Los aportes energéticos recibidos por las vacas de ambas razas durante la estación de pastoreo se muestran en la Tabla 48.

Tabla 48: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en pastoreo en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas.

| Raza | Parda Alpina | | Pirenaica | | Sign. |
|-------------------------|--------------|------|-----------|------|-------------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| Duración pastoreo, d | 186 | 2.2 | 187 | 2 | NS |
| AEE en pastoreo, MJ EN | 7186 | 98.9 | 7167 | 75.3 | NS |
| - Nec. Producción | 6753 | 69.7 | 6589 | 58.1 | $p=0.07$ |
| Mantenimiento | 4953 | 61 | 5071 | 51.4 | NS |
| Lactación | 1737 | 22.3 | 1451 | 16.7 | $p < 0.001$ |
| Gestación | 63 | 4.2 | 67 | 3.6 | NS |
| - Variación de reservas | 432 | 72.3 | 578 | 72.3 | NS |

Media aritmética y error standard

La duración del periodo de pastoreo fue idéntica en ambas razas, y también lo fueron los AEE totales obtenidos del pasto (7186 vs. 7167 MJ EN, NS), aunque el reparto entre las distintas funciones fue diferente.

Las necesidades de mantenimiento fueron similares en las dos razas, mientras que las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de la energía a la producción de leche durante la estancia en puerto ($p < 0.001$) (Figura 52).

Los requerimientos para el crecimiento fetal fueron similares durante el pastoreo, coincidiendo con la primera mitad de la gestación.

En conjunto, los AEE para las funciones de producción tendieron a ser superiores en las vacas de raza Parda Alpina ($p = 0.07$), por su mayor producción lechera.

El acúmulo de reservas no fue significativamente diferente en esta fase, aunque se observó una tendencia a que fuese mayor en las vacas Pirenaicas ($p = 0.16$), debido principalmente a que durante el pastoreo en monte durante el otoño las vacas de raza Parda presentaron una mayor pérdida de peso (-162 vs. -89 g/día, $p < 0.05$) (Figura 46).

La contribución del pasto a los AEE recibidos anualmente de la dieta fue similar en ambas razas (42.1 vs. 42.8% en Pardas y Pirenaicas respectivamente, e.s.d. 0.9%, NS)

c) AEE en estabulación

Los aportes energéticos recibidos por las vacas de ambas razas durante la invernada se muestran en la Tabla 49.

Tabla 49: Aportes energéticos estimados (AEE, MJ EN) recibidos en estabulación en vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica con parto en primavera, y reparto entre las funciones fisiológicas.

| Raza | Parda Alpina | | Pirenaica | | Sign. |
|--------------------------|--------------|-------|-----------|-------|------------|
| | Media | e.s. | Media | e.s. | |
| Duración estabulación, d | 187 | 3.8 | 179 | 2.7 | $p = 0.06$ |
| AEE en establo, MJ EN | 10281 | 251.7 | 9706 | 153.6 | $p < 0.05$ |
| - Nec. Producción | 10077 | 173.1 | 9598 | 145.6 | $p < 0.05$ |
| Mantenimiento | 7462 | 149.7 | 7236 | 116.5 | NS |
| Lactación | 2342 | 71.6 | 2116 | 58.4 | $p < 0.05$ |
| Gestación | 273 | 6.9 | 246 | 5.8 | $p < 0.01$ |
| - Variación de reservas | 205 | 113.5 | 108 | 72.1 | NS |

Media aritmética y error standard

Durante la estabulación invernal, las necesidades de mantenimiento fueron similares en ambas razas.

Los requerimientos totales para el crecimiento fetal en establo fueron superiores en las vacas Pardas ($p < 0.01$), ya que parieron como media diez días más tarde. Sin embargo, incluso al covariar por la duración de la permanencia en establo antes del parto se observó una tendencia a que las necesidades de gestación fuesen superiores en esta raza (262 vs. 254 MJ EN, $p = 0.15$), en función del mayor peso de sus terneros al nacimiento.

Los requerimientos para la producción de leche fueron claramente superiores en las vacas de raza Parda Alpina ($p < 0.05$), por su mayor producción lechera (7.60 vs. 6.65 kg/día), con lo que a igualdad de AEE obtenidos de la dieta éstas hubieron de movilizar más reservas corporales para mantener la producción (-552 vs -369 MJ EN, $p < 0.05$), con mayor pérdida de peso (-23.1 vs. -15.4 kg, $p < 0.05$).

Sin embargo, la variación global de reservas durante la estabulación no fue diferente entre razas, porque aunque las vacas Pardas tuvieron una mayor movilización de reservas durante el postparto, también presentaron mayor ganancia en el periodo anterior al parto (757 vs. 476 MJ EN, $p < 0.001$), que se correspondió con incrementos de peso corporal de 31.6 vs. 19.8 kg respectivamente.

Finalmente en el periodo de estabulación los aportes globales de EN fueron superiores en las vacas de raza Parda Alpina ($p < 0.05$). Sin embargo, esto se debió a que la duración del periodo de estabulación tendió a ser superior para las vacas Pardas (187 vs. 179 días, $p = 0.06$). Esta diferencia no tuvo su origen en la fase de lactación en establo, desde el parto hasta la subida a puerto (98 vs. 100 días en Pardas y Pirenaicas respectivamente), sino en el periodo comprendido entre el inicio de la invernada en diciembre y el parto siguiente, cuya duración fue superior en las vacas Pardas (89 vs 79 días, $p < 0.01$) en función de un parto algo más tardío (23/3 vs. 13/3, e.s.d. 3.2 días, $p < 0.01$).

Al covariar los AEE recibidos en estabulación por los días de permanencia en establo las diferencias entre razas desaparecieron (10028 vs 9927 MJ EN, e.s.d. 223.9, NS). Es decir, que los aportes energéticos diarios medios recibidos por las vacas de ambas razas habrían sido idénticos, tanto durante el preparto (51.53 vs. 51.49 MJ EN/día, NS) como durante la lactación (56.78 vs. 56.61 MJ EN/día, NS) lo cual concuerda con el manejo real del rebaño, ya que las raciones efectivamente ofrecidas fueron iguales para las dos razas en todos los años controlados.

6.2.3.4.- Eficiencia biológica de la producción de terneros en función del manejo y de la raza

Los pesos de los terneros al nacimiento y al destete, así como sus ganancias y la relación entre el peso de los terneros y los AEE recibidos por las madres a lo largo del ciclo y durante el periodo de estabulación se presentan en la Tabla 50.

Tabla 50: Pesos y ganancias de los terneros y eficiencia biológica de su producción en función de la época de parto y de la raza.

| Epoca de parto Raza | Otoño | | Primavera | | Primavera | | Sign. | |
|-----------------------------------|--------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|-------|---------|
| | Parda Alpina | | Parda Alpina | | Pirenaica | | Epoca | Raza |
| | Media | e.s. | Media | e.s. | Media | e.s. | | |
| Peso nacimiento, kg | 43.1 | 0.44 | 43.5 | 0.61 | 40.8 | 0.46 | NS | *** |
| Peso destete, kg | 158.8 | 3.36 | 199.6 | 3.31 | 182.6 | 2.60 | *** | *** |
| Días de lactación | 123.6 | 2.45 | 185.8 | 1.92 | 188.5 | 1.63 | *** | NS |
| GMD, kg | 0.921 | 0.013 | 0.842 | 0.014 | 0.754 | 0.013 | *** | *** |
| MJ EN ciclo productivo/kg destete | 122.5 | 2.22 | 89.6 | 1.92 | 94.5 | 1.74 | *** | p=0.058 |
| MJ EN establo/kg destete | 68.8 | 1.17 | 52.6 | 1.75 | 54.7 | 1.25 | *** | NS |

Media aritmética y error standard

La eficiencia biológica fue proporcional a la producción lechera en todos los tipos de animales, con lo que las vacas con mayor producción requirieron menos AEE anuales por kg de ternero al destete. La correlación en los partos de otoño fue $r = -0.51$, y en los de primavera, $r = -0.69$ en las vacas Pardas y $r = -0.37$ en las Pirenaicas ($p < 0.001$ en todos los casos).

El coste energético de la producción de terneros no presentó relación con el peso de la madre en las vacas Pardas, mientras en las de raza Pirenaica los AEE recibidos durante el ciclo por kg de ternero fueron superiores en las vacas de mayor peso ($r = +0.35$, $p < 0.001$), que por tanto serían menos eficientes.

a) Eficiencia biológica en función de la época de parto

El peso de los terneros Pardos al nacimiento fue similar en ambas épocas de parto. Posteriormente, los nacidos en otoño presentaron mayores crecimientos durante la lactación ($p < 0.001$), pero en función de la menor duración de ésta sus pesos al destete fueron inferiores a los observados en los terneros nacidos en primavera ($p < 0.001$).

Tanto los AEE totales como los recibidos en estabulación en relación al peso del ternero al destete fueron superiores en las vacas con parto en otoño ($p < 0.001$).

b) Eficiencia biológica en función de la raza

En el conjunto de terneros nacidos en primavera, los de raza Parda Alpina presentaron mayores pesos tanto al nacimiento como al destete, y mayores crecimientos durante el periodo de lactación ($p < 0.001$). La eficiencia biológica de su producción en términos de AEE recibidos durante el ciclo productivo completo fue superior en el caso de las vacas de raza Parda Alpina, con menores AEE por kg de ternero al destete ($p = 0.058$), ya que la diferencia de peso al destete fue proporcionalmente superior a la diferencia en AEE anuales observada entre razas. Al considerar únicamente los AEE recibidos durante el periodo de estabulación, las eficiencias de ambas razas se aproximaron, y únicamente se observó una ligera superioridad en la eficiencia biológica (+3.6%, NS) a favor de las vacas de raza Parda.

6.3.- DISCUSIÓN

6.3.1.- CONSIDERACIONES SOBRE LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA MEDIDA DE LOS RENDIMIENTOS EN PASTOREO Y LA ESTIMACIÓN DE LOS AEE

6.3.1.1.- Medida de las variaciones de peso

En esta Memoria se han estimado los cambios de peso debidos exclusivamente a variaciones de masa corporal de las vacas, realizando correcciones para tener en cuenta el peso del útero grávido y la variación de contenido digestivo a la salida al pasto.

A pesar del esfuerzo en la precisión de los registros de peso, podría ocurrir que las variaciones de peso corporal estimadas a partir de los pesos así corregidos no fueran exactas, debido a fluctuaciones en el contenido digestivo o a productos de la gestación no estimados.

Con respecto a las variaciones de contenido digestivo, se consideró una pérdida inicial a la salida al pasto equivalente al 6% del peso vivo, (INRA, 1978). Según Petit et al. (1992) la proporción del contenido digestivo sobre el peso vivo de la vaca pasaría de un 20% en dietas de heno de baja calidad a un 13% en hierba joven. Esta cifra es similar a los resultados obtenidos en nuestras condiciones al pesar a los animales a las dos semanas de la salida al pasto (7.5% en Revilla et al., 1995; 6.1% en Casasús et al., 1997b). No obstante, el 6% de referencia se trata de una cifra media, ya que la magnitud de esta variación puede depender de la raza, el orden de parto y el nivel de ingestión previo (D'Hour et al., 1995).

En nuestro caso y en relación a posibles distorsiones que pudieran enmascarar las comparaciones entre razas hay que indicar que, en función de la similitud existente entre los pesos y la capacidad de ingestión de las razas con que hemos trabajado y el nivel de alimentación recibido durante la invernada, la corrección realizada afectaría en la misma medida tanto a las vacas Pardas como a las Pirenaicas.

Por otra parte, ante la imposibilidad de medirlo, no se tuvo en cuenta el incremento de contenido digestivo a lo largo de la estación de pastoreo, con lo que éste ha quedado incluido como ganancia de reservas. Agabriel y Petit (1987) estimaron que este incremento podía suponer aproximadamente 15 kg durante la estación de pastoreo. Posteriormente y mediante vaciado del contenido ruminal, Agabriel et al. (1993a) determinaron que este incremento podía suponer hasta el 25% del peso vivo ganado durante el periodo de pastoreo.

En nuestras condiciones experimentales podría haber ocurrido que, al ser diferente el orden de utilización de las distintas superficies pastables en función de la época de parto, el contenido digestivo de las vacas de las dos parideras en el momento de la estabulación no fuese similar.

Tampoco se estimaron las diferencias en contenido digestivo debidas a los diferentes planos alimenticios durante la estabulación, fruto de las diversas experiencias desarrolladas en los distintos años. Agabriel y Petit (1987) estiman que la variación de peso vivo ligada a alteraciones en el contenido digestivo por cambios de dieta es de 6 kg por cada kg de incremento en la MS ingerida. Sin embargo, los cambios en uno y otro sentido podrían compensarse de alguna manera por el elevado número de animales repartidos en un periodo de 8 años, por lo que hubo representación de planos alimenticios muy diversos.

Por otra parte, la ganancia de peso en el periodo anterior al parto podría estar sobrestimada. Aunque para minimizar errores se ha utilizado como peso al parto la media entre éste y el obtenido una semana después, la involución uterina no se vería completada hasta al menos un mes después del parto (Wiltbank et al., 1964), y puede suponer aproximadamente 6-7 kg extra en el momento del parto (Chilliard et al., 1987).

Ante estas consideraciones cabría pensar que el peso vivo no es un indicador fiable del estado nutricional de las vacas, ya que depende de múltiples factores debidos al estado fisiológico, a los planos alimenticios o incluso al formato del animal y su grado de desarrollo. Es cierto que hay otros indicadores del estado de reservas, de los cuales destaca por su fácil medida la determinación de la condición corporal por palpación de los depósitos adiposos subcutáneos en diferentes áreas del cuerpo (Lowman et al., 1976; Agabriel et al., 1986).

En la totalidad de los animales incluidos en este trabajo se determinó la condición corporal en diversos momentos del ciclo anual. Sin embargo, a pesar de que este método se considera repetible y reproducible (Agabriel et al., 1986), no deja de ser una estimación subjetiva. De ello se deduce la dificultad de mantener medidas homogéneas y comparables cuando los datos se han tomado en un periodo de 8 años y por distintos controladores.

Además, Wright y Russel (1984a) hallaron diferencias raciales entre el reparto de la grasa en los principales depósitos corporales, de forma que los genotipos más lecheros presentaban mayores acúmulos intraabdominales y a igual cantidad de grasa corporal presentaban puntuaciones de condición corporal inferiores, por lo que cabría preguntarse si la utilización de los mismos baremos para estimar los cambios energéticos asociados a variaciones de CC en las dos razas estudiadas sería correcta.

En otros trabajos realizados por nuestro equipo se ha evidenciado la alta relación existente entre la condición corporal de los animales y su peso vivo (Blasco, 1991; San Juan, 1993), fruto de la homogeneidad en formato de los animales existentes en la explotación.

Sin embargo, esto no invalida el valor de la nota de estado corporal como indicador técnico para las decisiones de manejo a nivel de explotación. Este puede ser un buen indicador para el ganadero del estado nutricional de los animales, en función del cual han de plantearse las estrategias a seguir en la alimentación del ganado a lo largo del año.

6.3.1.2.- Estimación de los AEE

El método elegido para el cálculo de los aportes energéticos obtenidos de la dieta puede originar sesgos sistemáticos, que podrían hacer cuestionable la magnitud o la validez de los valores absolutos calculados. La precisión de estas estimas depende tanto de la calidad de la predicción de las necesidades, como de la exactitud en la medida de los rendimientos (Baker, 1982).

a) Cálculo de las necesidades

Las diferentes ecuaciones utilizadas para el cálculo de las necesidades energéticas fueron obtenidas en condiciones experimentales y podrían ser solamente válidas si las condiciones originales se repitieran. De hecho se ha comprobado que existen más factores de los aquí considerados que pueden afectar a las necesidades de los animales.

En cuanto a las necesidades de mantenimiento, parece que éstas pueden estar influidas por la composición corporal. Así, Russel y Wright (1983) hallaron en vacas secas y vacías que las necesidades de mantenimiento por kg de peso metabólico eran inferiores en los animales de mayor condición corporal, y Lemenager et al. (1980) citan la misma tendencia tanto en vacas gestantes como en lactación.

Thompson et al. (1983) encontraron que los animales con mayores acúmulos de grasa subcutánea presentaban menores necesidades de mantenimiento durante el invierno, ya que éstos actuaban como aislante natural evitando la pérdida de calor. También Ferrell y Jenkins (1984a) describen mayores necesidades en vacas de condición corporal baja, mientras que Ortigues et al. (1993) no hallaron ninguna diferencia entre vacas de distinto estado corporal.

El plano de alimentación también podría afectar al gasto energético de mantenimiento, y así se describen reducciones en éste como adaptación a la subnutrición (Ortigues, 1991; Agabriel et al., 1995).

También se han hallado diferencias en las necesidades de mantenimiento entre animales de distintas razas debidas al nivel de producción lechera, en el sentido de que las vacas con mayor potencial productivo presentaban necesidades superiores por kg de peso metabólico (Taylor et al., 1986b), diferencias que se manifestaban incluso cuando las vacas estaban secas (Ferrell y Jenkins, 1984b).

Montaño-Bermúdez et al. (1990) describen esta relación tanto en gestación como en lactación. Sin embargo, en sus datos comparan tres tipos de vacas, con producciones de leche de 8.5, 9.6 y 10.5 kg/día respectivamente, y sólo encuentran diferencias en las necesidades de mantenimiento de las primeras (133 kcal EM/kg PV^{0.75}) frente a las dos últimas (152 y 147 kcal

EM/kg PV^{0.75}), que fueron similares entre sí. En su caso el nivel de producción lechera sólo explicó el 23% de la variación en las necesidades de mantenimiento y por ello apuntan que puede haber importantes diferencias raciales no relacionadas con la producción de leche, sino con otros aspectos como con la termorregulación o el comportamiento. Por el contrario, en otros trabajos (Neville, 1974; Petit y Micol, 1981) se cita que las necesidades de las razas de carne durante la lactación son superiores a las descritas para vacas de leche.

No se dispone de datos específicos referentes a las necesidades de mantenimiento de las razas utilizadas por nosotros. Sin embargo, en experiencias en que vacas secas de las dos razas recibían raciones de ingestión similares, no se han observado diferencias en sus rendimientos, lo que haría pensar que el gasto de mantenimiento era similar (p.e. ensayo b.1 del apartado 4 de esta Memoria).

El estado fisiológico también puede afectar a las necesidades de mantenimiento, y dentro del mismo tipo de animales las vacas lactantes presentarían mayores necesidades que las secas, por su mayor actividad metabólica: Montañó-Bermúdez et al. (1990) describen necesidades inferiores en un 18% en las vacas gestantes frente a las lactantes, aunque la diferencia alcanza hasta 30-38% en otros trabajos (Neville y McCallough, 1969; Neville, 1974).

Podría haber por tanto diferencias entre las vacas de raza Parda Alpina y las Pirenaicas o entre los distintos estados fisiológicos que no se reflejen en los resultados, ya que a falta de datos específicos para estas razas y en nuestras condiciones se consideró que sus necesidades de mantenimiento eran similares.

Por todo ello, aunque los coeficientes utilizados en las ecuaciones son generales, se calcularon con animales y razas específicas, y podría ocurrir que fuera necesario reparametrizarlas al cambiar el tipo de animales a los que se aplican.

También es difícil calcular aspectos como los incrementos de necesidades debidos a la actividad en pastoreo. Además de la dificultad de la medida en la práctica del gasto energético por actividad, cuando la mayoría de los trabajos se han realizado en cámaras metabólicas (A.R.C., 1980; Prieto, 1991), los datos aquí utilizados son medias obtenidas en experiencias puntuales. Habría que tener en cuenta la gran variabilidad en el comportamiento animal, sobre todo teniendo en cuenta que las condiciones en los distintos años serían diferentes.

No se calcularon tampoco los incrementos en las necesidades debidos a las condiciones meteorológicas. Baker (1982) cita que pueden suponer hasta un 8% del total en condiciones invernales muy severas.

En nuestras condiciones los animales pastaron entre la primavera y el otoño, por lo que el gasto energético debido al clima no se tuvo en cuenta. En cualquier caso, Bruce et al. (1984) afirman que la demanda extra de energía supone una proporción muy pequeña en el cómputo

total, que sólo se manifiesta fuera del intervalo termoneuro y con muy escaso efecto cuando el nivel de alimentación es adecuado.

Es posible que las condiciones meteorológicas particulares presentasen su efecto más que sobre las necesidades de los animales, sobre su comportamiento, de forma que en condiciones de estrés climático puntual el tiempo de pastoreo y la ingestión podrían verse reducidos (Malechek y Smith, 1976; Adams et al., 1986). Sin embargo, al estar los animales habituados a condiciones climáticas desfavorables, las consecuencias del estrés térmico podrían ser menos notables (Dunn et al., 1988; Beverlin et al., 1989).

En cualquier caso, incluso en las condiciones del invierno sueco no se han observado efectos negativos sobre los rendimientos ni el bienestar de animales que permanecieron al aire libre durante toda la invernada (Redbo et al., 1996), por lo que probablemente el efecto de las condiciones ambientales en nuestro trabajo podría considerarse limitado.

b) Medida de los rendimientos

Ya se han comentado las posibles limitaciones de la estimación de las variaciones de peso durante el periodo de pastoreo. Además de esto, el contenido energético de las variaciones de peso vivo es muy variable en función tanto del tipo de animal como del nivel de alimentación previo.

Aunque el valor utilizado se considera válido como cifra media (Chigaru y Topps, 1981), el rango de variación puede oscilar entre 12.9 y 39.3 MJ EN/kg (revisión de Chilliard et al., 1987). Sin embargo, puede tomar también valores negativos, como en el caso de que se reemplace la grasa por agua o proteínas cuando el animal pierde reservas pero gana peso (Chilliard et al., 1987).

Elston y Glasbey (1991) hallaron que la variabilidad individual en la composición y contenido energético de las ganancias originaba diferencias importantes entre las ganancias de peso reales y las predichas aplicando el modelo energético del A.R.C. (1980) a animales en crecimiento.

Con respecto a la producción lechera, cabe destacar que las estimaciones realizadas a partir de los crecimientos de los terneros durante la estabulación son similares a los resultados obtenidos en La Garcipollera por ordeño (según Le Du et al., 1979b) y doble pesada del ternero (según Le Neindre et al., 1973) durante 6 años (7.82 kg en Pardas y 6.64 en las Pirenaicas, $p < 0.001$) (Blasco, 1991; San Juan, 1993; Casasús et al., 1996b; Villalba et al., 1997b).

Métodos similares al utilizado por nosotros para la estimación de los AEE, a pesar de sus potenciales inexactitudes, se han mostrado útiles para realizar comparaciones relativas de ingestión de hierba y contribución del pasto a los aportes recibidos por los animales (Baker,

1982). En el mismo sentido, un modelo determinístico del reparto de la energía de la dieta en vacas gestantes y lactantes (Bruce et al., 1984) ha resultado explicativo a posteriori de los rendimientos efectivamente obtenidos por los animales (Broadbent et al., 1984), aunque estos autores también encuentran limitaciones al modelo similares a las arriba descritas.

En conclusión, aunque pudiera haber un cierto sesgo en los valores absolutos estimados, el objetivo de este trabajo fue la comparación entre los distintos tipos de animales de los rendimientos obtenidos durante la estación de pastoreo, los aportes de energía recibidos y su distribución entre las diferentes funciones fisiológicas. Al utilizar las mismas premisas y ecuaciones en todos los tipos de animales, cabe esperar que las relaciones proporcionales no se hayan visto modificadas y resulten comparables.

6.3.2.- DURACIÓN DE LOS CICLOS PRODUCTIVOS

Para la estimación de los AEE recibidos de la dieta anualmente se consideró el periodo completo entre los dos partos consecutivos, por lo que los intervalos entre partos (IEP) hallados fueron en todos los casos compatibles con el objetivo teórico óptimo de obtener un parto al año.

Por otra parte, el IEP está muy influenciado por variables de manejo y por características individuales de los sementales utilizados. Además, en condiciones extensivas la reproducción se encuentra limitada no sólo por aspectos biológicos y fisiológicos, sino incluso por otros de más difícil control, como la geografía (Williams, 1990) o el azar, condicionante fundamental del éxito de las cubriciones en puertos de gran extensión.

La similitud encontrada entre los IEPs en las vacas Pardas de ambas épocas de paridera concuerda con lo citado por Revilla (1997) al analizar la duración del anestro postparto sobre una muestra de 363 vacas de "La Garcipollera", hallando una duración similar en vacas con parto en primavera y en otoño (34 vs. 41 días, NS).

Sin embargo, la diferencia media de 7 días encontrada entre los IEP de las vacas de raza Parda Alpina y las Pirenaicas con partos en primavera no se corresponde con los resultados presentados por este autor, que no observó diferencias en la duración del periodo anéstrico debidas a la raza (40 vs. 44 días en las vacas Pardas y Pirenaicas respectivamente), constatando resultados anteriores obtenidos con las mismas razas y en condiciones similares de explotación (Blasco, 1991; San Juan, 1993).

Esta discordancia podría deberse, en primer lugar, a que el parámetro analizado no fue el mismo: mientras la duración del anestro postparto refleja únicamente aspectos relacionados con la capacidad reproductiva potencial de la vaca, en el IEP influyen, como se ha comentado,

múltiples factores ligados al manejo, al toro o al medio de explotación. Por otra parte, los animales cuyos datos se analizaron tampoco fueron exactamente los mismos, ya que en ambos casos se trató sólo de una muestra del total de animales presentes en la explotación en los 9 años considerados.

La mayor duración del ciclo de las vacas Pardas en nuestros datos se debe, fundamentalmente, a las diferencias encontradas en las vacas de 2º parto (n=61). En esta categoría las vacas Pardas presentaron IEPs más prolongados que las Pirenaicas (386 vs. 363 días, e.s.d.=7.3, $p<0.05$), debido probablemente a su menor peso al parto (527 vs. 565 kg, e.s.d.=13.9, $p<0.01$), diferencia que se originaría por su menor edad al primer parto (2,5 años en las Pardas y 3 años en las Pirenaicas). Estas condiciones de manejo diferenciadas motivarían las fuertes pérdidas de peso experimentadas por las primíparas Pardas durante el periodo de pastoreo en el otoño, en la primera mitad de la gestación (-270 g/día), mientras que las primíparas Pirenaicas mantenían su peso en esta fase.

Por el contrario, en el resto de las vacas tanto el peso al parto como la duración del IEP fueron similares en ambas razas (371 vs 368 días de IEP, e.s.d.=4.1, NS; y 583 vs. 588 kg de peso al parto, e.s.d.=6.8, NS, Pardas y Pirenaicas respectivamente).

Los menores rendimientos reproductivos de las vacas de raza Parda Alpina de 2º parto con respecto a vacas adultas (4º y 5º parto) habían sido observados por San Juan (1993). También coinciden con las observaciones de Garel et al. (1988) en hembras de raza Salers. Por el contrario, cuando los niveles de alimentación no son limitantes, estas diferencias pueden llegar a desaparecer, al igual que las vinculadas a una edad precoz al primer parto (Revilla et al., 1989; Revilla y Blasco, 1991).

En las vacas de raza Parda Alpina se observó una correlación negativa entre el peso al parto y la duración del IEP ($r=-0.22$, $p<0.05$), mientras que en las Pirenaicas esta relación no fue significativa. De hecho, al analizar los datos de 655 ciclos anuales de vacas con parto en primavera de la estación de "La Garcipollera", se observó una tendencia a que las vacas que no repitieron parto en los dos años consecutivos presentasen menores pesos al parto (545 vs. 556, s.e.d.=5.6, $p<0.05$) y al destete (526 vs. 543 kg, e.s.d.=4.8, $p<0.001$), que las que sí cumplieron esta condición, tendencia ya observada por Blasco (1991) y San Juan (1993).

La relación entre el peso al parto y la reactivación ovárica también había sido observada en otros trabajos (Peters y Riley, 1982). Sin embargo, en general se describe que la duración del anestro postparto está más relacionada con el estado corporal en el momento del parto que con el peso (Osoro, 1986; Wright et al., 1987), aunque la relación no es lineal y es más estrecha a niveles bajos de condición corporal (Osoro y Wright, 1991). Por eso generalmente se establecen objetivos de condición corporal mínima en el momento del parto que permitan

asegurar una reactivación ovárica temprana (Richards et al., 1986; Randel, 1990; Roche y Diskin, 1994).

Además, en el caso de las vacas Pardas, las que no repitieron parto tuvieron producciones de leche durante la fase de estabulación inferiores a las que presentaron una mayor eficiencia reproductiva (6.9 vs. 8.3 kg PLS/día, s.e.d.=0.34, $p<0.001$). En el mismo sentido, Blasco (1991) halló una correlación negativa entre la producción lechera de las vacas de raza Parda Alpina y la duración del anestro postparto ($r=-0.20$, $p<0.05$), y consideró que ésta era un reflejo de la relación entre la producción de leche y el peso al parto, éste último altamente correlacionado con la reactivación ovárica ($r=-0.34$, $p<0.001$).

Estos resultados contrastan con el habitualmente descrito efecto depresor de la producción lechera sobre los rendimientos reproductivos (Bartle et al., 1984; Osoro, 1986). Sin embargo, como describen Osoro (1986) y Revilla y Blasco (1991), es posible que las relaciones entre la producción lechera, la movilización de reservas y los parámetros reproductivos no se establezcan de la misma manera en todas las razas.

6.3.3.- EFECTO DEL NIVEL NUTRICIONAL PREVIO SOBRE LOS RENDIMIENTOS EN PASTOREO

A lo largo de la estación de pastoreo se ha observado, en las dos razas, épocas y órdenes de parto, una compensación de las variaciones de peso realizadas durante la estabulación.

Considerando tanto a las vacas primíparas como a las multíparas, en la paridera de otoño la pérdida media de peso en lactación fue de 24 kg, y las ganancias en pastoreo fueron de 52 kg ($r= -0.40$).

En primavera, la correlación fue menor ($r= -0.21$), y la compensación fue ligeramente superior en las vacas de raza Pirenaica ($r= -0.27$, con 18.5 kg de recuperación frente a 12.5 kg de pérdida durante la lactación en establo) que en las de raza Parda Alpina ($r= -0.22$, 7.6 kg recuperados en pasto de los 20.7 kg perdidos), diferencia que podría deberse, en parte, a la diferente producción lechera de ambas razas, tanto en establo como en pastoreo.

En nuestras condiciones el grado de compensación durante el pastoreo de cada kg perdido durante la fase de lactación en establo fue de 0.39 kg en las vacas con paridera de otoño y 0.20 kg en las de primavera, en ambos casos inferiores a los 0.49 kg observados por D'Hour et al. (1995).

La compensación en mayor o menor grado durante la estación de pastoreo de los rendimientos observados durante la fase de estabulación se encuentra ampliamente descrita en la bibliografía (Hodgson et al., 1980; Baker et al., 1982a; Petit et al., 1995b). Las mayores

ganancias observadas en las vacas previamente subnutridas pueden deberse a diversos factores.

En primer lugar, la capacidad de ingestión parece estar incrementada en los animales que han sufrido una cierta restricción alimenticia (Allden, 1970; O'Donovan, 1984; Ryan, 1990).

La ingestión puede verse reducida en las vacas de mayor condición corporal, bien por la limitación física que suponen los depósitos grasos de la cavidad abdominal (Bines et al., 1969), por regulación metabólica (Ketelaars y Tolkamp, 1992) o por un menor tamaño del rumen en relación al peso vivo (Nutt et al., 1980).

Este fenómeno se ha observado tanto en animales en estabulación (Casasús et al., 1997b) como en pastoreo (Adams et al., 1987; Agabriel et al., 1993b; Grings et al., 1996).

En pastoreo, la diferencia puede venir dada por un comportamiento diferente (Ferrer y Petit, 1995), y así Thénard (1993) y Revilla et al. (1995) describen que durante el pastoreo de primavera en áreas forestales el tiempo de pastoreo diario fue superior en vacas subnutridas durante el invierno que en las alimentadas según sus necesidades.

Sin embargo, hay que destacar que durante la fase de alimentación no restrictiva de los animales previamente subnutridos, la mayor ganancia de peso observada puede deberse en parte al incremento de contenido digestivo debido al mayor plano de ingestión (Ryan, 1990).

Por otra parte, los animales subnutridos pueden adaptarse al déficit energético por una reducción de sus necesidades de mantenimiento (Ortigues, 1991; Agabriel et al., 1995), por lo que incluso a igual capacidad de ingestión, dispondrían de una mayor proporción de energía para la ganancia de peso (Ryan, 1990).

En cualquier caso, la ventaja depende del tiempo de persistencia de esta reducción durante la fase de alimentación no restrictiva, que no suele ser muy largo, ya que los animales se adaptan a corto plazo a la nueva dieta (Allden, 1970).

Finalmente, el contenido energético de la ganancia de peso en los animales de menor estado corporal parece ser inferior que en los que se encuentran más engrasados (Wright y Russel, 1984b; Robelin, 1986). Esto se debe a que los distintos componentes se movilizan de forma jerárquica: en primer lugar se movilizan principalmente lípidos y después proteínas y agua. Durante la recuperación, el orden es inverso, por lo que los animales más subnutridos ganan principalmente el agua y las proteínas movilizadas y en menor proporción, los lípidos (Agabriel et al., 1993b; Chigaru y Topps, 1981), con lo que la energía necesaria para la ganancia de peso es menor en estos animales.

6.3.4.- EFECTO DEL ORDEN DE PARTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS EN PASTOREO

Las ganancias de peso experimentadas durante la estación de pastoreo fueron inferiores en las vacas primíparas frente a las múltiparas, con una diferencia media de 17 kg considerando las dos razas y épocas de partos.

Los menores rendimientos obtenidos por las primíparas se encuentran en plena concordancia con las referencias en la literatura, y pueden deberse a diversos factores.

En primer lugar, la capacidad de ingestión de las vacas primíparas es inferior a las de mayor edad, ya que incluso con igual peso y nivel de producción las primíparas presentarían una ingestión aproximadamente un 8-12% inferior (Faverdin et al., 1997). En el mismo sentido, Petit et al. (1992) citan que tanto en gestación como en lactación la capacidad de ingestión de las primíparas sería inferior en un 20%, y sólo la mitad de la diferencia se explicaría por su menor peso y producción de leche, mientras que el resto se debería al menor grado de desarrollo de los compartimentos digestivos.

Por otra parte, tanto las necesidades de mantenimiento como la capacidad de ingestión crecen de forma exponencial con el peso vivo, pero mientras las primeras lo hacen con un exponente de 0.75 (A.R.C., 1980), la capacidad de ingestión es proporcional a $PV^{0.9}$, tanto en estabulación (Agabriel et al., 1987a) como en pastoreo (Ferrer et al., 1996). Es decir, que los animales de mayor peso, en este caso debido a la edad, mantendrían niveles de ingestión no sólo mayores en términos absolutos, sino también en relación a sus necesidades de mantenimiento, con lo que la energía que podría destinarse a la producción o ganancia de peso sería superior.

Por el tipo de recría seguido en la explotación (en estabulación y praderas de regadío, desde el destete hasta el primer parto) las vacas primíparas podrían haberse visto limitadas por su inexperiencia en los nuevos entornos de pastoreo. En nuestras condiciones, sólo las terneras nacidas en primavera habrían pastado en los puertos durante su primer verano de vida, mientras que el primer contacto con los pastos forestales se realizó en todos los casos tras la primera lactación.

Los herbívoros pueden aprender los hábitos alimenticios de sus madres hasta el destete, y el aprendizaje realizado durante este periodo tiende a ser persistente. Posteriormente como adultos se encuentran menos influenciados por sus compañeros de rebaño, y expuestos a condiciones nuevas pueden invertir mucho más tiempo en pastar aunque obtengan menor beneficio que otros animales habituados al pasto (revisión de Provenza y Balph, 1988).

Diversas comparaciones realizadas en áreas boscosas ("rangelands") de Montana (E.E.U.U.) han revelado diferencias en la capacidad de uso de estas zonas por animales de distinta edad. Aunque el tiempo de pastoreo de las vacas jóvenes fue en unos casos menor (Adams et al., 1986) y en otros mayor (Dunn et al., 1988) que el de las vacas de mayor edad, en ambos

casos la diferencia se atribuye a la inexperiencia de las vacas jóvenes en estas zonas. Beaver y Olson (1997) observaron que durante el pastoreo de invierno las vacas de 3 años eran menos eficientes en el uso del pasto y la búsqueda de áreas más protegidas de la intemperie que las vacas de 7 a 8 años, y al sufrir más las condiciones adversas del clima, presentaron mayores pérdidas de peso y de reservas corporales.

Finalmente, durante la estación de pastoreo las vacas primíparas podrían haber sido más sensibles que las vacas adultas a la escasez de aportes energéticos en momentos determinados, en lactación o durante la fase de gestación (Hight et al., 1968; Bellows y Short, 1978).

En las zonas de montaña del Macizo Central Francés, Garel et al. (1988) describen que la menor capacidad de ingestión de las vacas primíparas, unido a una producción lechera que en algunas razas puede ser importante y a la corta duración del periodo de pastoreo en montaña, puede suponer para estos animales un cúmulo de dificultades que tendrían como consecuencia unos bajos rendimientos productivos y reproductivos en el segundo parto, al presentar un peor estado corporal al parto.

En nuestro caso, las vacas Pardas de segundo parto también presentaron rendimientos reproductivos muy inferiores a los de las vacas de mayor edad. Esto puede deberse a un distinto orden de prioridad de las funciones fisiológicas: en las vacas adultas se cubrirían por este orden las necesidades de mantenimiento y actividad, crecimiento fetal, lactación, reproducción y recuperación de reservas (Short et al., 1990), pero en las primíparas las necesidades de crecimiento serían prioritarias a la reproducción (Jarrige, 1974).

En las vacas de paridera de primavera se observó una interacción entre la raza y la edad en los rendimientos en pastoreo, de forma que las primíparas de raza Pirenaica presentaron ganancias superiores a las de raza Parda Alpina. Hay que destacar que en función de su distinta precocidad sexual (Olleta et al., 1991) y del manejo reproductivo seguido, la edad de las primíparas de ambas razas era diferente: mientras las vacas Pardas parieron por primera vez a los 2.5 años con 520 kg de peso, las Pirenaicas lo hicieron a los 3 años con un peso al parto de 539 kg. Esta diferencia de edad podría haber supuesto un distinto grado de madurez entre ellas, ya que su peso adulto es similar.

Las ganancias observadas durante la lactación en verano fueron similares en ambas razas (+135 vs. +105 g/día, Pirenaicas y Pardas respectivamente). Esto contrasta con lo observado por D'Hour et al. (1995) al comparar los rendimientos en pastoreo de vacas primíparas de distinta aptitud lechera, ya que en su caso las primíparas de raza Limousine tuvieron ganancias en pastoreo superiores a las de vacas Salers, en función de su menor producción de leche.

Aunque sería más lógico que los efectos sobre los rendimientos de la edad al primer parto (Petit, 1974) o la raza (D'Hour et al., 1995) se presentasen durante la lactación, por la mayor

demanda energética, podría ser que durante la fase de lactación en puerto las primíparas Pardas hubieran sido capaces de compensar su mayor producción lechera con una mayor ingestión, ya que las únicas diferencias en capacidad de ingestión entre estas dos razas se han observado en lactación, como se ha explicado en el apartado 4 de esta Memoria.

También podría ser que ante la escasa calidad de la hierba en puerto las primíparas Pardas hubieran reducido su producción de leche a niveles similares a los de las Pirenaicas. De hecho los crecimientos de sus terneros no fueron muy diferentes (863 vs. 818 g/día). Sin embargo, lo más probable es que la producción de leche hubiera sido diferente pero los terneros de las primíparas Pirenaicas hubiesen compensado el menor aporte de leche con un mayor consumo de hierba (Baker et al., 1976; Boggs et al., 1980; Wright y Russel, 1987), como puede deducirse de los datos aportados en esta Memoria durante el pastoreo de primavera en praderas de fondo de valle.

Los diferentes rendimientos en pastoreo observados en las primíparas de ambas razas se debieron fundamentalmente a la fase de pastoreo en áreas boscosas durante el otoño (-7 vs. -270 g/día), y en parte podrían achacarse al desequilibrio de los datos analizados, por el distinto número de primíparas de cada raza presentes cada año.

También podrían jugar un papel posibles diferencias en el grado de madurez de los animales, por su distinta edad. Finalmente, aunque en esta fase la gestación todavía no era muy avanzada, las primíparas Pardas podrían haber tenido mayores necesidades energéticas para la gestación, puesto que sus terneros fueron más pesados al nacimiento: 41.6 vs. 37.7 kg ($p < 0.05$).

El progresivo desarrollo de los animales durante las primeras lactaciones debería llevar a las vacas a alcanzar su peso adulto hacia la 4ª lactación: en las condiciones de explotación del Macizo Central francés una vaca Charolesa ha de ganar 100 kg entre el primer y el cuarto parto, la mitad de los cuales se ganan entre el 1º y el 2º parto y fundamentalmente durante el periodo de pastoreo (Jarrige, 1974).

En nuestro caso, la ganancia de peso entre el primer y segundo parto fue sólo de 17 kg en la paridera de otoño y prácticamente nula en la paridera de primavera en ambas razas. A pesar de que las pérdidas de peso durante la fase de lactación en establo fueron más moderadas que las de las múltiparas, tanto en otoño (-0.039 vs. -0.185 kg/día) como en primavera (-0.111 vs. -0.202 kg/día), la escasa ganancia de peso durante la estación de pastoreo hace evidente que el objetivo de ganar 50 kg durante el primer ciclo de producción es difícilmente alcanzable en un medio como el de la montaña Pirenaica. Candotti (1989) ya evidenció que, en condiciones de restricción alimenticia prolongada a lo largo de los años, característica de la dehesa extremeña pero también de la montaña, el ritmo de maduración de las vacas se ve notablemente retrasado, alcanzándose los pesos adultos a elevadas edades.

En condiciones de escasez forrajera sería aconsejable manejar a las primíparas de forma diferente al resto del rebaño, para no penalizar sus rendimientos.

Durante la estabulación debería limitarse su movilización de reservas durante la lactación, mediante una dieta de mayor calidad. En la estación de pastoreo y en función de la disponibilidad de hierba podría adelantarse la fecha del destete o reducir el periodo de pastoreo en las épocas más restrictivas, p.e. adelantando la fecha de estabulación invernal de las vacas en su segunda gestación.

6.3.5.- EFECTO DE LA ÉPOCA DE PARTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS EN PASTOREO Y LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN

a) Efecto de la época de parto sobre los rendimientos en pastoreo

Las ganancias de peso experimentadas a lo largo de la estación de pastoreo por las vacas multíparas con parto en otoño fueron superiores a las de paridera de primavera. Esta diferencia se manifestó tanto en el periodo de pastoreo en puerto, cuando las vacas con parto de otoño se encontraban gestantes y las de primavera lactantes, como en los pastos forestales. Sin embargo, la mayor parte de la diferencia en la ganancia neta de peso en pastoreo entre las dos épocas de partos se debió, fundamentalmente, a las observadas en los periodos intermedios en áreas boscosas.

Durante el pastoreo en puerto, las necesidades de EN para que no hubiera ganancia ni pérdida de reservas habrían sido de 44.5 MJ EN/día en las vacas con parto de otoño y 48.2 en las de primavera. En función de las ganancias observadas, se estima que recibieron respectivamente 53.6 y 55.9 MJ EN/día, con un balance positivo similar. Parece, por tanto, que en términos absolutos la ingestión habría sido ligeramente superior en las vacas con parto en primavera, como estimó Villalba (1995) a partir de un modelo de simulación de la ingestión que utilizaba parámetros comportamentales y resultados productivos.

La capacidad de ingestión es proporcional al peso del animal, mayor en este caso en las vacas con paridera de otoño, pero también a la producción de leche (Jarrige et al., 1979), lo que habría estimulado la ingestión en las vacas de primavera.

Cuando las vacas secas utilizaron las áreas boscosas (durante la primavera en las vacas que parieron en otoño y durante el otoño en las de paridera de primavera), las necesidades de EN para mantener el peso habrían sido de 37.6 MJ EN/día en las vacas con parto en otoño y 25.5 en las de primavera, diferencia debida al menor peso medio de estas últimas. Sin embargo, a tenor de los rendimientos obtenidos se estima que la dieta aportó 48.4 MJ EN/día a las primeras y sólo 22.9 MJ EN/día a las segundas, con lo que mientras unas ganaron peso (+447

g/día) las otras hubieron de movilizar sus reservas para cubrir las necesidades mínimas de mantenimiento y gestación (-162 g/día).

Estas diferencias en los aportes obtenidos en las dos épocas de pastoreo se deberían parcialmente a la menor calidad del pasto durante el otoño en estas áreas (Torrano, datos no publicados.).

Durante la primavera, las vacas utilizaron estos pastos al inicio del periodo vegetativo, y además las pautas de comportamiento espacial de las vacas indican que al progresar la estación las vacas hicieron uso de la vegetación siguiendo el gradiente altitudinal de la onda de crecimiento fenológico (Thénard, 1993), disponiendo de hierba joven durante un periodo relativamente largo.

Por el contrario, en el otoño el pasto se aprovechó al final de su periodo vegetativo y las vacas dispusieron de un rebrote de importancia variable en función de las condiciones meteorológicas del verano anterior, y de hierba más o menos abundante en estado senescente tras su crecimiento al inicio de la estación.

En vacas secas de raza Parda Alpina se han descrito consumos de paja de 20.6 gMS/kgPV (Casasús et al., 1997b), con lo que durante el otoño, las vacas con un peso inicial de 550 kg podrían haber tenido ingestiones diarias mínimas de 11.33 kg MS. Como no se cubrieron las necesidades de 25.5 MJ EN/día mínimas para mantener el peso, o bien la hierba era de muy baja calidad ($25.5/11.33 = 2.25$ MJ EN/kg MS ≈ 0.31 UFL /kg MS, a razón de 7.23 MJ EN_i /UFL (I.N.R.A., 1988)) o las vacas no llegaron a consumir el equivalente a 8 kg MS de una paja de cebada de calidad media (0.44 UFL/kg MS ≈ 3.2 MJ EN_i /kg MS). Es decir, que los bajos rendimientos observados durante el otoño podrían deberse, además de al menor valor nutritivo de la hierba, a que la ingestión se hubiera visto limitada.

La reducción de la ingestión durante el otoño se ha comprobado en otros trabajos (revisión de Demment et al., 1995), y se originaría por los fenómenos de replección física debidos a la menor digestibilidad de la hierba en avanzado estado de madurez (Conrad et al., 1964; Munro y Walters, 1985) o por vía comportamental, por la distribución espacial del forraje en el área pastable (Allden y Whittaker, 1970; Allison, 1985) e incluso por la reducción de las horas de luz (Demment et al., 1995).

Estos resultados confirmarían la proposición de Petit et al. (1992) de que la recuperación de peso ha de realizarse sobre todo al inicio del periodo de pastoreo, ya que al avanzar la estación se reduce la calidad y disponibilidad del pasto, y con ello las posibles ganancias. En este sentido, durante el pastoreo de verano en zonas de montaña se han descrito ganancias superiores al inicio del verano e inferiores después, tanto con ganado vacuno (Jarrige, 1974;

Montard et al., 1974; Bornard et al., 1987; Osoro et al., 1995a; Lassalas et al., 1996) como con ovino (Revilla et al., 1991b; Blanch et al., 1995; Choquecallata et al., 1996; Marijuán, 1996).

b) Efecto de la época de parto sobre la evolución del peso durante el ciclo productivo

Las pautas de variación de peso a lo largo del ciclo anual dependen en gran medida de la época de paridera, puesto que los animales se encuentran en diferentes estados fisiológicos en los distintos periodos.

En la Figura 50 se ha mostrado la evolución del peso en el ciclo anual de las vacas de raza Parda Alpina con parto en otoño y en primavera en nuestras condiciones. En las siguientes figuras se describe la evolución del peso o condición corporal a lo largo del ciclo productivo en vacas con parto en otoño y en primavera en diferentes sistemas de producción, si bien todos ellos de tipo extensivo.

Figura 54: Simulación de las pautas de variación de peso en dos años consecutivos de vacas Simmental con partos en otoño y en primavera, en condiciones de zonas bajas del Reino Unido (33 GJ EM/año) (Sinclair, 1997).

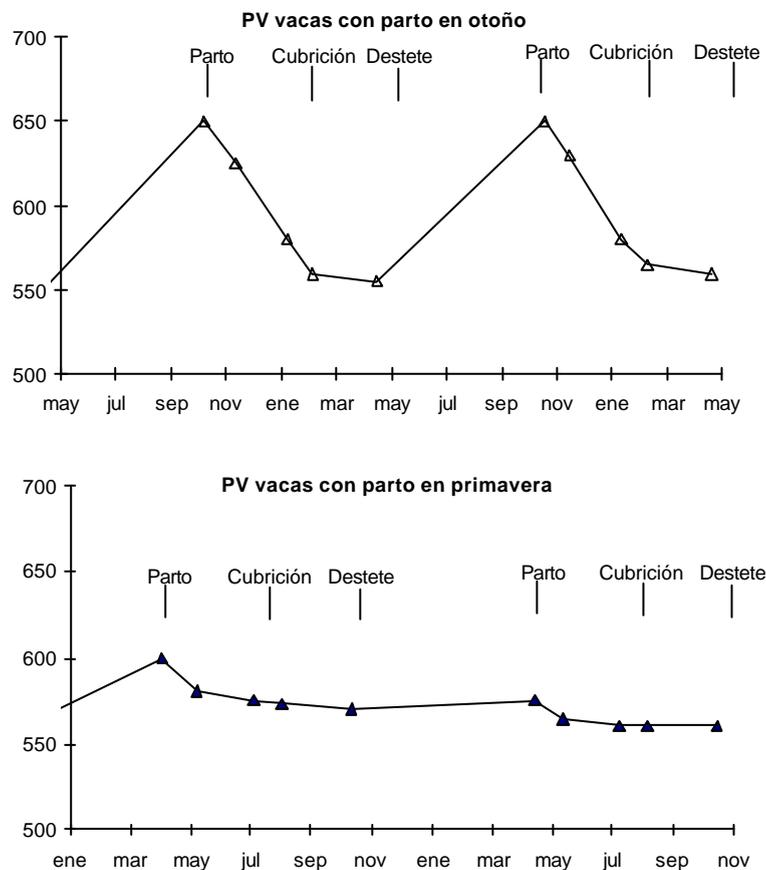


Figura 55: Variaciones de peso anuales en vacas de raza Angus y Frisona con partos en otoño o en primavera, en Nueva Zelanda (Montgomery y Davis, 1987).

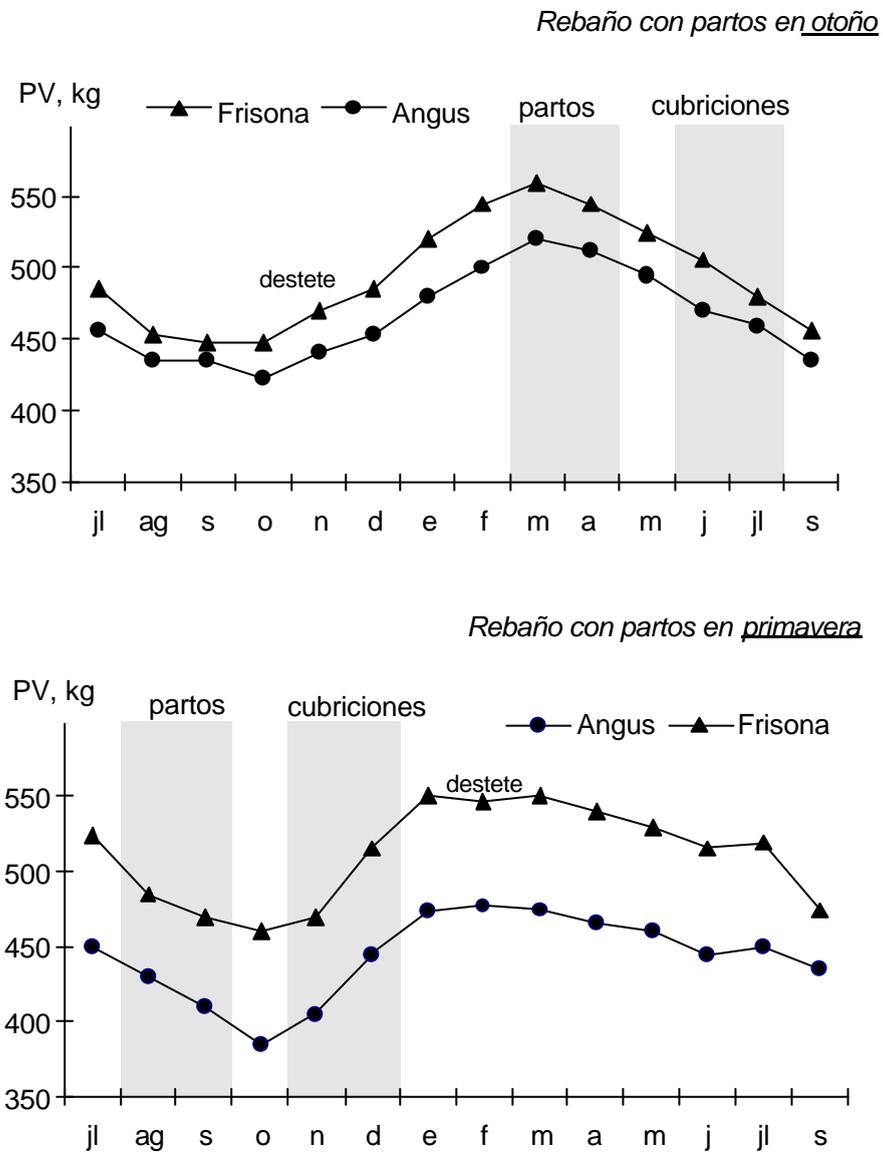


Figura 56: Esquema de las variaciones anuales de peso vivo de una vaca Charolesa joven (entre el 2º y 3º parto), ilustrando la parte respectiva de la masa corporal, los productos de la concepción (feto y anejos) y del contenido digestivo (Jarrige, 1974).

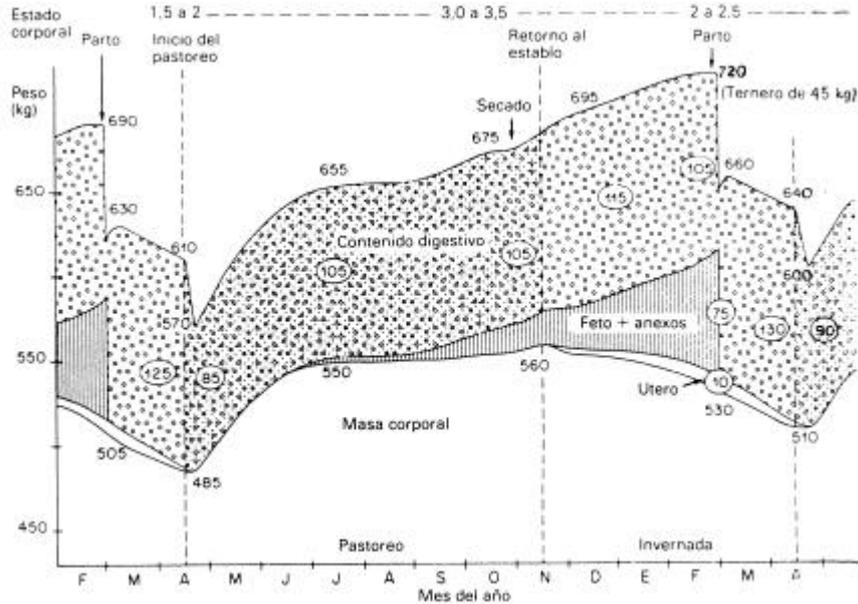


Figura 57: Objetivos de condición corporal a alcanzar al parto, cubrición y destete en los rebaños con partos en otoño o en primavera (Lowman et al., 1976).

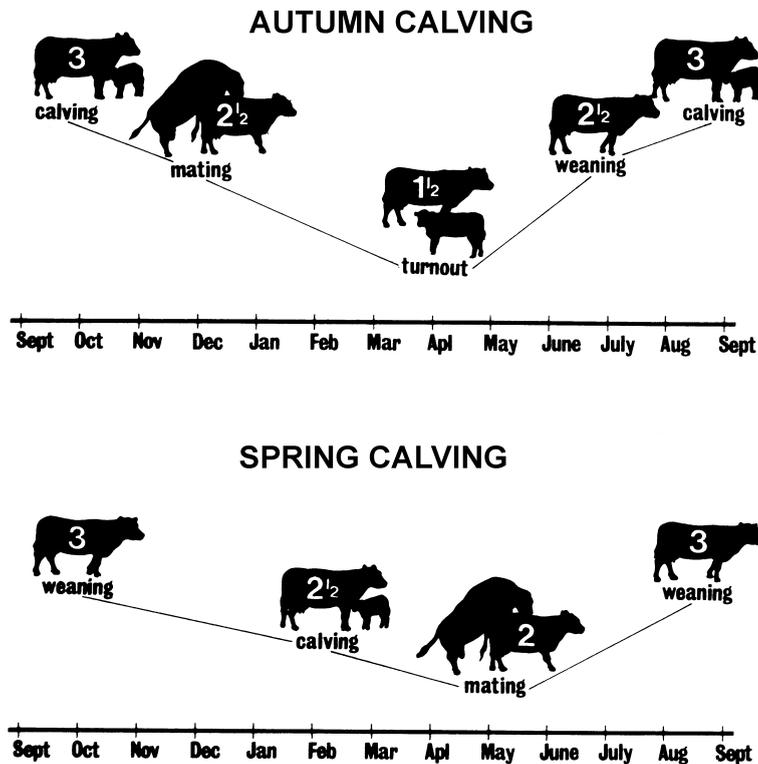
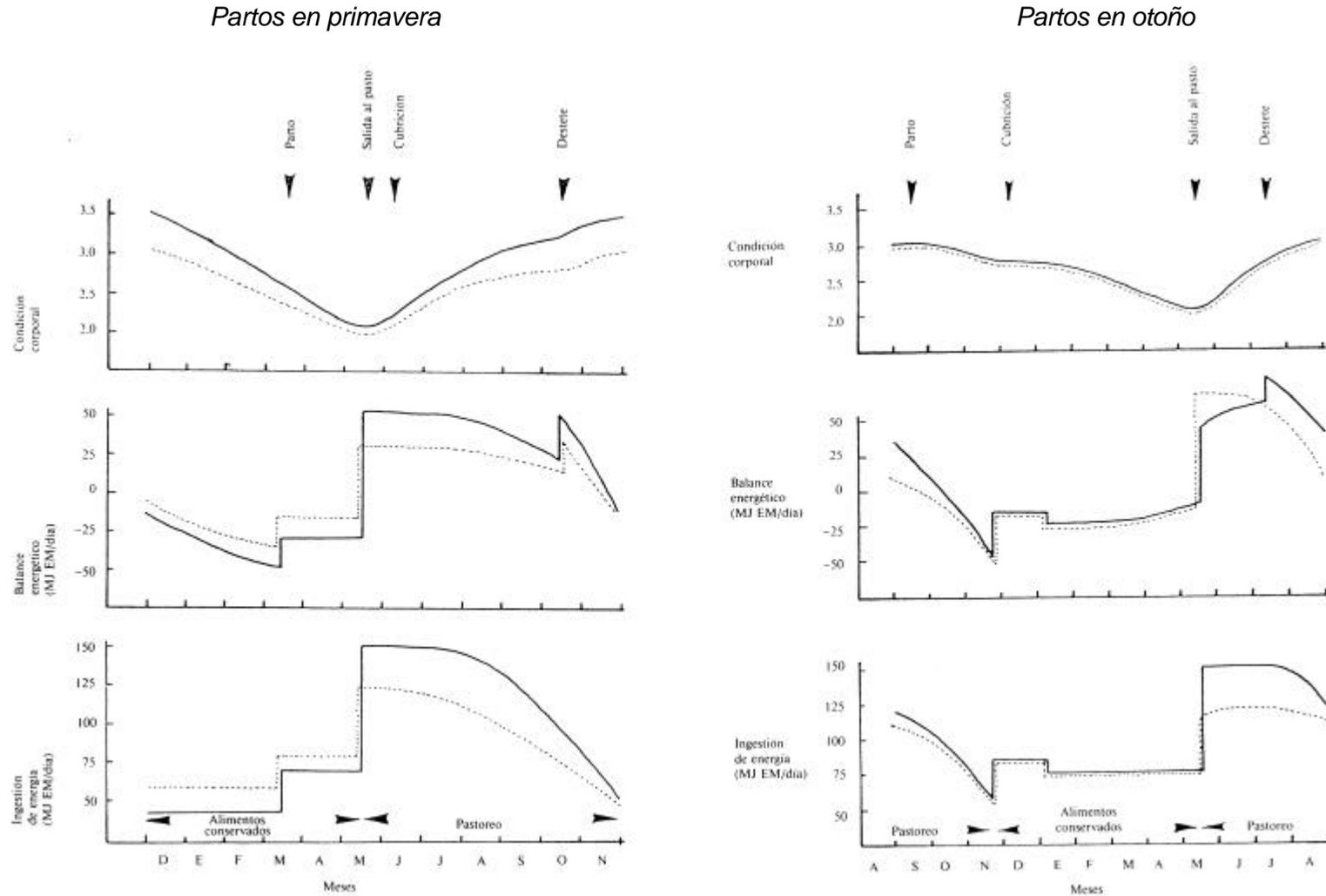


Figura 58: Cambios en la ingestión de energía, el balance energético (acumulación o movilización de reservas) y puntuación de condición corporal en rebaños explotados en zonas bajas (línea continua) o de montaña (línea discontinua) del Reino Unido, con parto en primavera o en otoño (Russel y Broadbent, 1985, en Osoro,1989).



Mediante simulación de los rendimientos obtenidos con planos alimenticios anuales iguales en ambas parideras, Sinclair (1997) describe mayores pesos al parto en las vacas que paren en otoño, como consecuencia de las mayores ganancias experimentadas durante la gestación por animales en pastoreo frente a las realizadas durante la estabulación invernal (Figura 54). Posteriormente estas vacas permanecen estabuladas con dietas más o menos restringidas y presentan marcadas pérdidas de peso durante la lactación, mientras que las de primavera realizan buena parte de la lactación en pastoreo y tienen menores pérdidas, con lo que concluye que el peso al destete sería similar en ambos casos.

En sistemas extensivos de Nueva Zelanda, con permanencia continua en el pasto y suplementación en invierno (Montgomery y Davis, 1987), se describe una ganancia más continuada durante el periodo previo al parto en las vacas de paridera de otoño, mientras que las de paridera de primavera tienen una marcada ganancia durante el periodo de cubriciones y hasta el destete (Figura 55). En ambas parideras la época del año en que se realizan las ganancias de peso coincide (primavera y verano).

En condiciones de montaña francesas, una vaca Charolesa con parto en primavera puede perder 50 kg de masa corporal durante la invernada (Figura 56). En el periodo de pastoreo, lactante durante 5 meses, puede ganar 125 kg, de los que aproximadamente 75 kg son exclusivamente masa corporal y 20 kg se corresponden al incremento de contenido digestivo a lo largo de la estación (Jarrige, 1974).

En términos de condición corporal, Lowman et al. (1976) también refieren un mejor estado al parto en las vacas con parto en otoño, seguido por mayores pérdidas durante la lactación (Figura 57).

Russel y Broadbent (1985) exponen la misma tendencia (Figura 58), aunque apuntan que la variación de condición corporal permisible durante la estabulación depende de la posibilidad de recuperación durante el periodo de pastoreo. Estos autores consideran que la flexibilidad del sistema es menor en condiciones de montaña que en zonas más bajas. En función de la menor productividad de los pastos y la reducida duración de la estación de pastoreo, la recuperación de reservas se ve más limitada en la montaña, por lo que los planos de alimentación durante la invernada han de ser menos restrictivos. Sin embargo, incluso en condiciones de montaña sugieren que las vacas pueden perder hasta un punto de condición corporal durante la invernada (escala de Lowman et al., 1976), que según Wright y Russel (1984a) sería equivalente a 80-100 kg de peso vivo.

En nuestro trabajo, las variaciones de peso efectuadas por las vacas de ambas épocas de parto a lo largo del ciclo anual siguieron pautas muy diferentes entre sí, y también al compararlas con las citadas en estas referencias bibliográficas. Las discrepancias se observaron fundamentalmente en la paridera de primavera.

Los rendimientos observados en la paridera de otoño se corresponden, en líneas generales, con los descritos por estos autores, aunque la pérdida de peso de las vacas de otoño durante la lactación (20.4 kg en 124 días) fue menos acusada de la descrita por Sinclair (1997) o la que sugieren los datos de CC de Russel y Broadbent (1985).

Tras la invernada, estas vacas tuvieron ganancias de peso continuadas durante toda la estación de pastoreo, desde el destete hasta el parto, aunque estas ganancias tampoco fueron tan elevadas como las citadas por estos autores. De hecho, Russel y Broadbent (1985) describen que en determinadas condiciones de abundancia de hierba se debería restringir la ingestión de estas vacas, de forma que no presentasen una condición corporal al parto superior a 3.0 que podría ocasionar dificultades al parto.

Las vacas Pardas multíparas con parto en primavera no presentaron esta continuidad en las ganancias, ya que de la moderada recuperación experimentada en puerto (27.8 kg) hay que deducir las ligeras pérdidas de peso observadas durante el pastoreo de otoño (14.3 kg). Estas vacas pasaron de 551.3 kg a la salida al pasto (518.3 kg considerando la pérdida de contenido digestivo) a 556.7 kg en el momento de la estabulación (531.8 kg descontado el peso del útero grávido).

Independientemente de que esta variación de peso pudiera incluir también cambios de contenido digestivo y estuviera por tanto sujeta a cierto sesgo, es evidente que para las vacas con parto en primavera la estación de pastoreo no supuso un acúmulo de reservas corporales que permitiera subnutrir a las vacas en el periodo previo al parto. Por el contrario, en otras zonas de Europa se sugiere que durante la fase de invernada previa al parto las vacas pueden perder 30 kg de masa corporal (Jarrige, 1974) y hasta un punto de condición en tres meses (Russel y Broadbent, 1985).

En nuestras condiciones esta práctica resultaría incompatible con el objetivo de alcanzar una condición corporal al parto que asegurase un adecuado rendimiento reproductivo. De hecho, para que las vacas llegasen al parto siguiente con un peso similar al del año anterior (568.2 y 574.4 kg respectivamente, NS), los niveles de alimentación aplicados permitieron ganar 36.4 kg de peso, recuperándose en establo la mayor parte de las reservas movilizadas durante el ciclo productivo.

Se considera que la recuperación de peso es energéticamente más eficiente durante la lactación que en el periodo seco (A.R.C., 1980; Osoro, 1989). Sin embargo, en nuestras condiciones la ganancia de peso de las vacas lactantes en puerto es reducida, con lo que de alguna manera se desaprovecharía la potencial ventaja en términos de eficiencia energética de las parideras de primavera, en las que la lactación coincide con la estación de pastoreo.

c) Efecto de la época de parto sobre los aportes energéticos obtenidos de la dieta

A lo largo del ciclo productivo los aportes energéticos que teóricamente habrían recibido las vacas resultaron ser superiores en la paridera de otoño frente a la de primavera. Esto estuvo motivado, principalmente, por las mayores necesidades de mantenimiento de las vacas con parto en otoño, ya que por su elevada contribución al gasto energético total (71-72% en este caso) reflejan más las diferencias entre tipos de animales que las posibles variaciones en necesidades de gestación o lactación (Ferrell y Jenkins, 1985).

El mayor gasto de mantenimiento en las vacas con paridera de otoño fue debido al mayor peso medio de las vacas durante todo el ciclo de producción, consecuencia de la mayor recuperación que presentaron durante el periodo de pastoreo previo al parto y de sus efectos acumulados a lo largo de los años considerados.

Esta diferencia reflejaría un mejor estado corporal y no un formato diferente, sobre todo teniendo en cuenta que proceden del mismo rebaño y que por el manejo de las primíparas, encaminado a partos a los 2.5 años de edad, las hijas de las vacas con parto de primavera pasan a formar parte del rebaño de otoño y viceversa.

De hecho, considerando 647 registros de peso al parto de vacas Pardas de la finca "La Garcipollera", en el caso de las primíparas éste fue idéntico en ambas parideras (526 vs 518 kg, e.s.d. 7.5, en otoño y primavera, NS, n=161), mientras que, posteriormente, las vacas con parto de otoño presentaron siempre pesos superiores a los observados en primavera (600 vs. 559 kg, e.s.d. 4.9, $p < 0.001$, n=486).

Durante la estación de pastoreo las vacas con parto en otoño obtuvieron del pasto una mayor cantidad de aportes energéticos que las de primavera, que además supuso una contribución ligeramente superior al total anual (43.5 vs. 42.1%). Esto se debió, principalmente, a las diferencias durante la utilización de los pastos forestales, ya que el pastoreo de estas zonas en primavera permitió mejores rendimientos que durante el otoño.

En general, se considera que los aportes necesarios durante la fase de estabulación de las vacas con parto en otoño son superiores a las de primavera. Thériez et al. (1994) describen que los aportes durante la invernada pueden suponer 1750 UFL en las vacas con parto en otoño (12650 MJ EN), frente a 1340 UFL en paridera de invierno (9690 MJ EN), y 780 UFL si los partos ocurren en primavera, inmediatamente antes de la salida al pasto (5640 MJ EN). Resultados similares hallaron Bagley et al. (1987) al considerar los costes variables asociados a la época de parto en vacas de cría manejadas en sistemas extensivos, debido fundamentalmente al mayor gasto durante la invernada en el rebaño con partos de otoño.

En nuestro caso, las diferencias en los AEE recibidos durante la estabulación no fueron significativas (10587 vs. 10281 MJ EN, NS), aunque sí lo fue la distribución de la energía

entre las distintas funciones fisiológicas. Mientras en las vacas con parto en otoño la dieta recibida durante la estabulación cubrió fundamentalmente la fase de lactación, en la paridera de primavera buena parte de los aportes se utilizaron para la recuperación de peso que el pastoreo no había permitido realizar. Esto supondría una ventaja potencial para la paridera de otoño, puesto que el ganadero puede controlar la alimentación del rebaño durante las fases de lactación y reproducción y una mayor restricción alimenticia que la realmente efectuada en nuestro caso no debería traducirse en retrasos reproductivos (Revilla, 1997).

d) Efecto de la época de parto sobre la eficiencia biológica de la producción de terneros

La literatura aporta múltiples ejemplos de comparaciones de la eficiencia biológica de la producción de terneros relacionada con la raza. Sin embargo, hay menos referencias en cuanto a las comparaciones de épocas de paridera.

Bagley et al. (1987) compararon los rendimientos de rebaños con partos en otoño y en primavera, y aunque los costes de alimentación durante la invernada fueron superiores en las vacas con parto en otoño, los mayores pesos alcanzados por sus terneros al destete llevaron a mejores resultados económicos. Además, estos autores observaron que en los partos en otoño las tasas de morbilidad y mortalidad de los terneros eran inferiores, debido a las condiciones ambientales menos húmedas y frías, al igual que citan otros autores (Giraud et al., 1987; Montgomery y Davis, 1987). Estos últimos, sin embargo, hallaron ganancias de peso menores y más variables en los terneros nacidos en otoño, con lo que concluyeron que ninguna época de parto era óptima en sus condiciones de estudio. Por el contrario, en rebaños de Rubia Gallega explotados en zonas de media montaña Osoro et al. (1992) hallaron mayores crecimientos hasta el destete en los terneros nacidos en otoño.

En nuestro trabajo la comparación de la eficiencia biológica en las dos parideras se encuentra enmascarada por el diferente manejo seguido en cada una de ellas: los terneros nacidos en otoño se destetaron aproximadamente a los 5 meses y los de primavera a los 6 meses de edad.

Las ganancias de peso durante la lactación fueron mayores en los terneros nacidos en otoño, por un mayor nivel de producción lechera de sus madres, como describieron Villalba et al. (1997a) y también Piedrafita et al. (1993) en trabajos en el Pirineo catalán. Esta mayor producción de leche estaría relacionada con el mayor peso de la vaca al parto (Morris y Wilton, 1976; Blasco et al., 1992b).

Sin embargo, a pesar de estos mayores crecimientos, la menor duración de la lactación en otoño (124 vs 186 días) hizo que su peso al destete fuera inferior que el de los terneros nacidos en primavera.

Por su mayor interés económico nos centraremos en la eficiencia biológica referida a los AEE obtenidos durante el periodo de estabulación, que fue inferior en el sistema de partos en otoño. Para que la relación entre éstos y el peso del ternero al destete se igualara en ambas épocas de parto, las alternativas serían: a) que los terneros nacidos en otoño se destetasen más tarde (con mayor peso) o b) que los AEE en estabulación se redujeran:

| Epoca de parto | Otoño | Primavera |
|--|---------------------|---------------------|
| $\frac{\text{AEE estabulación}}{\text{Peso ternero destete}}, (\text{MJ EN/kg})$ | $\frac{10587}{159}$ | $\frac{10281}{199}$ |

Ambos términos se igualarían si el peso al destete del ternero nacido en otoño alcanzase los 205 kg, lo cual con los crecimientos observados (0.921 kg/día) supondría aproximadamente 50 días más de lactación. Prolongar la duración de la lactación sería poco factible en un sistema extensivo de producción, puesto que incrementaría la cantidad de alimentos necesaria en estabulación y retrasaría la fecha de salida al pasto en primavera, desaprovechando la capacidad de estas vacas de recuperar las reservas movilizadas en las áreas boscosas utilizadas en este periodo (Ferrer et al., 1997a).

La reducción de los AEE en estabulación a 8215 MJ EN también conduciría a niveles de eficiencia biológica similares a los observados en primavera. Si se redujeran los aportes alimenticios durante la lactación podría reducirse la producción lechera y con ello los crecimientos de los terneros, por lo que se reduciría el peso al destete.

La reducción de los AEE ofrecidos en establo previamente al parto podría ser más factible, aunque en este periodo la manipulación del nivel de alimentación tiene como límite que la condición corporal sea adecuada en el momento del parto, por lo que las posibilidades de subnutrición dependerán del estado corporal de los animales al inicio de la estabulación.

Sin embargo, como se ha comentado, las vacas con parto en otoño permanecieron en pastoreo sobre praderas de fondo de valle durante un periodo de duración variable tras la bajada de puerto y antes del parto. Durante esta fase final de gestación, que se ha considerado como parte de la estabulación, los animales recibieron aproximadamente 60 MJ EN/día, con lo que en 40 días de pastoreo en otoño se habrían ahorrado los 2372 MJ EN que supone la diferencia (10587-8215). La duración media de este periodo fue de aproximadamente un mes, así que esta reducción de AEE en establo prácticamente se habría alcanzado en la realidad, con lo que la diferencia entre las eficiencias biológicas

descritas entre ambas parideras sería realmente más reducida de la presentada en la Tabla 50.

Finalmente, cabe destacar que aunque la eficiencia biológica se ha definido como el coste energético de la producción de terneros, la rentabilidad del rebaño depende tanto de su productividad como de su reproductividad (Moav, 1966). En este caso, aunque la productividad del rebaño de paridera de otoño fuera ligeramente inferior, su reproductividad quedaría asegurada por las mayores ganancias realizadas por las vacas durante la fase de pastoreo, al encontrarse secas durante este periodo, lo que les permitiría una mayor flexibilidad ante una subnutrición invernal que en ocasiones puede ser obligada.

Las vacas con parto en primavera, por el contrario, no presentaron ganancias suficientes durante el periodo de pastoreo, limitadas por la producción lechera durante el verano y por la probablemente escasa ingestión durante el otoño. Sin embargo, hay que destacar la capacidad de estas vacas para amortiguar los efectos de las variaciones en la disponibilidad de hierba sobre los crecimientos de los terneros, ya que éstos se mantuvieron muy homogéneos en los distintos años a expensas de unas ganancias de las madres mucho más variables, como se había observado en otros trabajos (Wright y Russel, 1987; McCall et al., 1988; Osoro, 1989). Sin embargo, dada la movilización de reservas que suponía a las vacas mantener la lactación durante el final del verano (20 kg en dos meses), Wright y Russel (1987) y McCall et al. (1988) aconsejaban adelantar la fecha de destete en las vacas jóvenes o de menor peso.

6.3.6.- EFECTO DE LA RAZA SOBRE LOS RENDIMIENTOS EN PASTOREO Y LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN

a) Efectos de la raza sobre los rendimientos en pastoreo

Las ganancias de peso durante la estación de pastoreo fueron superiores en las vacas de raza Pirenaica (20.6 vs. 13.5 kg), debido fundamentalmente a las diferencias en los rendimientos observados en otoño.

Durante el periodo de lactación en puerto, las ganancias fueron similares (29.0 vs. 27.8 kg), a pesar de que los crecimientos de los terneros Pardos fueron ligeramente superiores (873 vs. 822 g/día), lo que haría pensar en una mayor producción de leche, como confirman los datos obtenidos por ordeño a la bajada de puerto (Casasús et al., 1996b).

En diversos trabajos se describe que durante la lactación las vacas de menor potencial lechero presentaron ganancias en pastoreo superiores a las más lecheras (Montaño-Bermúdez y Nielsen, 1990a; D'Hour et al., 1995). Otros autores (Holloway et al., 1985; Wright

et al., 1994) describen incluso diferencias raciales en la respuesta a un incremento en el plano de nutrición, como supondría en nuestro caso la salida al pasto: las vacas más lecheras tendían a incrementar principalmente su producción de leche y el crecimiento de sus terneros, mientras las de menor potencial lechero priorizaban la ganancia de reservas. Basándonos en los resultados del control del incremento de la producción lechera tras la salida al pasto, descrito en esta Memoria, es de suponer que durante el pastoreo de verano el incremento haya sido idéntico en ambas razas.

Como se ha comentado antes, cabe pensar que los rendimientos durante la fase de pastoreo en puerto no fuesen homogéneos en el tiempo. Al principio las ganancias permitidas por la hierba abundante habrían sido superiores a las de final de verano (Jarrige, 1974; Bornard et al., 1987; Osoro et al., 1995; Lassalas et al., 1996), y también se habría producido un pico en la producción de leche a la salida al pasto (Coulon et al., 1986; Villalba et al., 1997b).

Durante la fase de pastoreo en otoño en áreas boscosas las variaciones de peso fueron diferentes entre razas.

La diferencia entre los pesos registrados al inicio de la estabulación y a la bajada de puerto fue de 12.6 kg en las multíparas Pirenaicas y 6.65 kg en las Pardas, que al deducir el peso del útero grávido se tradujeron en -8.4 y -14.4 kg respectivamente, con lo que en ambas razas hubo pérdidas de peso de la madre en este periodo, que se explicarían por las razones expuestas en el apartado 6.3.5.a de esta discusión.

Resulta difícil dar una explicación a la diferencia racial observada durante el pastoreo de otoño, y cabría pensar en diferencias en las necesidades, en la capacidad de ingestión o en el comportamiento ingestivo entre razas.

Aunque el peso al nacimiento de los terneros Pardos fue superior, esto difícilmente se traduciría en diferencias notables en las necesidades, ya que faltaban todavía entre dos y cinco meses para el parto.

Por otra parte, datos obtenidos con vacas secas de ambas razas durante esta época del año indican que la capacidad de ingestión en establo de un heno de calidad media es idéntica, como ya ha quedado reflejado en esta Memoria. En fases más avanzadas de la gestación tampoco se observaron diferencias en la ingestión voluntaria de heno o paja entre ambas razas.

Las experiencias realizadas por nuestro equipo durante el pastoreo de primavera no han permitido encontrar diferencias raciales notables en el comportamiento en pastoreo de los animales. Sin embargo, estos trabajos se realizaron sobre praderas y podría ocurrir que en los pastos forestales, más heterogéneos, se expresasen posibles diferencias raciales no

evidenciadas todavía. Estas diferencias no serían atribuibles, en principio, a la selección de la dieta, como queda patente en el trabajo de García-González et al (1992).

Los bajos rendimientos detectados en ambas razas durante el otoño coincidirían con lo descrito por Adams et al. (1987), que afirma que en pastos extensivos de áreas forestales las vacas no pueden ganar peso durante el pastoreo de otoño e inicio de invierno si no reciben una suplementación.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, a menos que la suplementación corrija una deficiencia nutricional (Köster et al., 1996), ésta puede influir negativamente en el comportamiento ingestivo de los animales (revisión de Giráldez et al., 1996). Generalmente su efecto se manifiesta en una disminución del tiempo de pastoreo (Leaver, 1985) y con ello de la capacidad de colonización de un territorio extenso y heterogéneo como el que se trata en este trabajo. Como consecuencia, la carga ganadera podría desequilibrarse en el espacio pastable, afectando al papel ecológico del ganado en el mantenimiento del paisaje.

b) Efectos de la raza sobre la evolución del peso a lo largo del ciclo productivo

La evolución del peso en ambas razas a lo largo del ciclo productivo siguió la misma tendencia, aunque las magnitudes de las ganancias y pérdidas en los distintos periodos mostraron ciertas diferencias.

Durante la fase de lactación en establo las vacas de raza Parda Alpina presentaron mayores pérdidas de peso (-23.1 vs. -15.4 kg en 100 días), dado que las dietas recibidas fueron idénticas a pesar de que las vacas Pardas tenían mayor producción de leche, como reflejan los mayores crecimientos de sus terneros (790 vs. 691 g/día).

Durante la fase de pastoreo, como se ha comentado, las ganancias fueron idénticas en puerto y diferentes durante el otoño, con pérdidas menos acusadas en las vacas Pirenaicas. En compensación, durante la fase de estabulación preparto las vacas Pardas tuvieron ganancias superiores (36.4 vs 23.4 kg), que se deberían, en parte, a un incremento de contenido digestivo y también a la compensación de la menor ganancia observada durante el periodo anterior, por los mecanismos que se describen en el apartado 6.3.4 de esta discusión. Esta compensación se realizó sin coste energético adicional, ya que las vacas de ambas razas recibieron dietas idénticas durante el periodo de estabulación.

Garel et al. (1988) afirman que las vacas pueden perder durante el periodo de invernada hasta un 8-9% de su peso inicial, lo que en nuestras vacas supondría aproximadamente 50 kg de movilización. Por el contrario, en las dos razas fue necesaria una ganancia de peso durante el invierno para que las vacas mantuviesen un peso similar en los dos partos

consecutivos, lo cual confirma la hipótesis anteriormente expuesta de que las posibilidades de subnutrición en este período se encuentran muy limitadas en nuestras condiciones.

c) Efectos de la raza sobre los aportes energéticos obtenidos de la dieta

Los AEE obtenidos de la dieta a lo largo del año fueron ligeramente superiores en las vacas Pardas, en función de la distinta duración del IEP. Como se ha comentado, al ajustar el ciclo productivo a 365 días los AEE fueron similares en ambas razas.

Durante la estabulación los AEE diarios fueron idénticos tanto en el periodo previo al parto como durante la lactación.

Durante el pastoreo estival en puerto, los AEE recibidos diariamente habrían sido ligeramente superiores en las vacas Pardas (55.9 vs. 53.5 MJ EN/día, e.s.d. 0.83, $p < 0.01$), lo que apunta, como se ha indicado anteriormente, a una mayor ingestión de hierba.

Por el contrario, de los rendimientos observados se desprende que durante el otoño en pastos forestales la relación habría sido opuesta (25.0 vs. 23.0 MJ EN/día, e.s.d. 0.88, $p < 0.05$). El sentido inverso de las diferencias hizo que los aportes energéticos fuesen idénticos durante el conjunto de la estación de pastoreo, y que contribuyeran en una proporción similar a los aportes energéticos anuales (42.4 %).

El reparto de los AEE entre las distintas funciones fisiológicas fue, sin embargo, distinto, aunque las diferencias fueron pequeñas. Tanto a escala anual como durante la estación de pastoreo las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de la energía a la producción de leche (23 vs. 21% y 24 vs. 20% respectivamente). Las Pirenaicas, por su parte, dedicaron un mayor porcentaje a cubrir sus necesidades de mantenimiento, y durante la estación de pastoreo también a la recuperación de reservas (8 vs. 6%).

Ferrell y Jenkins (1985) también hallaron que las razas más lecheras destinaban una mayor proporción de la energía a la producción de leche, aunque describen que también incrementa el porcentaje de la energía destinada al mantenimiento. Esto no ocurre en nuestros datos (71 vs. 73% en Pardas y Pirenaicas respectivamente), tal vez porque hemos considerado que las necesidades de mantenimiento por kg de peso metabólico eran idénticas entre razas, frente a las diferencias debidas al potencial lechero que consideran estos autores.

d) Efectos de la raza sobre la eficiencia biológica de la producción de terneros

La eficiencia de la transformación de los AEE recibidos de la dieta anual en peso de los terneros al destete fue superior en las vacas de raza Parda Alpina.

Estos resultados contrastan con los de otros autores, que consideran que las razas lecheras son menos eficientes, puesto que por sus mayores necesidades de mantenimiento relativas al peso vivo, una mayor proporción de la energía ingerida se destina al sostenimiento de la madre, y el beneficio marginal en kg de ternero destetado se reduce (Montaño-Bermúdez y Nielsen, 1990b; Jenkins et al., 1991; Van Oijen et al., 1993).

Por el contrario, nuestros resultados se encuentran en concordancia con otros autores que hallan una correlación positiva entre la producción de leche y la eficiencia biológica, tanto entre razas (Wright et al., 1994), ya que la eficiencia fue superior en las vacas Pardas, como intra-raza (Holloway et al., 1983; Butts et al., 1984), ya que la eficiencia se correlacionó positivamente con la producción de leche en ambas razas y épocas de parto.

McMorris y Wilton (1986) consideran que las relaciones entre la producción lechera y la eficiencia no son claras, puesto que al incrementar el peso o la producción de leche se incrementan tanto los inputs como los outputs, y la eficiencia depende de cuáles de ellos tienen un mayor incremento relativo y del contexto productivo. En este trabajo parece que el mayor peso de los terneros Pardos al destete compensó y superó el mayor coste energético asociado a la producción lechera de sus madres.

En diversos trabajos se considera el efecto del tamaño de la vaca sobre la eficiencia, tanto entre como intra-razas.

En general, se considera que las vacas de mayor formato son menos eficientes porque el coste de mantenimiento de la madre es superior al beneficio obtenido en el peso de los terneros al destete (Morris y Wilton, 1976; Fitzhugh, 1978; Butts et al., 1984), aunque esta relación depende de múltiples factores y no siempre se cumple (Freeden et al., 1987).

En nuestro caso, al tratarse de razas de formato similar no cabe compararlas en este sentido. Sin embargo, dentro de cada raza, en las vacas Pardas no se observó ninguna relación entre peso de la madre y eficiencia, mientras que en las Pirenaicas la relación fue negativa. Esta diferencia podría deberse a que las vacas Pardas de mayor peso presentaron también mayor producción de leche ($r=+0.38$, $p<0.001$). Esto confirmaría, como indicó Fitzhugh (1978), que dentro de un mismo tipo esquelético, mayor peso indicaría mejor estado corporal y en consecuencia más reservas movilizables, lo que les permitiría adaptarse mejor a condiciones restrictivas.

En las vacas Pirenaicas la falta de relación entre el peso, ya sea consecuencia del formato o del estado de reservas, y la producción de leche merece consideración especial.

El programa de mejora genética de la raza Pirenaica se basa actualmente en la evaluación de los animales en función de su peso a los 210 días de edad, en el destete, considerando únicamente los efectos genéticos directos, aunque se prevé incluir también el peso al nacimiento para limitar la dificultad de parto (Altarriba et al., 1996).

Sin embargo, como afirman Ménissier y Frisch (1992), la selección basada únicamente en el peso al destete es insuficiente para mejorar la habilidad de la vaca para la producción de terneros, y debería considerarse un modelo que incluya, tanto los efectos directos, como los maternos, cuya correlación genética es negativa.

A la vista de nuestros resultados, parece que un incremento del peso de los animales no conlleva un aumento de la producción de leche. Por ello, el resultado del actual esquema de selección podrían ser vacas de gran tamaño con producción lechera insuficiente para sus terneros, que habrían de recibir una suplementación importante desde edades tempranas, con la consecuente reducción de la eficiencia biológica de la producción.

Esta circunstancia se encontraría agravada por un hecho adicional: mientras que los crecimientos hasta el destete en los terneros Pirenaicos fueron de 0.727 kg/día en nuestro trabajo, los obtenidos en los controles del Plan de Mejora son de 1.244 y 1.032 kg/día en machos y hembras respectivamente (Altarriba et al., 1996). Estas diferencias no pueden atribuirse a la calidad genética de los animales con que hemos trabajado, siendo más posible que las diferencias radiquen, o bien en errores de las estimaciones realizadas a nivel de explotación, o en el hecho de que los terneros hayan sido sistemáticamente suplementados durante la lactación. Al seleccionar a los animales por sus ganancias sin considerar la producción lechera de las madres podría estar primándose a las vacas menos lecheras, ya que sus terneros tendrían elevados crecimientos basados en un mayor consumo de concentrado.

Finalmente, hay que considerar que las eficiencias obtenidas en estas condiciones son válidas únicamente en este entorno productivo.

En la literatura hay múltiples referencias a las interacciones entre genotipo y ambiente, con efectos tanto en el plano productivo (Freeden et al., 1987; Jenkins y Ferrell, 1994) como en aspectos reproductivos (Morris et al., 1993; Nugent et al., 1993), y en general se describe que las razas de mayor potencial lechero o de crecimiento presentan mejores rendimientos en ambientes nutricionales menos restrictivos. De hecho, cuando las necesidades de lactación y reproducción se encuentran totalmente cubiertas no se observan diferencias raciales en la eficiencia de producción (Bowden, 1980, en Jenkins y Ferrell, 1994), y generalmente las diferencias entre genotipos sólo se manifiestan en condiciones extremas (Micol et al., 1997). Hay que destacar que, puesto que el genotipo óptimo varía en función del contexto productivo, cualquier comparación de distintas razas debe realizarse en el ambiente productivo en el que efectivamente han de encontrarse los animales (Fitzhugh, 1978), como se ha hecho en este trabajo.

6.3.7.- CONCLUSIONES

En las condiciones de producción de la montaña Pirenaica, la recuperación de peso media durante la estación de pastoreo osciló entre 8 y 52 kg en función de la raza y de la época de parto. La contribución energética del pastoreo supuso sólo entre el 42.1 y el 43.5% de la dieta anual, valores en todos los casos inferiores a los descritos en otras áreas de producción extensiva de vacuno.

Las variaciones de peso se vieron afectadas por diversos factores ligados al animal y al manejo, como la edad (las vacas multíparas presentaron mayores ganancias que las primíparas), la época de parto (la ganancia fue mayor en las vacas con parto de otoño que en las de primavera) y la raza (las vacas Pirenaicas tuvieron ganancias ligeramente superiores). También se observó una compensación del nivel nutricional aplicado durante la fase de lactación en establo, de forma que las vacas que tuvieron mayores pérdidas en estabulación presentaron mayores ganancias en pastoreo.

La evolución del peso a lo largo del ciclo anual y las pautas de distribución de los aportes energéticos hacia las distintas funciones fisiológicas también se vieron influidas por el manejo reproductivo. Las vacas con parto en otoño recuperaron el peso perdido en lactación principalmente durante la estación de pastoreo, mientras que las de parto en primavera tuvieron menores ganancias en pastoreo, al tener mayores necesidades de lactación, y recuperaron buena parte de las reservas en la fase de estabulación previa al parto.

Aunque los aportes energéticos recibidos durante el ciclo anual fueron similares en ambas razas, las pautas de reparto de la energía también fueron diferentes. Las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de la energía recibida de la dieta hacia la producción de leche, mientras que las Pirenaicas presentaron mayores ganancias (o menores pérdidas) de peso.

La eficiencia biológica de la producción de terneros destetados fue ligeramente inferior en los partos de otoño frente a los de primavera, y mayor en las vacas de raza Parda Alpina que en las Pirenaicas, ya que a igualdad de aportes recibidos destetaron un ternero de mayor peso.

7.- CONSIDERACIONES FINALES

En las diversas experiencias desarrolladas en esta Memoria se ha pretendido, en primer lugar, determinar la existencia o no de diferencias entre los animales de raza Parda Alpina y Pirenaica en su capacidad de utilización de los diversos recursos disponibles en el sistema productivo de montaña.

Ambas razas han mostrado una similar capacidad de ingestión de forrajes de diversa calidad, salvo en la fase de lactación en que la ingestión voluntaria de la raza Parda Alpina fue mayor, seguramente en función de su mayor producción lechera. Esta capacidad ha sido, en su conjunto, muy alta y cercana a la expresada por genotipos lecheros, lo que muestra la especialmente buena adaptación de las dos razas con que hemos trabajado para ser explotadas en un medio difícil, como el de la montaña, en que los recursos para la invernada son, generalmente, de mala calidad.

En la situación actual del Pirineo oscense es frecuente la existencia de rebaños que explotan ambas razas de manera conjunta. La inexistencia de diferencias raciales en la capacidad de ingestión encontrada en novillas de diferentes edades y en vacas secas se podría traducir, desde un punto de vista práctico, en la posibilidad de explotar en lotes mixtos tanto a la reposición como a las vacas adultas no lactantes, sin que se produzcan efectos de competencia de los animales de una raza sobre los de la otra, permitiendo la oferta de una dieta común. Por el contrario y tanto por la mayor capacidad de ingestión mostrada en lactación por los animales de raza Parda, como por la superior producción lechera de esta raza y por la diferente partición de la energía de la dieta mostrada, no sería aconsejable explotar conjuntamente animales de las dos razas durante la lactación. De la misma forma y durante el pastoreo invernal, la similitud encontrada permitiría ofrecer una suplementación grosera ofrecida "ad libitum", sin que sean previsibles diferencias notables en los resultados productivos de los animales.

En su conjunto, los resultados encontrados en relación a la capacidad de ingestión podrían servir para mejorar las bases de datos utilizadas en los programas informáticos de racionamiento, de cara a la racionalización de la alimentación invernal.

Las diferencias interraciales en los rendimientos de las vacas y sus terneros durante el pastoreo de primavera en praderas fueron del mismo sentido que las observadas durante el periodo de estabulación. Se confirmaron diferencias interesantes en la pauta de utilización de la energía: mientras que las vacas de raza Parda Alpina produjeron más leche a expensas de una menor ganancia de peso, en las vacas Pirenaicas la tendencia fue inversa.

Indudablemente el pastoreo precoz de las praderas de siega supone un cambio notable en las técnicas productivas habituales en el Pirineo, a pesar de que su práctica se va extendiendo en muchas explotaciones. Desde el punto de vista de la producción forrajera, este pastoreo

precoz puede deprimir la producción global de materia seca por ha, pero tiene como consecuencia una mejora de la producción global en términos de calidad, al permitir la realización de un corte para henificación de mejor calidad (Ferrer, 1988).

Desde el punto de vista del animal, la recuperación de peso obtenida es escasa en términos absolutos, pero muy importante si la relacionamos con los resultados anuales del pastoreo en su conjunto.

La generalización del pastoreo precoz es una práctica que debe estudiarse en el contexto de la extensificación de las técnicas de producción, ya que su aplicación supondría la reducción de los costes derivados de la henificación y permitiría, además, la reducción del periodo de alimentación a pesebre. La reducción en los stocks forrajeros propios podría solventarse, como empieza ya a realizarse en algunas comarcas pirenaicas, recurriendo a la compra de alimentos groseros y de precio reducido. Otros aspectos, como el destino final de la hierba producida durante el verano, que podría ser utilizada por la reposición o por animales en cebo, o los posibles efectos medioambientales derivados de la ausencia de siega en las praderas, deberán ser objeto de futuros trabajos y de sus correspondientes valoraciones económicas.

Al analizar los rendimientos globales del pastoreo a lo largo del ciclo productivo, sobre una amplia población, no se encontraron diferencias notables atribuibles a la raza.

Durante el periodo de pastoreo, las vacas recibieron de la dieta la misma cantidad de aportes energéticos, que contribuyeron en similar medida al gasto energético anual.

Las únicas diferencias observadas entre razas fueron, en primer lugar, la mayor producción lechera de las vacas de raza Parda Alpina, que se reflejó en un mayor peso de los terneros al destete y una mayor eficiencia productiva.

Por otra parte, las ganancias de peso durante el pastoreo de otoño fueron inferiores en las vacas Pardas, aunque la diferencia fue pequeña y se compensó durante la fase de estabulación previa al parto.

De los resultados obtenidos en la paridera de primavera cabe destacar que el pastoreo no permitió en ninguna de las dos razas una recuperación de reservas suficiente para afrontar una subnutrición invernal severa. Por el contrario, para alcanzar un peso al parto similar al registrado el año anterior, las vacas de ambas razas tuvieron que ganar peso durante el periodo de estabulación preparto.

Por tanto y a la vista de nuestros resultados, hay que destacar que nada apunta a que una raza se encuentre particularmente mejor adaptada que la otra al sistema de explotación practicado en el Pirineo, aunque con frecuencia se ha aludido a la "rusticidad" de la raza Pirenaica como raza autóctona (Esteban y Tejón, 1981) y a su superioridad con respecto a razas "importadas", como sería la Parda Alpina (Valdelvira, 1988). Las únicas diferencias

notables se deberían no al carácter “rústico” o “no rústico” de las razas, sino a su diferente potencial productivo, principalmente en lo referente a la producción de leche y al peso del ternero al parto.

El debate sobre la idoneidad de las razas para ser explotadas en un medio difícil es largo e intenso y, seguramente, para encontrar diferencias notables en los aspectos que para Sierra (1996) constituyen los característicos de las razas “rústicas autóctonas”: facilidad de adaptación al medio, capacidad de pastoreo, facilidad para acumular y movilizar reservas, adecuados rendimientos reproductivos y capacidad de valorización de recursos voluminosos, tanto en forma de pasto como de forrajes de mediana-baja calidad, las diferencias deberían buscarse entre razas muy diferentes en formato y aptitudes productivas, caso que no es el de las razas con que hemos trabajado.

Por otra parte no podemos olvidar que hemos trabajado con dos razas originarias ambas de zonas montañosas y que se explotan en el mismo medio desde hace más de un siglo, lo que nos permitiría recordar la teoría de la “convergencia ecológica” enunciada por Pajanovic (1966), quien preconizaba que los resultados productivos, e inclusive la apariencia externa de animales de constitución genética diferente, podrían modificarse en una misma dirección bajo la influencia constante y prolongada de un medio común.

Paralelamente, el otro objetivo de esta Memoria fue determinar la existencia de diferencias en los rendimientos obtenidos en pastoreo ligadas a la época de parto.

Hay que recordar una vez más que los datos utilizados en esta Memoria han sido obtenidos de vacas que cumplieron el objetivo zootécnico de gestar en dos años consecutivos, lo que nos permite suponer que el manejo alimenticio recibido a lo largo del ciclo productivo fue el adecuado para tal fin.

En nuestros resultados se observa que, a nivel anual, no sólo las vacas con parto en otoño presentaron un mayor acúmulo de reservas, sino que éste se realizó principalmente durante la estación de pastoreo, ya que el balance de reservas durante la estabulación fue prácticamente nulo. Sin embargo, en las vacas con parto en primavera, buena parte de la recuperación anual de reservas debió realizarse en estabulación.

Teniendo en cuenta que se estimó una movilización media durante la lactación próxima a 550 MJ EN para mantener la producción lechera, la deposición de reservas durante el parto habría sido de unos 750 MJ EN. Es decir, que en estas condiciones, el periodo de pastoreo no permitió a las vacas con parto en primavera una recuperación de reservas suficiente, fundamentalmente debido a los bajos rendimientos obtenidos durante el pastoreo de otoño en áreas boscosas.

El pastoreo estival en puertos de montaña tampoco permitió una ganancia de reservas importante en las vacas lactantes, a pesar de que en términos de eficiencia energética se ha

descrito que la recuperación de reservas durante la fase de lactación se realiza con mayor eficiencia que durante el periodo seco (Jarrige, 1974; A.R.C., 1980; Osoro, 1989). Sin cuestionar este hecho, en situaciones en que la disponibilidad de hierba es insuficiente puede no ser compatible mantener la producción lechera y recuperar suficientes reservas, con lo que las vacas secas durante la estación de pastoreo presentarían ganancias superiores, como ha ocurrido en nuestro caso.

Así, para alcanzar una buena condición corporal en el momento del parto, clave para los adecuados rendimientos reproductivos (Wiltbank et al., 1964; Randel, 1990; Short et al., 1990; Osoro y Wright, 1992; Revilla y Blasco, 1991), las vacas con parto en primavera tendrían que recibir una suplementación importante durante el periodo de estabulación previo al parto.

En consecuencia, las posibilidades de disminuir los costes de producción realizando una subnutrición energética importante durante el periodo de estabulación, fundamentales para la rentabilidad económica de muchas explotaciones de montaña, serían reducidas en el sistema tradicional de partos en primavera. Esta limitación se debe a que el nivel de subnutrición tolerable durante el invierno depende del estado de los animales a la entrada al establo, la duración del periodo de estabulación (Petit et al., 1992) y las posibilidades de recuperación durante el periodo de pastoreo (Russel y Broadbent, 1985).

Una subnutrición en el preparto podría originar retrasos en la reanudación de la actividad ovárica postparto, con la consecuente prolongación del intervalo entre partos y el periodo improductivo de la vaca (Bellows y Short, 1978; Blasco et al., 1992b; Sanz et al., 1997).

En el caso de las vacas con parto en otoño, capaces de llegar al parto en un adecuado estado corporal, la subnutrición durante el inicio de la lactación tendría como principal consecuencia una reducción en los niveles de producción lechera y por tanto en las ganancias de los terneros (Hodgson et al., 1980; Sommerville et al., 1983; Le Neindre y Vallet, 1992; Casasús et al., 1997a), situación que, sin alterar los resultados reproductivos (Blasco, 1991; San Juan, 1993; Sanz et al., 1997), puede paliarse mediante la suplementación de los terneros o el destete precoz, sin alterar seriamente la productividad del sistema.

Cabe destacar que, incluso en la paridera de otoño, las ganancias de peso observadas durante el periodo de pastoreo en este trabajo están lejos de las descritas en otras áreas de producción extensiva: entre 46 y 77 kg en Nueva Zelanda (Hight, 1966), 95 kg en Normandía (Jarrige, 1974), 70-90 kg en vacas Limousin y Salers en el Macizo Central francés (Petit et al., 1994), o ganancias de hasta 0.5 kg/día durante 5 meses de lactación en pastoreo en Gales (Wright et al., 1994), todas ellas en sistemas de partos en primavera.

En los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas húmedas, Osoro (1989) calculó que cuando las vacas disponían de hierba de buena calidad (12 MJ EM/kg MS) la recuperación

de un punto de condición corporal (Lowman et al., 1976) se realizaría en 50-70 días de pastoreo, suponiendo que la capacidad de ingestión era de 15 kg MS/vaca/día.

Durante el pastoreo estival en nuestros puertos, Villalba (1995) estimó mediante balances energéticos que la capacidad de ingestión de hierba oscilaba entre 14.7 y 15 kg MS diarios en las vacas con parto en otoño y primavera respectivamente. Estas estimas fueron muy similares a las determinaciones realizadas en vacas lactantes de raza Asturiana de los Valles mediante la técnica de los alcanos por Oliván (1995), que halló ingestiones de 14.74 kg MS diarios.

Sin embargo, a pesar de la elevada capacidad de ingestión, el valor nutritivo del pasto en nuestras condiciones distó mucho del descrito por Osoro (1989), ya el contenido energético medio de los pastos de puerto fue de 6.0 MJ EM/kg MS (Villalba, 1995). Este valor se encontraría próximo a los 6.37 y 6.60 MJ EM/kg MS descritos en pastos de *Nardus stricta*-*Trifolium alpinum* y de *Festuca skia* del valle de Benasque (Ascaso et al., 1991), calculados mediante siega y análisis al inicio del verano, por lo que cabe suponer que su calidad descendería a lo largo del mismo.

Es evidente que en estas condiciones el ritmo de ganancias no puede ser similar: considerando la metabolibilidad de la dieta y las eficiencias de transformación de la EM en EN, para se alcanzasen ganancias durante el verano próximas a los 0.5 kg/día las vacas habrían de ingerir, por lo menos, 9 MJ EM diarios extra. Esto supondría elevar la capacidad de ingestión en 1.5 kg más, lo que sobre 15 kg de MS al día sería difícil, o que la calidad de la hierba debería ser superior en al menos 0.6 MJ EM/kg, y mantenida durante el verano.

Indudablemente existen descritas en la bibliografía experiencias encaminadas a incrementar el rendimiento animal en pastos de montaña mediante la mejora de la calidad de la hierba (de Montard et al., 1974; Ocaña et al., 1978; Favre, 1978), o el manejo de los rebaños (Bornard et al., 1987; Osoro et al., 1995a), pero, en los momentos actuales y en las condiciones del Pirineo muchos de estos planteamientos son de dudosa aplicación, dado el carácter comunal de los puertos.

La diferencia entre los rendimientos observados y los descritos en la literatura no son patrimonio exclusivo de la montaña pirenaica. En los puertos de Asturias se describe también que las vacas lactantes de raza Asturiana de los Valles (500 kg de peso a la subida a puerto) perdían 0.26 kg/día durante 82 días de pastoreo de verano, a pesar de ingerir diariamente 14.74 kg MS de hierba, mientras sus terneros ganaban 0.76 kg/día (Oliván, 1995).

Las ganancias aquí descritas se encontrarían más próximas a las observadas en algunas zonas de producción extensiva de E.E.U.U.: entre 14 y 24 kg durante 5 meses de lactación en pastos de festuca o festuca + leguminosas (Holloway et al., 1985).

No obstante, en los sistemas de ranching americanos se describen mayores ganancias si los terneros se destetan precozmente que si permanecen con las vacas hasta el inicio del invierno. Así, Grings et al. (1996) describen ganancias de 23 kg durante tres meses de lactación en pastoreo y 26 kg en los tres meses posteriores, ya sin el ternero. Sin embargo, si los terneros siguen con sus madres durante estos tres meses, ganando 0.58 kg/día, las vacas pueden perder 3.6 kg en esta fase (Short et al., 1996).

En conjunto, aunque la contribución del pastoreo a los AEE recibidos de la dieta anualmente fue ligeramente superior en la paridera de otoño que en la de primavera y similar entre razas, las cifras medias sólo oscilaron entre 42.1 y 43.5%. Hay que destacar que esta relación está lejos del 47-65% descrito por Wright et al. (1994), en función de la raza y la disponibilidad de hierba durante el periodo de pastoreo.

Esta proporción también es inferior al 66% propuesto por Petit (1988) para una vaca Charolesa adulta. Aunque no disponemos de cifras exactas, seguramente también sería inferior a los obtenidos en los sistemas de ranching practicados en Norteamérica, en los que las vacas permanecen en pastoreo durante todo el año y únicamente reciben suplementación durante las fases en que la disponibilidad de hierba y las necesidades de las vacas se encuentran más desequilibradas (Adams et al., 1996).

En este contexto es evidente que las recomendaciones de alimentación invernal, que al fin y al cabo es la que el ganadero controla, establecidas para otras áreas de producción extensiva con mayor disponibilidad de hierba de calidad durante el periodo de pastoreo no pueden ser aplicadas de forma estricta en nuestras condiciones, y las estrategias de manejo a escala anual tienen que redefinirse en función de los recursos disponibles.

Las particulares condiciones de cada sistema de producción implican que hay que ajustar las demandas del ganado y la disponibilidad forrajera real, ya sea ajustando “el forraje a la vaca” o “la vaca al forraje” (Adams et al., 1996).

La primera opción consistiría en suplementar con alimentos de bajo coste durante el invierno o posibilitar la prolongación del periodo de pastoreo en dicha época mediante cultivos alternativos (Adams et al., 1996). Esta alternativa sería aplicable únicamente en las zonas en las que las condiciones climáticas lo permitieran, aunque en el área Pirenaica el periodo de parada vegetativa es prolongado.

Una combinación de ambas posibilidades se estudió en nuestras condiciones (Casasús et al., 1996b), comparando los rendimientos de vacas estabuladas desde Diciembre con otras que pastaron en áreas forestales hasta un mes previo al parto (en Marzo), recibiendo diariamente 9 kg MS de paja. En el lote que había permanecido en el pasto los pesos al parto de la madre

y del ternero fueron inferiores a los de las estabuladas, pero las diferencias se habían compensado al final de la estación de pastoreo siguiente, con un ahorro del 27% en el coste de la alimentación invernal.

Además, en praderas de montaña en Francia se comprobó que la prolongación del periodo de pastoreo permitía una mejor utilización de la vegetación disponible, reduciendo la altura y la proporción de material muerto residual en el pasto (D'Hour et al., 1996), por lo que también sería interesante desde un punto de vista medio ambiental.

El ajuste de la vaca al forraje puede realizarse a nivel individual o de rebaño (Micol et al., 1997). El ajuste individual de la vaca de cría se consigue mediante la utilización de genotipos adaptados al aprovechamiento de los recursos disponibles y capaces de utilizar sus reservas corporales durante los periodos de escasez. Además, el potencial de recuperación de peso durante la estación de pastoreo depende en buena medida de la capacidad de ingestión de pasto, que a tenor de los resultados obtenidos en estabulación es alta en las dos razas estudiadas.

El ajuste del rebaño pasa por una reducción de los costes de alimentación durante la invernada, para lo que puede aplicarse una cierta subnutrición invernal o prolongar la duración del pastoreo sobre los recursos pastables disponibles (Petit et al., 1995a).

El manejo del rebaño puede orientarse a una máxima adaptación de la oferta y la demanda nutricional mediante la elección de las fechas de reproducción y la duración del periodo de lactación (Thériez et al., 1994; Micol et al., 1997). En este sentido y como se ha comentado, en diversas áreas de producción extensiva de ganado vacuno se ha considerado que el sistema de partos en primavera es más eficiente en la sincronización de la demanda energética con el crecimiento natural del pasto.

De los resultados expuestos se desprende que esto no es así en nuestras condiciones de explotación, ya que sólo las vacas con parto de otoño, secas durante toda la estación de pastoreo, compensaron en esta época las pérdidas de peso registradas durante la estabulación.

Sin embargo, esto no implica que la producción de terneros en esta zona deba de orientarse exclusivamente a parideras de otoño, sino únicamente que las posibilidades de subnutrición de los animales durante el invierno no pueden ser iguales según la época de parto.

El interés, o inclusive la necesidad de mantener ambas parideras se debe, en primer lugar, a que la diversificación de la producción reduce los riesgos, aspecto muy a tener en cuenta cuando el único producto del sistema es un ternero por año. Además, las condiciones particulares de cada explotación, como aspectos sociológicos o desarrollo de otras actividades, pueden condicionar la elección de una u otra época de parto, o las dos.

En cualquier caso, sea cual sea el sistema de partos, la gestión anual del rebaño pasa por asegurar ciertos puntos claves. Estos serían fundamentalmente dos: la consecución de una condición corporal adecuada en el momento del parto, que permita duraciones del periodo anéstrico compatibles con un parto anual (Randel, 1990; Short, 1990), y un aporte energético suficiente durante el periodo de reproducción, para no comprometer la fertilidad y que favorezca además a las vacas de peor estado corporal al parto (Richards et al., 1986; Wright et al., 1992).

La estrategia de gestión anual debe basarse en la adaptación de la oferta forrajera y la demanda del rebaño, teniendo en cuenta unas funciones de seguridad que garanticen una cierta flexibilidad ante las circunstancias no esperadas, como el azar climático (Guérin et al., 1994).

La flexibilidad del manejo debe materializarse en una serie de tácticas o decisiones en cada periodo (subnutrición, elección de fechas de destete o estabulación) (Guérin et al., 1994) para las que es fundamental conocer sus efectos en la productividad del rebaño. En este sentido, la literatura aporta múltiples referencias y también se han desarrollado diversos trabajos en nuestras condiciones (Blasco et al., 1992b; Ferrer et al., 1997a).

Finalmente, independientemente de la magnitud de los rendimientos observados, hay que destacar el papel de los rebaños en el mantenimiento del paisaje, que dentro de las directrices actuales propuestas por la Unión Europea puede considerarse una producción más del sistema, puesto que de hecho tiene su precio en forma de primas compensatorias.

El interés creciente por estudiar la utilidad del ganado en la conservación del medio se ha plasmado en diversos trabajos realizados en áreas protegidas: en parques nacionales como el de Ordesa (Aldezabal et al., 1992) o el de Aigües Tortes (Bas et al., 1996), y en parques naturales como el del Gorbea (Marijuán, 1996).

También se ha estudiado la capacidad del ganado para utilización de material potencialmente combustible en pastos forestales (Torrano et al., 1997; Ferrer et al., 1997a), e incluso su utilidad en el mantenimiento de superficies esquiables como las estaciones alpinas de Huez (Bornard et al., 1987).

Indudablemente no es fácil compatibilizar, a nivel de explotación o inclusive a nivel del sector productivo en su conjunto, los planteamientos productivos y los medioambientales, lo que obliga a todos aquéllos que desarrollamos nuestro trabajo en zonas sensibles, como las de montaña, a unificar nuestros objetivos. Pero, hoy por hoy, el mantener sistemas ganaderos rentables es un objetivo irrenunciable pues, sin rebaños y sin ganaderos, la conservación del medio se convierte en una quimera. Desearíamos que las aportaciones de esta Memoria pudieran suponer un pequeño paso en este sentido.

8.- CONCLUSIONES

8.- CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta Memoria y para las condiciones experimentales descritas, pueden extraerse las siguientes conclusiones generales:

1.- El estado fisiológico y la calidad de la dieta influyeron en la ingestión voluntaria de forrajes por vacuno de carne en los sentidos descritos en la bibliografía. No han podido evidenciarse diferencias en la capacidad de ingestión atribuibles a la raza. Únicamente se observaron diferencias durante la lactación, periodo en el que la ingestión de alfalfa deshidratada fue superior en las vacas de raza Parda Alpina, en función de su mayor potencial lechero y la elevada ingestibilidad del alimento utilizado.

2.- La capacidad de ingestión de las vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica resultó ser similar a la reseñada en la bibliografía para otras razas rústicas habitualmente utilizadas en el centro de Europa, significativamente superior a la descrita en razas de tipo cárnico y próxima incluso a la observada en genotipos lecheros. Las ecuaciones de predicción desarrolladas en el INRA permitieron estimar con exactitud la capacidad de ingestión de los animales jóvenes. En cuanto a los adultos, si bien en las vacas en gestación avanzada se obtuvieron errores de predicción en torno al 10%, en los animales de necesidades reducidas, o en dietas diferentes a las convencionales ninguna ecuación se ajustó a los resultados obtenidos.

3.- Durante el pastoreo de primavera en praderas de fondo de valle, las vacas de raza Parda Alpina presentaron mayor producción de leche y menor ganancia de peso que las de raza Pirenaica, pudiéndose deducir diferencias raciales en las pautas de distribución de la energía hacia las distintas funciones fisiológicas.

La similitud en los parámetros comportamentales y en las pautas de pastoreo podrían indicar que la ingestión de hierba por las vacas de ambas razas habría sido similar, como sugieren los balances energéticos estimados.

4.- La recuperación media de peso registrada durante la estación de pastoreo en los ocho años de control osciló entre 8 y 52 kg en función de la raza y la época de parto. La contribución energética del pastoreo apenas superó el 40 por ciento de los aportes energéticos obtenidos anualmente de la dieta, valores inferiores a los descritos en otras áreas de producción extensiva de vacuno.

5.- Las variaciones de peso de las vacas se vieron afectadas por diversos factores ligados al animal y al manejo, como la edad (las vacas multíparas presentaron mayores ganancias que

las primíparas), la época de parto (la ganancia fue mayor en las vacas con parto de otoño que en las de primavera) y la raza (las vacas Pirenaicas tuvieron ganancias ligeramente superiores). También se observó una compensación del nivel nutricional aplicado durante la fase de lactación en establo, de forma que las vacas con mayores pérdidas de peso durante la estabulación presentaron mayores ganancias en pastoreo.

6.- El manejo reproductivo también influyó sobre la evolución del peso de las vacas a lo largo del ciclo anual y las pautas de distribución de los aportes energéticos hacia las distintas funciones fisiológicas. Las vacas con parto en otoño recuperaron el peso perdido en lactación principalmente durante la estación de pastoreo, mientras que las de parto en primavera, lactantes durante el verano, presentaron menores ganancias en pastoreo y tuvieron que recuperar buena parte de las reservas en la fase de estabulación previa al parto.

7.- Los aportes energéticos recibidos durante la fase de pastoreo y a lo largo del ciclo anual fueron similares en ambas razas. Sin embargo, las pautas de reparto de la energía fueron diferentes: las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de la energía recibida de la dieta hacia la producción de leche, mientras que las de raza Pirenaica presentaron mayores ganancias (o menores pérdidas) de peso.

8.- La eficiencia biológica de la producción de terneros destetados fue ligeramente inferior en las vacas con parto de otoño frente a las de parto de primavera, y mayor en las vacas de raza Parda Alpina que en las de raza Pirenaica, ya que a igualdad de aportes energéticos recibidos destetaron un ternero de mayor peso.

9.- Los resultados obtenidos en la presente Memoria muestran la necesidad de introducir importantes cambios conceptuales en la gestión técnica de los rebaños de carne explotados en condiciones extensivas. Es preciso privilegiar la recuperación de peso en el pasto, estableciendo estrategias de alimentación invernal tendentes a corregir los importantes desequilibrios interanuales existentes en el rendimiento animal durante la estación de pastoreo.

9.- RESUMEN

En la presente Memoria se han estudiado en las condiciones de producción de la montaña Pirenaica los efectos de la raza (Parda Alpina vs. Pirenaica) y la época de parto (primavera vs. otoño) sobre la ingestión voluntaria de forrajes y los rendimientos obtenidos en pastoreo.

La ingestión voluntaria de diversos forrajes se midió en hembras de razas Parda Alpina y Pirenaica de diferentes edades y estados fisiológicos (novillas, vacas adultas en distintas fases de gestación y en lactación). La ingestión se vio influida por la calidad del forraje y la edad y el estado fisiológico de los animales. No se observaron diferencias raciales en la capacidad de ingestión, salvo durante la lactación, fase en que las vacas de raza Parda Alpina presentaron una ingestión superior ligada a su mayor potencial lechero.

La capacidad de ingestión de ambas razas fue similar a la de otras razas rústicas y superior a las de tipo cárnico, aunque menor que la de las razas lecheras. La precisión en su predicción utilizando ecuaciones desarrolladas en otras condiciones dependió del estado fisiológico y del tipo de dieta.

Se analizaron también los rendimientos y el comportamiento ingestivo de vacas de ambas razas en lactación durante el pastoreo de primavera en praderas de fondo de valle. La producción lechera fue superior en las vacas de raza Parda Alpina, mientras que las de raza Pirenaica presentaron mayores ganancias. El comportamiento ingestivo y los balances energéticos estimados fueron idénticos en ambas razas, lo que sugiere que la ingestión de hierba habría sido similar.

Finalmente se estudiaron los rendimientos obtenidos durante la estación de pastoreo completa por un rebaño de vacas con parto en otoño (raza Parda Alpina) y otro con parto en primavera (razas Parda Alpina y Pirenaica), con lo que se trataron 552 datos registrados a lo largo de ocho años de estudio. La recuperación media de peso registrada en los distintos años osciló entre 8 y 52 kg en función de la raza y la época de parto. El pastoreo supuso una contribución energética a los aportes energéticos obtenidos anualmente de la dieta apenas superior al 40%.

La recuperación de peso durante el periodo de pastoreo se vio influida por la edad (las vacas multíparas presentaron mayores ganancias que las primíparas), la época de parto (la ganancia fue mayor en las vacas con parto de otoño que en las de primavera), la raza (las vacas Pirenaicas tuvieron ganancias ligeramente superiores) y el nivel nutricional aplicado durante la fase de lactación en establo (las ganancias en pastoreo fueron superiores en las vacas que habían presentado mayores pérdidas durante la estabulación).

La época de parto influyó significativamente en la evolución del peso de las vacas a lo largo del ciclo anual y las pautas de distribución de los aportes energéticos hacia las distintas

funciones fisiológicas. Las elevadas necesidades de lactación durante el pastoreo estival en puertos y los bajos rendimientos observados durante el otoño en pastos forestales supusieron para las vacas con parto en primavera una insuficiente recuperación de peso en pastoreo, que tuvo que completarse durante el periodo de estabulación previo al parto. Por el contrario, la recuperación del peso perdido durante la estabulación por las vacas con parto en otoño se realizó fundamentalmente durante la estación de pastoreo.

No se observaron diferencias raciales en la cantidad de aportes energéticos obtenidos de la dieta durante la fase de pastoreo y a lo largo del ciclo anual, aunque las pautas de reparto de la energía fueron diferentes entre razas. Las vacas de raza Parda Alpina destinaron una mayor proporción de la energía recibida de la dieta hacia la producción de leche, mientras que las de raza Pirenaica presentaron mayores ganancias de peso.

La eficiencia biológica de la producción de terneros destetados fue ligeramente inferior en las vacas con parto de otoño frente a las de parto de primavera, y mayor en las vacas de raza Parda Alpina que en las de raza Pirenaica, ya que a igualdad de aportes energéticos recibidos destetaron un ternero de mayor peso.

10.- SUMMARY

The effects of breed (Parda Alpina vs. Pirenaica) and calving season (spring vs. autumn) on voluntary intake of forages and performances during the grazing season were studied under mountain conditions.

The voluntary intake of forages of different quality was measured in Parda Alpina and Pirenaica females of different ages and physiological stages (heifers, pregnant and lactating adult cows). Intake was influenced by forage quality and animal age and physiological stage. No differences were found between both breeds in intake capacity, except for the lactation period. The voluntary intake of dehydrated lucerne by lactating Parda Alpina cows was higher than that of Pirenaica cows, due to their higher milk yield.

The intake capacity of both breeds was similar to that of other hardy breeds and higher than the observed in beef breeds, but lower than that of dairy ones. Several prediction equations developed in different conditions were tested to predict the actual observations, but the accuracy of the prediction depended on the physiological stage and the quality of the diet.

The performances and grazing behaviour of lactating cows of both breeds during spring grazing in valley meadows were also analysed. Milk production was significantly higher in Parda Alpina cows, whilst weight gains were higher in Pirenaica cattle. The grazing behaviour and estimated energy balances were identical for both breeds, suggesting that herbage intake was similar.

Finally, the performances achieved during the whole grazing season by an autumn-calving herd (Parda Alpina cows) and a spring-calving one (Parda Alpina and Pirenaica cattle) were studied, by analysing 552 data gathered over eight years. The average weight recovered in the different years of study ranged between 8 and 52 kg, depending on breed and calving season. The contribution of grazed herbage to the estimated dietary energy received throughout the year was slightly over 40%.

The recovery of body weight during the grazing season was affected by age (multiparous cows had higher gains than primiparous ones), calving season (gains were higher for autumn- than for spring-calving cows), breed (Pirenaica cattle had higher gains) and nutrition level during the housing period (gains on pasture were higher in the cows that had had the lowest gains during the winter).

The evolution of body weight throughout the year and the pattern of distribution of energy to the different physiological functions was significantly affected by calving season. The high requirements for lactation during summer grazing and the low performances observed in the autumn on forest pastures did not allow spring-calving cows to recover enough reserves during the grazing season, which had to be gained during the housing period, prior to calving. On the opposite, the weight loss of autumn-calving cows during the housing period was recovered during the grazing season.

The energy received from the diet, considering either the grazing season or the whole annual cycle was similar for both breeds, but the patterns of energy distribution were different. Parda Alpina cows delivered more energy to milk production, while Pirenaica cows turned more energy into body reserves.

The biological efficiency of producing weaned calves was slightly lower in autumn- than in spring-calving cows, and it was higher in Parda Alpina than in Pirenaica cows, as they received the same amount of dietary energy but the gains and weaning weights of their calves were higher.

11.- BIBLIOGRAFÍA

- **A.F.R.C. (1991)**. "AFRC Technical Committee on responses to nutrients. Report Number 8. Voluntary intake of cattle". Nutrition Abstracts Reviews. (Series B) 61: 815-823.
- **A.R.C. (1980)**. "The nutrient requirements of ruminant livestock". Farnham Royal, U.K., Commonwealth Agricultural Bureaux. 351 págs.
- **Adams, D. C., Clark, R. T., Klopfenstein, T. J., Volesky, J. D. (1996)**. "Matching the cow with forage resources". Rangelands 18: 57-62.
- **Adams, D. C., Nelsem, T. C., Reynolds, W. L., Knapp, B. W. (1986)**. "Winter grazing activity and forage intake of range cows in the Northern great plains". Journal of Animal Science 62: 1240-1246.
- **Adams, D. C., Short, R. E., Knapp, B. W. (1987)**. "Body size and body condition effects on performance and behavior of grazing beef cows". Nutrition Reports International 35: 269-277.
- **Agabriel, J., D'Hour, P., Petit, M. (1987a)**. "Influence de l'âge et de la race sur la capacité d'ingestion des femelles bovines". Reproduction Nutrition Développement 27: 211-212.
- **Agabriel, J., Dulphy, J. P., Micol, D. (1987b)**. "Utilisation des foins pour la croissance et l'engraissement des bovins". En *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*. Demarquilly, C. (Ed.). INRA, Paris: 283-318.
- **Agabriel, J., Garel, J. P., Lassalas, J., Petit, M. (1991)**. "Engraissement des vaches de réforme du troupeau allaitant en conditions de montagne". I.N.R.A. Productions Animales 4: 389-397.
- **Agabriel, J., Giraud, J. M., Petit, M. (1986)**. "Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant". Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 66: 43-50.
- **Agabriel, J., Petit, M. (1987)**. "Recommandations alimentaires pour les vaches allaitantes". Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 70: 153-166.
- **Agabriel, J., Petit, M., Giraud, J. M. (1993a)**. "Rumen contents of Charolais cows during the grazing period". Annales de Zootechnie 42: 162.
- **Agabriel, J., Petit, M., Lassalas, J. (1993b)**. "Evolution of body reserves of Charolais cows on a whole of production". Suckler Cow Workers' Meeting, Galway, Ireland.
- **Agabriel, J., Petit, M., Ollier, A., Chilliard, Y. (1995)**. "Effects of underfeeding on body reserves variations and on energy efficiency of lactating Charolais cows". Annales de Zootechnie 44: 317.
- **Alberti, P., Revilla, R. (1987)**. "Nivel de alimentación invernal y crecimiento en puerto de novillas de montaña". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 7: 186-188.
- **Aldezábal, A., Bas, J., Fillat, F., García-González, R., Garín, I., Gómez, D., Sanz, J. L. (1992)**. "Utilización ganadera de los pastos supraforestales en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido". Informe final. Convenio ICONA-CSIC.
- **Allden, W. G. (1970)**. "The effects of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle". Nutrition Abstracts and Reviews 40: 1167-1185.
- **Allden, W. G., Whittaker, A. M. (1970)**. "The determinants of herbage intake by grazing ruminants: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability". Australian Journal of Agricultural Research 21: 755-766.

- **Allison, C. D. (1985).** "Factors affecting forage intake by range ruminants: a review". *Journal of Range Management* 38: 305-311.
- **Almería, S., Gracia, M. J., Llorente, M., Uriarte, J. (1996).** "Comparative susceptibility of Pyrenean and Brown Swiss calves to gastrointestinal nematodes in subclinical naturally acquired infections". *Veterinary Parasitology* 63: 3-4.
- **Altarriba, J., García Cortés, L. A., Moreno, C. (1991).** "Criterios para la elaboración y desarrollo del plan de mejora de la raza vacuna Pirenaica". *I.T.E.A. Producción Animal* 87 A: 275-279.
- **Altarriba, J., García-Cortés, L. A., Moreno, C., Varona, L. (1996).** "Situación y perspectivas de la mejora genética de la raza vacuna Pirenaica". *I.T.E.A. Producción Animal* 92 A: 107-116.
- **Andrieu, J., Demarquilly, C. (1987).** "Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles". En *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*. Demarquilly, C. (Ed.). INRA, Paris: 163-182.
- **Armstrong, R. H., Hodgson, J. (1986).** "Grazing behaviour and herbage intake in cattle and sheep grazing indigenous hill plant communities". En *Grazing research at northern latitudes*. O. Gudmundsson (Ed.). Plenum Press, New York: 211-218.
- **Arnold, G. W. (1981).** "Grazing behaviour". En *Grazing animals*. F. H. W. Morley (Ed.). Elsevier Scientific, Amsterdam. *World Animal Science*, B1: 79-104.
- **Arnold, G. W. (1984).** "Comparison of the time budgets and circadian patterns of maintenance activities in sheep, cattle and horses grouped together". *Applied Animal Behaviour Science* 13: 19-30.
- **Arnold, G. W., Dudzinski, M. L. (1978).** "Ethology of free ranging domestic animals". Elsevier.
- **Ascaso, J. (1988).** "Pastos arbustivos y forestales del Prepirineo Aragonés occidental. Aportaciones a su conocimiento y tipificación". *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 169-177.
- **Ascaso, J. (1990).** "Estudio fitocenológico y valoración de los recursos pastorales en las zonas forestales y arbustivas del Prepirineo Aragonés". *Institución Fernando el Católico Zaragoza*. 152 págs.
- **Ascaso, J., Ferrer, C., Maestro, M., Broca, A., Amella, A. (1991).** "Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo Central) de bajo valor pastoral". *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 249-255.
- **Bagley, C. P., Carpenter, J. D., Jr., Feazel, J. I., Hembry, F. G., Huffman, D. C., Koonce, K. L. (1987).** "Influence of calving season and stocking rate on beef cow-calf productivity". *Journal of Animal Science* 64: 687-694.
- **Baile, C. A., Forbes, J. M. (1974).** "Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants". *Physiology Reviews* 54: 160-214.
- **Baile, C. A., McLaughlin, C. L. (1987).** "Mechanisms controlling feed intake in ruminants: a review". *Journal of Animal Science* 64: 915-922.
- **Bailey, C. B., Lawson, J. E. (1981).** "Estimated water and forage intakes in nursing range calves". *Canadian Journal of Animal Science* 61: 415-421.
- **Baker, R. D. (1982).** "Estimating herbage intake from animal performance". En *Herbage intake handbook*. J. D. Leaver (Ed.). British Grassland Society Publications: 77-93.

- **Baker, R. D., Alvarez, 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., Barker, J. M. (1978).** "Milk-fed calves. 4. The effect of herbage allowance and milk intake upon herbage intake and performance of grazing calves". *Journal of Agricultural Science* 90: 31-38.
- **Baker, R. D., Le Du, Y. L. P., Alvarez, F. (1981b).** "The herbage intake and performance of set-stocked suckler cows and calves". *Grass and Forage Science* 36: 201-210.
- **Baker, R. D., Le Du, Y. L. P., Barker, J. M. (1982a).** "The influence of winter nutrition, grazing system and stocking rate on the performance of spring-calving Hereford x Friesian cows and their calves. 1. Winter Nutrition". *Animal Production* 34: 213-224.
- **Baker, R. D., Le Du, Y. L. P., Barker, J. M. (1982b).** "The influence of winter nutrition, grazing system and stocking rate on the performance of spring-calving Hereford x Friesian cows and their calves. 2. Grazing system and stocking rate". *Animal Production* 34: 225-237.
- **Baker, R. D., Le Du, Y. L. P., Barker, J. M. (1976).** "Milk-fed calves. 1. The effect of milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves". *Journal of Agricultural Science* 87: 187-196.
- **Balch, C. C., Campling, R. C. (1962).** "Regulation of voluntary intake in ruminants". *Nutrition Abstracts Reviews*. 32: 669-686.
- **Balent, G. (1987).** "Structure, fonctionnement et évolution d'un système pastoral. Le pâturage vu comme un facteur écologique piloté dans les Pyrénées Centrales". Tesis doctoral. Université de Rennes. 146 págs.
- **Bao, J., Giller, P. S., Kett, J. J. (1992).** "The effect of milk production level on grazing behaviour of Friesian cows under variable pasture conditions". *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 31: 23-33.
- **Barthram, G. T. (1986).** "Experimental techniques: the HFRO swardstick". Biennial report, HFRO 1984-1985: 29-30.
- **Barthram, G. T., Grant, S. A. (1984).** "Defoliation of rygrass-dominated swards by sheep". *Grass and Forage Science* 39: 211-219.
- **Bartle, S. J., Males, J. R., Preston, R. L. (1984).** "Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cow's milk for calf growth". *Journal of Animal Science* 58: 1068-1074.
- **Bas, J., Moreno, A., Martínez, J., Fanlo, R. (1996).** "La ramadería al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici". Memoria. Universitat de Lleida.
- **Bauman, D. E., Currie, W. B. (1980).** "Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis". *Journal of Dairy Science* 63: 1514-1529.
- **Baumont, R. (1996).** "Palatabilité et comportement alimentaire chez les ruminants". *I.N.R.A. Productions Animales* 9: 349-358.

- **Baumont, R., Détour, A., Jamot, J., Cellarier, E., Jailler, R., Jailler, R., Geay, Y., Renard, J. P. (1995).** "Individual variations of voluntary intake, feeding behaviour and development of the digestive tract in Holstein cloned growing bulls". *Annales de Zootechnie* 44: 268.
- **Baumont, R., Dulphy, J. P., Demarquilly, C. (1997).** "Maximiser l'ingestion de fourrages conservés". 4^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris: 57-64.
- **Beaver, J. M., Olson, B. E. (1997).** "Winter range use by cattle of different ages in southwestern Montana". *Applied Animal Behaviour Science* 51: 1-13.
- **Bellows, R. A., Short, R. E. (1978).** "Effects of precalving feeding level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility". *Journal of Animal Science* 46: 1522-1528.
- **Belovsky, G. E., Schmitz, O. J. (1991).** "Mammalian herbivore optimal foraging and the role of plant defenses". En *Plant defenses against mammalian herbivory*. R. T. Palo, C. T. Robbins (Ed.). CRC Press, Inc., Boca Ratón, Florida: 1-28.
- **Beverlin, S. K., Havstad, K. M., Ayers, E. L., Petersen, M. K. (1989).** "Forage intake responses to winter cold exposure of free-ranging beef cows". *Applied Animal Behaviour Science* 23: 75-85.
- **Bines, J. A. (1971).** "Metabolic and physical control of food intake in ruminants". *Proceedings of the Nutrition Society* 30: 116-122.
- **Bines, J. A. (1976).** "Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production". *Livestock Production Science* 3: 115-128.
- **Bines, J. A., Morant, S. V. (1983).** "The effect of body condition on metabolic change associated with intake of food by the cow". *British Journal of Nutrition* 50: 81-89.
- **Bines, J. A., Suzuki, S., Balch, C. C. (1969).** "The quantitative significance of long-term regulation of food intake in the cow". *British Journal of Nutrition* 23: 695-704.
- **Black, J. L., Kenney, P. A. (1984).** "Factors affecting diet selection by sheep. 2. Height and density of pasture". *Australian Journal of Agricultural Research* 35: 565-578.
- **Blanch, M., Villalba, D., Casasús, I., Bergua, A., Revilla, R., Gibon, A. (1995).** "Factores que afectan a la evolución de peso y condición corporal durante el período de pastoreo en ovejas de raza Churra Tensina explotadas en condiciones de montaña". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 16*: 180-182.
- **Blasco, I. (1991).** "Influencia de diversos factores de explotación sobre las características reproductivas del periodo post-parto en ganado vacuno de montaña". Tesis doctoral. Departamento de Patología Animal. Universidad de Zaragoza. 163 págs.
- **Blasco, I., Olleta, J. L., San Juan, L., Revilla, R. (1992a).** "The Pyrenean breed: some production trials and the interest in its conservation in mountain areas". *Archivos de Zootecnia* 41: 549-553.
- **Blasco, I., Revilla, R., San Juan, L. (1992b).** "Alimentación invernal y reproducción en vacuno de montaña". *Bovis* 46: 67-97.
- **Blaxter, K. L., Wainman, R. W., Wilson, R. S. (1961).** "The regulation of food intake by sheep". *Animal Production* 3: 51-61.

- **Boggs, D. L., Smith, E. F., Schalles, R. R., Brent, B. E., Corah, L. R., Pruitt, R. J. (1980).** "Effects of milk and forage intake on calf performance". *Journal of Animal Science* 51: 550-553.
- **Bornard, A., Cozic, P., Bernard-Brunet, C., Mathieu, P. (1987).** "Valorisation par des bovins et des ovins de pelouses à Fétuque spadicée et de landes à Myrtilles". En *Exploitation de pelouses et landes subalpines par des bovins et des ovins*. CEMAGREF, Grenoble. 211: 199-224.
- **Broadbent, P. J., Topps, J. H., Clark, J. J., Bruce, J. M. (1984).** "Evaluation of a model of the energy system of lactating and pregnant cows". *Animal Production* 38: 363-375.
- **Bruce, J. M., Broadbent, P. J., Topps, J. H. (1984).** "A model of the energy system of lactating and pregnant cows". *Animal Production* 38: 351-362.
- **Burlison, A. J., Hodgson, J. (1985).** "The influence of sward structure on the mechanics of the grazing process in sheep". *Animal Production* 40: 530.
- **Burlison, A. J., Hodgson, J., Illius, A. W. (1991).** "Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep". *Grass and Forage Science* 46: 29-38.
- **Burns, J. C., Pond, K. R., Fisher, D. S. (1994).** "Measurement of forage intake". En *Forage quality, evaluation and utilization*. G. C. J. Fahey, L. E. Moser, D. R. Mertens, M. Collins (Ed.). University of Nebraska, Lincoln: 494-532.
- **Butris, G. Y., Phillips, C. J. (1987).** "The effect of herbage surface water and the provision of supplementary forage on the intake and feeding behaviour of cattle". *Grass and Forage Science* 42: 259-264.
- **Buttenschøn, J., Buttenschøn, R. M. (1978).** "The effect of browsing by cattle and sheep on trees and bushes". *Natura Jutlandica* 20: 79-94.
- **Butts, W. T., Jr., Onks, D. O., Neel, J. B., Corrick, J. A., Holloway, J. W. (1984).** "Relationships between traits of cow-calf pairs and a measure of partial efficiency". *Journal of Animal Science* 59: 1176-1184.
- **Candotti, J. J. (1989).** "Estimación de los parámetros de crecimiento de vacas Retintas en la Dehesa Extremeña y su relación con la producción de terneros". Tesis Master of Science. C.I.H.E.A.M.-I.A.M. Zaragoza, 196 págs.
- **Casasús, I., Bara, S., Revilla, R. (1995a).** "Ingestión voluntaria de forrajes en novillas y vacas de raza Parda Alpina y Pirenaica.". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 16: 27-29.
- **Casasús, I., Choquecallata, J., Bergua, A., Sanz, A., Revilla, R. (1996a).** "Extensificación de la producción ovina: un ejemplo de explotación en zonas de montaña". Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P: 313-317.
- **Casasús, I., Ferrer, R., Sanz, A., Villalba, D., Revilla, R. (1996b).** "Consequences de l'allongement de la période de pâturage en montagne sur les performances du troupeau allaitant: Bilan annuel". 3^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris: 104.
- **Casasús, I., Llorente, M., Revilla, R. (1995b).** "Grazing behaviour and performances of Pirenaica and Brown Swiss heifers". *Annales de Zootechnie* 44: 107.

- **Casasús, I., Revilla, R., Ferrer, R., Bara, S. (1996c).** “Efecto de la raza y del nivel de alimentación invernal sobre el crecimiento posterior de novillas de carne en praderas”. Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P: 407-411.
- **Casasús, I., Sanz, A., Villalba, D., Ferrer, R., Revilla, R. (1997a).** “Influencia del plano de alimentación durante la lactación sobre los rendimientos productivos y la movilización de reservas en vacas de cría”. I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra 18: 73-75.
- **Casasús, I., Sanz, A., Villalba, D., Ferrer, R., Revilla, R. (1997b).** “Capacidad de ingestión y recuperación de reservas tras el destete en vacas de cría alimentadas con diferentes dietas”. I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra 18: 76-78.
- **Chacon, E. A., Stobbs, T. H. (1976).** “Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle”. Australian Journal of Agricultural Research 29: 89-102.
- **Chacon, E. A., Stobbs, T. H., Dale, M. B. (1978).** “Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pasture”. Australian Journal of Agricultural Research 36: 97-105.
- **Chenost, M., Demarquilly, C. (1982).** "Measurement of herbage intake by housed animals". En *Herbage intake handbook*. British Grassland Society.
- **Chenost, M., Dulphy, J. P. (1987).** "Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles par les différents types de traitement". En *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*. (Ed.). INRA, Paris: 199-230.
- **Chigaru, P. R. N., Topps, J. H. (1981).** “The composition of body-weight changes in underfed lactating beef cows”. Animal Production 32: 95-103.
- **Chilliard, Y., Remond, V., Agabriel, J., Robellin, J., Verité, R. (1987).** “Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation”. Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 70: 117-131.
- **Choquecallata, J., Casasús I., Bergua A., Villalba D., Blanch M., Revilla R. (1996).** “Variación de peso y condición corporal en ovejas de raza Churra Tensina durante el pastoreo de verano en puertos de alta montaña”. Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P: 403-406.
- **Church, D. C., Santos, A. (1981).** “Effect of graded levels of soybean meal and of a nonprotein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw”. Journal of Animal Science 53: 1609-1615.
- **CIHEAM (1990).** "Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéene". Ed. X. Alibes, J. L. Tisserand. IAMZ-CIHEAM Zaragoza. 152 págs.
- **Clutter, A. C., Nielsen, M. K. (1987).** “Effect of level of beef cow milk production on pre- and post-weaning calf growth”. Journal of Animal Science 64: 1313-1322.
- **Combellas, J., Hodgson, J. (1979).** “Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. I. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial”. Grass and Forage Science 34: 209-214.

- **Comerón, E. A. (1991).** "Estimation des quantités ingérées par des vaches laitières au pâturage: Influence des caractéristiques des animaux. Influence de la quantité et de la structure de l'herbe offerté". Tesis doctoral. Section Sciences Biologiques. Université de Rennes I. 156 págs.
- **Conrad, H. R. (1966).** "Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting intake". *Journal of Animal Science* 25: 227-235.
- **Conrad, H. R., Pratt, A. D., Hibbs, J. W. (1964).** "Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility". *Journal of Dairy Science* 47: 54-62.
- **Cook, C. W. (1966).** "Factors affecting utilization of mountain slopes by cattle". *Journal of Range Management*: 200-204.
- **Corbett, J. L., Langlands, J. P., Reid, G. W. (1963).** "Effects of season of growth and digestibility of herbage on intake by grazing dairy cows". *Animal Production* 5: 119-129.
- **Coulon, J. B. (1995).** "Effets respectifs du changement de l'alimentation et de l'environnement lors de la sortie au pâturage sur la composition chimique et l'aptitude à la coagulation du lait". *Annales de Zootechnie* 44: 153-160.
- **Coulon, J. B., D'Hour, P. (1994).** "Capacité d'ingestion comparée de génisses et de vaches de race Holstein, Montbéliarde et Tarentaise". *Annales de Zootechnie* 43: 389-392.
- **Coulon, J. B., Garel, J. P., Hoden, A. (1986).** "Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 66: 23 -29.
- **Creus, J. (1983).** "El clima en el Alto Aragón occidental." *Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos Jaca*.
- **Creus, J. (1989).** "Características climáticas más relevantes". En *Introducción a la ecología del Pirineo Aragonés*. (Ed.). Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), Jaca.
- **Cruickshank, G. J., Poppi, D. P., Sykes, A. R. (1992).** "The intake, digestion and protein degradation of grazed herbage by early-weaned lambs". *British Journal of Nutrition* 68: 349-364.
- **Daumas, M. (1976).** "La vie rurale dans le Haut Aragon Oriental". Ed. C.S.I.C. Madrid. 774 págs.
- **Davis, K. C., Tess, M. W., Kress, D. D., Doornbos, D. E., Anderson, D. C. (1994).** "Life cycle evaluation of five biological types of beef cattle in a cow-calf range production system: I. Model development". *Journal of Animal Science* 72: 2585-2590.
- **de Montard, F., Petit, M., Courseau, G. (1974).** "Utilisation d'un pâturage d'altitude des Monts-Dore par des génisses en croissance". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 17: 45-56.
- **Demarquilly, C. (1966).** "Valeur alimentaire de l'herbe des prairies temporaires aux stades d'exploitation pour le pâturage". *Annales de zootechnie* 15: 147-169.
- **Demarquilly, C. (1968).** "Valeur alimentaire des fourrages déshydratés". *Fourrages* 34: 45-61.
- **Demarquilly, C., Andrieu, J. P. (1988).** "Les fourrages". En *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. I.N.R.A. Publications, Paris.
- **Demment, M. W., Greenwood, G. B. (1988).** "Forage ingestion: effects of sward characteristics and body size". *Journal of Anima Science* 66: 2380-2392.

- **Demment, M. W., Laca, E. A., Greenwood, G. B. (1987).** "Intake in grazing ruminants: a conceptual framework". En *Proc. Symp. Feed intake by beef cattle*. F. N. Owens (Ed.). Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University, Stillwater: 208-225.
- **Demment, M. W., Peyraud, J. L., Laca, E. A. (1995).** "Herbage intake at grazing: a modelling approach". En *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand, France, September 11-15, 1995*. M. Journet, E. Grenet, M. H. Farce, M. Theriez, C. Demarquilly (Ed.). INRA Editions, Paris: 121-141.
- **D'Hour, P., Coulon, J. B., Garel, J. P. (1991).** "Capacité d'ingestion des génisses: influence de la race, de l'âge et de la qualité du foin". *Annales de Zootechnie* 40: 171-179.
- **D'Hour, P., Josien, E., Petit, M., Lassalas, J. (1996).** "Allongement de la période de pâturage pour des vaches allaitantes". 3^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris: 102.
- **D'Hour, P., Petit, M., Garel, J. P., Mante, A. (1994).** "Variations in grazing behaviour of Salers and Limousin heifers during time spent in the paddock in a rotational system". *Annales de Zootechnie* 13: 289.
- **D'Hour, P., Petit, M., Pradel, P., Garel, J. P. (1995).** "Evolution du poids et de la production laitière au pâturage de vaches allaitantes Salers et Limousines dans deux milieux". 2^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris: 105-108.
- **Dougherty, C. T., Smith, E. M., Bradley, N. W., Forbes, T. D. A., Cornelius, P. L., Lauriault, L. M., Arnold, C. D. (1988).** "Ingestive behaviour of beef cattle grazing alfalfa (*Medicago sativa* L.)". *Grass and Forage Science* 43: 121-130.
- **Dulphy, J. P., Carle, B., Demarquilly, C. (1990).** "Quantités ingérées et activités alimentaires comparées des ovins, bovins et caprins recevant des fourrages conservés avec ou sans aliment concentré. I. Etude descriptive". *Annales de Zootechnie* 39: 95-111.
- **Dulphy, J. P., Faverdin, P. (1987).** "L'ingestion alimentaire chez les ruminants: modalités et phénomènes associés". *Reproduction Nutrition Développement*. 27: 129-155.
- **Dulphy, J. P., Faverdin, P., Micol, D., Bocquier, F. (1987).** "Révision du système des Unités d'Encombrement (UE)". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 70: 35-48.
- **Dulphy, J. P., Jouany, J. P., Martin-Rosset, W., Thériez, M. (1994).** "Aptitudes comparées de différentes espèces d'herbivores domestiques à ingérer et digérer des fourrages distribués à l'auge". *Annales de Zootechnie* 43: 11-32.
- **Dumont, B. (1997).** "Diet preferences of herbivores at pasture". *Annales de Zootechnie* 46: 105-116.
- **Dumont, B., Petit, M. (1995).** "An indoor method for studying the preferences of sheep and cattle at pasture". *Applied Animal Behaviour Science* 46: 67-80.
- **Dunn, R. W., Havstad, K. M., Ayers, E. L. (1988).** "Grazing behavior responses of rangeland beef cows to winter ambient temperatures and age". *Applied Animal Behaviour Science* 21: 201-207.
- **Ehrenreich, J. H., Bjugstad, A. J. (1966).** "Cattle grazing time is related to temperature and humidity". *Journal of Range Management* 19: 141-142.

- **El-Aich, A., Moukadem, A., Rittenhouse, L. R. (1989).** "Feeding station behavior of free-grazing sheep". *Applied Animal Behaviour Science* 24: 259-265.
- **Ellis, W. C., Wylie, M. J., Matis, J. H. (1988).** "Dietary-digestive interactions determining the feeding value of forages and roughages". En *Feed science*. E. R. Ørskov (Ed.). Elsevier Scientific, Amsterdam. *World Animal Science*, B4: 177-229.
- **Elston, D. A., Glasbey, C. A. (1991).** "Variability within system models: a case study". *Agricultural Systems* 37: 309-318.
- **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.
- **Esteban, C., Tejón, D. (1978).** "Catálogo de razas autóctonas españolas". Ed. M.A.P.A.
- **Faverdin, P., Agabriel, J., Bocquier, F., Ingrand, S. (1997).** "Maximiser l'ingestion de fourrages par les ruminants: maîtrise des facteurs liés aux animaux et à leur conduite". 4^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris: 65-74.
- **Faverdin, P., Baumont, R., Ingvarstsen, K. L. (1995).** "Control and prediction of feed intake in ruminants". En *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand, France, September 11-15, 1995*. M. Journet, E. Grenet, M.H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly. (Ed.). INRA Editions., Paris: 95-120.
- **Faverdin, P., Hoden, A., Coulon, J. B. (1987).** "Recommandations alimentaires pour les vaches laitières". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 70: 133-152.
- **Favre, Y. (1978).** "Comportement des bovins et des ovins en alpage". En *Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens*. I.N.R.A. Theix : 177-203.
- **Ferrell, C. L., Jenkins, T. G. (1984a).** "A note of energy requirements for maintenance of lean and fat Angus, Hereford and Simmental cows". *Animal Production* 39: 305-309.
- **Ferrell, C. L., Jenkins, T. G. (1984b).** "Energy utilization by mature, non-pregnant, non-lactating cows of different types". *Journal of Animal Science* 58: 234-243.
- **Ferrell, C. L., Jenkins, T. G. (1985).** "Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects". *Journal of Animal Science* 61: 725-741.
- **Ferrer, C. (1988).** "Los recursos pascícolas del Pirineo Aragonés". *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 23-65.
- **Ferrer, R. (1995).** "Quantités ingérées et comportement d'ingestion des bovins au pâturage: influence du développement pondéral des animaux et de la hauteur de l'herbe". Tesis Doctoral. Chaire de Zootechnie. E.N.S.A. de Rennes. 128 págs.
- **Ferrer, R., Casasús, I., Petit, M. (1996).** "Factores determinantes de la ingestión de forrajes por el ganado vacuno". *I.T.E.A. Producción Animal*, 92A, nº 2: 143-154.
- **Ferrer, R., Casasús, I., Sanz, A., Villalba, D., Revilla, R. (1997a).** "Extensification of beef cattle production in the Spanish Pyrenees: comparison of performances under indoors vs. grazing

conditions". EU Workshop "Effect of extensification on animal performance and product quality", Gante (Bélgica).

- **Ferrer, R., Petit, M. (1995).** "The effect of winter feeding level on subsequent grazing behaviour and herbage intake of Charolais heifers". *Animal Science* 61: 211-217.
- **Ferrer, 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.
- **Ferrer, R., Villalba, D., Sanz, A., Casasús, I., Revilla, R. (1997b).** "Utilización digestiva de raciones a base de paja y alfalfa deshidratada por el vacuno". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra* 18: 43-45.
- **Fillat, F. (1981).** "De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. Estudio de los Valles de Ansó, Hecho y Benasque". Tesis Doctoral. .E.T.S.I.A. Universidad de Madrid.
- **Fitzhugh, H. A. (1978).** "Animal size and efficiency, with special reference to the breeding female". *Animal Production* 27: 393-401.
- **Forbes, J. M. (1985).** "Similarities and differences between intake control mechanisms in pigs, chickens and ruminants". *Proceedings of the Nutrition Society* 44: 331-338.
- **Forbes, J. M. (1986).** "The voluntary food intake of farm animals" Butterworth & Co. London. 206 págs.
- **Forbes, J. M. (1994).** "Physical limitation of feed intake in ruminants and its interactions with other factors affecting intake". *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 3: 119.
- **Forbes, T. D. A. (1988).** "Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals". *Journal of Animal Science* 66: 2369-2379.
- **Forbes, T. D. A., Hodgson, J. (1985a).** "Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep". *Grass and Forage Science* 40: 69-77.
- **Forbes, T. D. A., Hodgson, J. (1985b).** "The reaction of grazing sheep and cattle to the presence of dung from the same or the other species". *Grass and Forage Science* 40: 177-182.
- **Freedden, H. T., G.M., W., Rahnefeld, G. W., Lawson, J. E., Newman, J. A. (1987).** "Breed cross comparisons of beef cow productivity relative to winter feed inputs". *Journal of Animal Science* 64: 714-727.
- **Freer, M. (1981).** "The control of food intake by grazing animals". En *Grazing animals*. F. H. W. Morley (Ed.). Elsevier Scientific, Amsterdam. *World Animal Science*, B1: 105-124.
- **Funston, R. N., Kress, D. D., Havstad, K. M., Doornbos, D. E. (1991).** "Grazing behaviour of rangeland beef cattle differing in biological type". *Journal of Animal Science* 69: 1435-1442.
- **Gaines, W. L. (1928).** *Illinois Agr. Expt. Sta. Bull.* 308.
- **García-Belenguer, S., Palacio, J., Aceña, C., Gascón, M., Revilla, R., Mormède, P. (1996a).** "Neuroendocrine and metabolic adaptation of two cattle breeds to the physical stress of climbing to mountain pastures". *Applied Animal Behaviour Science* 49: 102.

- **García-Belenguer, S., Palacio, J., Gascón, M., Aceña, C., Revilla, R., Mormède, P. (1996b).** "Differences in the biological stress responses of two cattle breeds to walking up to mountain pastures in the Pyrenees". *Veterinary Research* 27: 515-526.
- **García-González, R., García-Serrano, A., Revilla, R. (1992).** "Comparación del régimen alimentario de vacas Pardo Alpinas y Pirenaicas en un puerto del Pirineo Occidental". *Actas de la XXXII Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 299-305.
- **García-González, R., Hidalgo, R., Montserrat, C. (1990).** "Patterns of livestock use in time and space in the summer ranges of the Western Pyrenees: A case study in the Aragón valley". *Mountain Research and Development* 10: 241-255.
- **Garel, J. P., Petit, M., Agabriel, J. (1988).** "Alimentation hivernale des vaches allaitantes en zone de montagne". *I.N.R.A. Productions Animales* 1: 19-23.
- **Garín, I., Azorín, J., Aldezabal, A., García-González, R. (1996).** "Implicaciones nutritivas del contenido en taninos de varias especies leñosas". *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.*: 293-297.
- **Garnsworthy, P. C. (1988).** "The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows". En *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Garnsworthy, P.C. (Ed.). Butterworths, London: 157-170.
- **Garnsworthy, P. C., Jones, G. P. (1987).** "The influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in dairy cows". *Animal Production* 44: 347-353.
- **Garnsworthy, P. C., Topps, J. H. (1980).** "Effect of body condition at calving on food intake, milk production and weight changes during early lactation of dairy cows given a complete diet". *Animal Production* 30: 499.
- **Gibb, M. J., Treacher, T. T. (1976).** "The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of lambs grazing perennial ryegrass and red clover swards". *Journal of Agricultural Science* 86: 355-365.
- **Gibon, A. (1981).** "Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevages dans les Pyrénées Centrales". Thèse Docteur-Ingénieur. INA Paris-Grignon. 106 págs.
- **Giráldez, F. J., Peláez, R., Frutos, P., Mantecón, A. R. (1996).** "Ingestión: factores que la afectan y métodos para su estimación". *Ovis* 43: 51-63.
- **Giraud, J. M., Petit, M., Vichard, M. (1987).** "Productivité d'un troupeau de vaches Salers allaitantes vèlant en fin d'été". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 68: 41-45.
- **Gleddie, V. M., Berg, R. T. (1968).** "Milk production in range beef cows and its relationship to calf gains". *Canadian Journal of Animal Science* 48: 323-333.
- **Goering, H. K., Van Soest, P. J. (1971).** "Forage fibre analysis". *USDA, ARS Agricultural Handbook* 10: 1-12.
- **González, J. S. (1995).** "Necesidades energéticas y protéicas del ganado vacuno de carne". *Bovis* 66: 37-57.
- **Gordon, I. J., Illius, A. W., Milne, J. D. (1996).** "Sources of variation in the foraging efficiency of grazing ruminants". *Functional ecology* 2: 219-226.

- **Grant, S. A., Suckling, D. E., 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., 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.
- **Greathead, K. (1983).** "The effects of calving date, live weight and condition score on conception in mature lactating beef cows under grazing conditions". *Seminar on Reproduction in Farm Animals, University of Western Australia*: 12-27.
- **Greenhalgh, J. F. D., Reid, G. W. (1969).** "The herbage consumption and milk production of cows grazing S24 ryegrass and S37 cocksfoot". *Journal of the British Grassland Society* 24: 98-103.
- **Greenhalgh, J. F. D., Reid, G. W., Aitken, J. N., Florence, E. (1966).** "The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. I. Short-term effects in strip-grazed dairy cows". *Journal of Agricultural Science* 67: 13-23.
- **Grings, E., Short, R., MacNeil, M., Haferkamp, M., Adams, D. (1996).** "Efficiency of production in cattle of two growth potentials on northern Great Plains rangelands during spring summer grazing". *Journal of Animal Science* 74: 2317-2326.
- **Grovum, W. L. (1987).** "A new look at what is controlling food intake". En *Proc. Symp. Feed intake by beef cattle*. F. N. Owens (Ed.). Oklahoma State Univ. Agric. Expt. Sta., Stillwater: 1-39.
- **Guérin, G., Leger, F., Pflimlin, A. (1994).** "Stratégie d'alimentation. Méthodologie d'analyse et de diagnostic de l'utilisation et de la gestion des surfaces fourragères et pastorales". Institut de l'Élevage Paris.
- **Hägström, C. A. (1990).** "The influence of sheep and cattle grazing on wooded meadows in Åland, SW Finland". *Acta Botanica Fennica* 141: 1-28.
- **Hansen, P. J. (1985).** "Seasonal modulation of puberty and the postpartum anestrus in cattle: a review". *Livestock Production Science* 12: 309-327.
- **Hart, R. H., Bissio, J., Samuel, M. J., Jr., W. J. W. (1993).** "Grazing systems, pasture size and cattle grazing behavior, distribution and gains". *Journal of Range Management* 46: 81-87.
- **Hendricksen, R., Minson, D. J. (1980).** "The feed intake and grazing behaviour of cattle grazing a crop of *Lablab purpureus* cv. Rongai". *Journal of Agricultural Science* 95: 547-554.
- **Hepworth, K. W., Test, P. S., Hart, R. H., Waggoner, J. W. J., Smith, M. A. (1991).** "Grazing systems, stocking rates and cattle behaviour in Southeastern Wyoming". *Journal of Range Management* 44: 259-262.
- **Herrero, J. (1996).** "El vacuno extensivo, principal recurso ganadero del Pirineo". *Surcos* 48: 24-27.
- **Hight, G. K. (1966).** "The effects of undernutrition in late pregnancy on beef cattle production". *New Zealand Journal of Agricultural Research* 9: 479-490.
- **Hight, G. K. (1968).** "Plane of nutrition effects in late pregnancy and during lactation on beef cows and their calves to weaning". *New Zealand Journal of Agricultural Research* 11: 71-84.

- **Hoden, A., Coulon, J. B., Dulphy, J. P. (1985).** "Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique". Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 62: 69-79.
- **Hodgson, J. (1977).** "Factors limiting herbage intake by the grazing ruminant". International Meeting on Animal Production from temperate grassland, Dublin: 70-75.
- **Hodgson, J. (1979).** "Nomenclature and definitions in grazing studies". Grass and Forage Science 34: 11-18.
- **Hodgson, J. (1981).** "Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs". Grass and Forage Science 36: 49-57.
- **Hodgson, J. (1985).** "The control of herbage intake in the grazing ruminant". Proceedings of the Nutrition Society 44: 339-346.
- **Hodgson, J. (1986).** "Grazing behaviour and herbage intake". En *Grazing*. J. Frame (Ed.). British Grassland Society, Occasional Symposium no. 19: 51-64.
- **Hodgson, J, Clark, D. A., Mitchell, R. J. (1994).** "Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities". En *Forage quality, evaluation and utilization*. G. C. J. Fahey, L. E. Moser, D. R. Mertens, M. Collins (Ed.). University of Nebraska, Lincoln: 796-823.
- **Hodgson, J., Forbes, T. D. A., Armstrong, R. H., Beattie, M. M., Hunter, E. A. (1991).** "Comparative studies of the ingestive behaviour and herbage intake of sheep and cattle grazing indigenous hill plant communities". Journal of Applied Ecology 28: 205-227.
- **Hodgson, J., Peart, J. N., Russel, A. J. F., Whitelaw, A., Macdonald, A. J. (1980).** "The influence of nutrition in early lactation on the performance of spring-calving suckler cows and their calves". Animal Production 30: 315-325.
- **Hodgson, J., Rodriguez-Capriles, J. M., Fenlon, J. S. (1977).** "The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves". Journal of Agricultural Science 89: 743-750.
- **Holechek, J. L., Vavra, M., Skovlin, J. (1981).** "Diet quality and performance of cattle on forest and grassland range". Journal of Animal Science 53: 291-298.
- **Holloway, J. W., Butts, W. T., Jr. (1983).** "Phenotype x nutritional environment interactions in forage intake and efficiency of Angus cows grazing fescue-legume or fescue pastures". Journal of Animal Science 56: 960-971.
- **Holloway, J. W., Butts, W. T., Jr. (1984).** "Influence of cow frame size and fatness on seasonal patterns of forage intake, performance and efficiency of Angus cow-calf pairs grazing fescue-legume or fescue pastures". Journal of Animal Science 59: 1141-1142.
- **Holloway, J. W., Butts, W. T., Jr., McCurley, J. R., Beaver, E. E., Peeler, H. L., Backus, W. L. (1985).** "Breed X nutritional environment interactions for beef female weight and fatness, milk production and calf growth". Journal of Animal Science 61: 1354-1363.
- **I.N.R.A. (1978).** "Alimentation des ruminants". Ed. R. Jarrige. INRA Publications Versailles.
- **Illius, A. W., Gordon, I. J. (1991).** "Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics". Journal of Agricultural Science 116: 145-157.

- **Ingrand, S., Agabriel, J. (1997).** "Typology of the evolution of intake by Charolais cows around calving". *Animal Science* 65: 361-371.
- **Ingrand, S., Agabriel, J., Lassalas, J. (1997).** "Comportement d'ingestion de vaches Charolaises conduites à l'attache ou en stabulation libre". 4^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris: 91.
- **Ingvartsen, K. L. (1994).** "Models of voluntary food intake in cattle". *Livestock Production Science* 39: 19-38.
- **Ingvartsen, K. L., Andersen, H. R., Foldager, J. (1992).** "Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle". *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science* 42: 40-46.
- **Jamieson, W. S., Hodgson, J. (1979a).** "The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management". *Grass and Forage Science* 34: 261-271.
- **Jamieson, W. S., Hodgson, J. (1979b).** "The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management". *Grass and Forage Science* 34: 273-282.
- **Jarrige, R. (1974).** "Bases physiologiques de l'alimentation des vaches allaitantes". L'exploitation des troupeaux de vaches allaitantes. VI Journées d'information du Grenier de Theix. Suppl. Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.:323-345.
- **Jarrige, R. (1978).** "Consommation d'aliments et d'eau". En *Alimentation des Ruminants*. I.N.R.A. Editions, Versailles: 177-206.
- **Jarrige, R., Demarquilly, C., Dulphy, J. P., Hoden, A., Journet, M., Beranger, C., Geay, Y., Malterre, C., Micol, D., Petit, M., Robelin, J. (1979).** "Le système des unités d'encombrement pour les bovins". Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A: 57-79.
- **Jarrige, R., Demarquilly, C., Dulphy, J. P., Hoden, A., Robelin, J., Beranger, C., Geay, Y., Journet, M., Malterre, C., Micol, D., Petit, M. (1986).** "The INRA "Fill Unit" system for predicting the voluntary intake of forage-based diets in ruminants: a review". *Journal of Animal Science* 63: 1737-1758.
- **Jeffery, H. B., Berg, R. T. (1971).** "Evaluation of milk variables as measures of milk effect on preweaning performance of beef cattle". *Canadian Journal of Animal Science* 51: 21-30.
- **Jenkins, T. G., Cundiff, L. V., Ferrell, C. L. (1991).** "Differences among breed crosses of cattle in the conversion of food energy to calf weight during the preweaning interval". *Journal of Animal Science* 69: 2762-2769.
- **Jenkins, T. G., Ferrell, C. L. (1992).** "Lactation characteristics of nine breeds of cattle fed various quantities of dietary energy". *Journal of Animal Science* 70: 1652-1660.
- **Jenkins, T. G., Ferrell, C. L. (1994).** "Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: I. Initial evaluation". *Journal of Animal Science* 72: 2787-2797.
- **John, A., Ulyatt, M. J. (1987).** "Importance of dry matter content to voluntary intake of fresh grass forages". *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 47: 13-16.

- **Jones, G. P., Garnsworthy, P. C. (1988).** "The effects of body condition at calving and dietary protein content on dry-matter intake and performance in lactating dairy cows given diets of low energy content". *Animal Production* 47: 321-333.
- **Jones, G. P., Garnsworthy, P. C. (1989).** "The effects of dietary energy content on the response of dairy cows to body condition at calving". *Animal Production*. 49: 183-191.
- **Journet, M. (1983).** "Capacité d'ingestion". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 53: 9-15.
- **Journet, M., Chilliard, Y. (1985).** "Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1. Taux butireux: facteurs généraux". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 60: 13-23.
- **Journet, M., Hoden, A. (1973).** "Utilisation des luzernes et des graminées déshydratées comme unique fourrage de la ration des vaches laitières, et étude de leur digestion dans le rumen". *Annales de Zootechnie* 22: 37-54.
- **Journet, M., Remond, B. (1976).** "Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review". *Livestock Production Science* 3: 129-146.
- **Kaufmann, W. (1976).** "Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants". *Livestock Production Science* 3: 103-114.
- **Ketelaars, J. J. M. H., Tolkamp, B. J. (1992).** "Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 3. Optimum feed intake: in search of a physiological background". *Livestock Production Science* 31: 235-258.
- **Köster, H. H., Cochran, R. C., Titgemeyer, E. C., Vanzant, E. S., Abelgadir, I., Saint-Jean, G. (1996).** "Effect of increasing degradable protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows". *Journal of Animal Science* 74: 2473-2481.
- **Laca, E. A., Ungar, E. D., Seligman, N., Demment, M. W. (1992).** "Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards". *Grass and Forage Science* 47: 91-102.
- **Ladet, S. (1994).** "Variabilité individuelle de la capacité d'ingestion des vaches Charolaises". Mémoire de fin d'études. ENITA Clermont-Ferrand.
- **Lassalas, J., Agabriel, J., Petit, M. (1996).** "Croissance de génisses Salers et performances en première lactation dans un système de vêlages de printemps". 3^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris: 255.
- **Lathrop, W. J., Kress, D. D., Havstad, K. M., Doornbos, D. E., Ayers, E. L. (1988).** "Grazing behavior of rangeland beef cows differing in milk production". *Applied Animal Behaviour Science* 21: 315-327.
- **Le Du, Y. L. P., Baker, R. D. (1979).** "Milk-fed calves. 5. The effect of a change in milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves". *Journal of Agricultural Science* 92: 457-469.
- **Le Du, Y. L. P., Baker, R. D., Barker, J. M. (1976).** "Milk-fed calves. 2. The effect of length of milk intake upon herbage intake and performance of grazing calves". *Journal of Agricultural Science* 87: 197-204.

- **Le Du, Y. L. P., Combellas, J., Hodgson, J., Baker, R. D. (1979a).** "Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. II. The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance". *Grass and Forage Science* 34: 249-260.
- **Le Du, Y. L. P., Macdonald, A. J., Peart, J. N. (1979b).** "Comparison of two techniques for estimating the milk production of suckler cows". *Livestock Production Science* 6: 277-281.
- **Le Neindre, P. (1973).** "Observations sur l'estimation de la production laitière des vaches allaitantes par la pesée du veau avant et après la tétée". *Annales de Zootechnie* 22: 413-422.
- **Le Neindre, P., Petit, M., Muller, A. (1976).** "Quantités d'herbe et de lait consommées par des veaux au pis". *Annales de Zootechnie* 25: 521-531.
- **Le Neindre, P., Vallet, A. (1992).** "The suckled calf". En *Beef cattle production*. R. Jarrige, C. Béranger (Ed.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 191.
- **Leaver, J. D. (1985).** "Milk production from grazed temperate grassland". *Journal of Dairy Research* 52: 313-344.
- **Lemenager, R. P., Nelson, L. A., Hendrix, K. S. (1980).** "Influence of cow size and breed type on energy requirements". *Journal of Animal Science* 51: 566-576.
- **Llorente, M., Casasús, I., Revilla, R., Uriarte, J. (1995).** "Comparación de la sensibilidad a la parasitación entre novillas de las razas Parda Alpina y Pirenaica en sistemas extensivos de montaña". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 16*: 510-511.
- **Lowman, B. G., Scott, N. A., Somerville, S. H. (1976).** "Condition scoring suckler cows". *East of Scotland College of Agriculture, Bulletin no. 6*: 1-31.
- **M.A.F.F. (1975).** "Energy allowances and feeding systems for ruminants". *Technical Bulletin no. 33*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (U.K.).
- **Malechek, J. C., Smith, B. M. (1976).** "Behavior of range cows in response to winter weather". *Journal of Range Management* 29: 9-12.
- **Manrique, E., Revilla, R. (1980).** "Los problemas de la ganadería en los altos valles pirenaicos. Bases para una política de desarrollo". *Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza*. XIV-XV: 423-454.
- **Manrique, E., Revilla, R. (1982).** "Estudio económico del sistema tradicional de producción de terneros para cría en un alto valle de montaña". *Pastos II*: 145-165.
- **Manrique, E., Revilla, R., Olaizola, A., Bernués, A. (1992).** "Los sistemas de producción de vacuno en montaña y su dependencia del entorno". *Bovis* 42: 9-42.
- **Mantecón, A. R. (1991).** "Factores que limitan la ingestión en los sistemas de pastoreo de los rumiantes". En *Nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña*. F.F.Bermúdez (Ed.). C.S.I.C.: 43-56.
- **Marjuán, S. (1996).** "El pastoreo en comunales. Estudio del comportamiento de las ovejas y la utilización de los recursos disponibles". *Tesis Master of Science*. C.I.H.E.A.M.-I.A.M. Zaragoza, 165 págs.

- **McCall, D. G., Scott, M. L., Dow, B. W. (1988).** "Calf weaning and summer grazing strategies for efficient beef cow use on hill country". *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 48: 237-242.
- **Mckown, C. D., Walker, J. W., Stuth, J. W., Heitschmidt, R. K. (1991).** "Nutrient intake of cattle on rotational and continuous grazing treatments". *Journal of Range Management* 44: 596-601.
- **McMorris, M. R., Wilton, J. W. (1986).** "Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production". *Journal of Animal Science* 63: 1361-1372.
- **Ménissier, F., Frisch, J. E. (1992).** "Genetic improvement of beef cows". En *Beef cattle production*. R. Jarrige, C. Béranger (Ed.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 55-85.
- **Mertens, D. R. (1987).** "Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function". *Journal of Animal Science* 64: 1548-1558.
- **Mertens, D. R. (1994).** "Regulation of forage intake". En *Forage quality, evaluation and utilization*. G. C. J. Fahey, L. E. Moser, D. R. Mertens, M. Collins (Ed.). University of Nebraska, Lincoln: 450-493.
- **Micol, D., Dedieu, B., Agabriel, J., Béranger, C. (1997).** "Adaptation de la production de viande bovine aux systèmes extensifs d'élevage". *Fourrages* 149: 3-20.
- **Milne, J. A. (1991).** "Diet selection by grazing animals". *Proceedings of the Nutrition Society*. 50: 77-85.
- **Moav, R. (1966).** "Specialized sire and dam lines. II. The choice of the most profitable parental combinations when component traits are genetically additive". *Animal Production* 8: 203.
- **Montaño-Bermúdez, M., Nielsen, M. K. (1990a).** "Reproductive performance and variation in body weight during annual cycles for crossbred beef cows with different genetic potential for milk". *Journal of Animal Science* 68: 2289-2296.
- **Montaño-Bermúdez, M., Nielsen, M. K. (1990b).** "Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk". *Journal of Animal Science* 68: 2297-2309.
- **Montaño-Bermúdez, M., Nielsen, M. K., Deutscher, G. H. (1990).** "Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk". *Journal of Animal Science* 68: 2279-2288.
- **Montgomery, G. W., Davis, G. H. (1987).** "A comparison of spring and autumn calving for beef cattle production". *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 47: 115-118.
- **Morris, C. A., Baker, R. L., Hickey, D. L., Johnson, D. L., Cullen, N. G., Wilson, J. A. (1993).** "Evidence of genotype by environment interaction for reproductive and maternal traits in beef cattle". *Animal Production* 56: 69-83.
- **Morris, C. A., Wilton, J. W. (1976).** "Influence of body size on the biological efficiency of cows: a review". *Canadian Journal of Animal Science* 56: 613-647.
- **Mueggler, W. F. (1965).** "Cattle distribution on steep slopes". *Journal of Range Management* 18: 255-257.

- **Munro, J. M. M., Walters, R. J. K. (1986).** "The feeding value of grass". En *Grazing*. J. Frame (Ed.). British Grassland Society, Occasional Symposium no. 19: 65-78.
- **Neville, W. E. J. (1974).** "Comparison of energy requirements of non-lactating and lactating Hereford cows and estimates of energetic efficiency of milk production". *Journal of Animal Science* 38: 681-686.
- **Neville, W. E. J., McCullough, M. E. (1969).** "Calculated energy requirements of lactating and non-lactating Hereford cows". *Journal of Animal Science* 29: 823-829.
- **Nugent, R. A., III, Jenkins, T. G., Roberts, A. J., Klindt, J. (1993).** "Relationship of post-partum interval in mature beef cows with nutritional environment, biological type and serum IGF-1 concentrations". *Animal Production* 56: 193-200.
- **Nutt, B. G., Holloway, J. W., Butts, W. T., Jr. (1980).** "Relationship of rumen capacity of mature Angus cows to body measurements, animal performance and forage consumption on pasture". *Journal of Animal Science* 51: 1168-1176.
- **Ocaña, M. (1978).** "Ensayo de planificación Ganadera en Aragón". *Trabajos del Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro (Zaragoza)* no. 27-36.
- **O'Donovan, P. B. (1984).** "Compensatory gain in cattle and sheep". *Nutrition Abstracts and Reviews* 54: 389-410.
- **Olaizola, A., Manrique, E., Maza, M. T., Revilla, R. (1992).** "Optimización de la fecha de partos mediante programación lineal en explotaciones de vacuno de montaña". *I.T.E.A. Producción Animal* 3: 197-204.
- **Oliván, M. (1995).** "Pastoreo de comunidades vegetales de montaña por vacuno y ovino". Tesis doctoral. Dpto. Biología de Organismos y Sistemas. Universidad de Oviedo. 206 págs.
- **Olleta, J. L., Revilla, R., Blasco, L., San Juan, L. (1991).** "Inicio de la pubertad en novillas de montaña: efecto de la raza y del crecimiento durante la recría". *I.T.E.A. Producción Animal Vol extra N° 11*: 94-96.
- **O'Reagain, P. J., Mentis, M. T. (1989).** "Sequence and process of species selection by cattle in relation to optimal foraging theory on an old land in the Natal Sour Sandveld". *Journal of the Grassland Society of South Africa* 6: 71-76.
- **Oregui, L. M. (1992).** "Estudio del manejo de la alimentación en los rebaños de raza Latxa y su influencia sobre los resultados reproductivos y la producción de leche". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- **Ørskov, E. R., Tait, C. A. G., Reid, G. W., Flachowski, G. (1988).** "Effect of straw quality and ammonia treatment on voluntary intake, milk yield and degradation characteristics of faecal fibre". *Animal Production* 46: 23-27.
- **Ortigue, I. (1991).** "Adaptation du métabolisme énergétique des ruminants à la sous-alimentation. Quantification au niveau de l'animal entier et de tissus corporels". *Reproduction Nutrition Développement* 31: 593-616.
- **Ortigue, I., Petit, M., Agabriel, J. (1993).** "Influence of body condition on maintenance energy requirements of Charolais cows". *Animal Production* 57: 47-53.

- **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: 1-2.
- **Osoro, K. (1989).** "Manejo de las reservas corporales y utilización del pasto en los sistemas de producción de carne con vacas madres en zonas húmedas". *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animales* 4: 207-240.
- **Osoro, K., Oliván, M., Celaya, R. (1995a).** "Comportamiento y rendimiento de las vacas de cría manejadas en comunidades vegetales naturales de montaña". *Bovis* 67: 23-38.
- **Osoro, K., Oliván, M., Celaya, R., Ormazábal, J. J. (1995b).** "Response of suckler cows to the available sward height in different pastures". *Annales de Zootechnie* 44: 128.
- **Osoro, K., Ormazábal, J. J., Oliván, M., Celaya, R. (1995c).** "Efecto de la altura residual del pasto en la producción de vacas de cría manejadas en pastoreo rotacional". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 16*: 138-140.
- **Osoro, K., Sineiro, F., Díaz, N., Zorita, E. (1992).** "Efecto de la época de paridera sobre la producción de carne de rebaños de raza Rubia Gallega manejados en pastos mejorados en zonas de monte". *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animales* 7: 241-252.
- **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.
- **Owens, M. K., Launchbaugh, K. L., Holloway, J. W. (1991).** "Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brush communities". *Journal of Range Management* 44: 118-123.
- **Pajanovic, R. (1966).** "Some observations on regional modifications in cattle". 9th International Congress of Animal Production, Edinburgh, pág. 47.
- **Palacio, J., García-Belenguer, S., Gascón, M., Aceña, C., Boissy, A., Revilla, R. (1996).** "Influencia de la raza en las reacciones emotivas del ganado vacuno: Separación social". VI Congreso Nacional y III Latinoamericano de Etología, Sevilla.
- **Palacio, J., García-Belenguer, S., Gascón, M., Aceña, C., Boissy, A., Revilla, R. (1997).** "Variabilité génétique dans les réactions à l'homme chez les bovins de races espagnoles". 29^{ème} Colloque Annuel de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal, Albi (Francia).
- **Parsons, A. J., Newman, J. A., Penning, P. D., Harvey, A. (1994).** "Diet preference of sheep: effects of recent diet, physiological state and species abundance". *Journal of Animal Ecology* 63: 465-478.
- **Paterson, J. A., Belyea, R. L., Bowman, J. P., Kerley, M. S., Williams, J. E. (1994).** "The impact of forage quality and supplementation regime on ruminant animal intake and performance". En *Forage quality, evaluation and utilization*. G. C. J. Fahey, L. E. Moser, D. R. Mertens, M. Collins (Ed.). University of Nebraska, Lincoln: 59-114.
- **Penning, P. D., Rook, A. J., Orr, R. J. (1991).** "Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover". *Applied Animal Behaviour Science* 31: 237-250.

- **Peters, A. R., Riley, G. M. (1982).** "Is the cow a seasonal breeder?". *British Veterinary Journal* 138: 533-537.
- **Petit, M. (1988).** "Alimentation des vaches allaitantes". En *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. I.N.R.A. Publications, Paris: 159-184.
- **Petit, M., Agabriel, J., D'Hour, P., Garel, J. P. (1994).** "Quelques caractéristiques des races bovines allaitantes de type rustique". *I.N.R.A. Productions Animales* 7: 235-243.
- **Petit, M., Béchet, G. (1995).** "Grass intake and grazing behaviour of dry and suckling ewes according to sward height". *Annales de Zootechnie* 44: 250.
- **Petit, M., D'Hour, P., Garel, J. P. (1995a).** "Le troupeau de vaches allaitantes au pâturage". 2^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants., Paris: 45-54.
- **Petit, M., Garel, J. P., D'Hour, P., Agabriel, J. (1995b).** "The use of forages by the beef cow herd". En *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand, France, September 11-15, 1995*. M. Journet, E. Grenet, M.H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly. (Ed.). INRA Editions., Paris: 473-496.
- **Petit, M., Garel, J. P., Grenet, N. (1987).** "Utilisation des foins et pailles par le troupeau de vaches allaitantes". En *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*. C. Demarquilly (Ed.). INRA, Paris.
- **Petit, M., Jarrige, R., Russel, A. J. F., Wright, I. A. (1992).** "Feeding and nutrition of the suckler cow". En *Beef cattle production*. R. Jarrige, C. Béranger (Ed.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 191-208.
- **Petit, M., Micol, D. (1981).** "Evaluation of energy requirements of beef cows during early lactation". *Livestock Production Science* 8: 139-153.
- **Peyraud, J. L., Comeron, E. A., Wade, M. H., Lemaire, G. (1996).** "The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows". *Annales de Zootechnie* 45: 201-217.
- **Peyraud, J. L., Delaby, L. (1994).** "Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières". *I.N.R.A. Productions Animales* 7: 125-134.
- **Peyraud, J. L., Delagarde, R., Delaby, L. (1995).** "Influence des conditions d'exploitation du pâturage et des caractéristiques animales sur les quantités ingérées par les vaches laitières: analyse et prédiction". 2^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris: 37-43.
- **Pfister, J. A., Adams, D. C. (1993).** "Factors influencing pine needle consumption by grazing cattle during winter". *Journal of Range Management* 46: 394-398.
- **Pfister, J. A., Provenza, F. D., Manners, G. D. (1990).** "Ingestion of tall larkspur by cattle. Separating effects of flavor from postingestive consequences". *Journal of Chemical Ecology* 16: 1697-1705.
- **Phillips, C. J. C., Leaver, J. D. (1986).** "Seasonal and diurnal variation in the grazing behaviour of dairy cows". En *Grazing*. J. Frame (Ed.). British Grassland Society, Occasional Symposium no. 19: 98-104.

- **Piedrafita, J., Quintanilla, R., Jordana, J. (1993).** "Factores ambientales que influyen sobre el peso al nacimiento y el peso al destete de bovinos de la población Bruna dels Pirineus". I.T.E.A. Producción Animal 12: 130-132.
- **Pinchak, W. E., Smith, M. A., Hart, R. H., Waggoner J.W., J. (1991).** "Beef cattle distribution patterns on foothill range". Journal of Range Management 44: 267-275.
- **Poppi, D. P., Minson, D. J., Ternouth, J. H. (1981).** "Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen". Australian Journal of Agricultural Research 32: 99-108.
- **Prieto, C. (1991).** "Técnicas de estimación del gasto energético en pastoreo". En *Nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña*. F. F. Bermúdez (Ed.). C.S.I.C.
- **Provenza, F. D., Balph, D. F. (1988).** "Development of dietary choice in livestock on rangelands and its implications for management". Journal of Animal Science 66: 2356-2368.
- **Provenza, F. D., Pfister, J. A., Cheney, C. D. (1992).** "Mechanisms of learning in diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivores". Journal of Range Management 45: 36-45.
- **Rahnefeld, G. W., Weiss, G. M., Fredeen, H. T. (1990).** "Milk yield and composition in beef cows and their effect on cow and calf performance in two environments". Canadian Journal of Animal Science 70: 409-423.
- **Randel, R. D. (1990).** "Nutrition and postpartum rebreeding in cattle". Journal of Animal Science 68: 853-862.
- **Rasby, R. J., Wettemann, R. P., Geisert, R. D., Wagner, J. J., Lusby, K. S. (1991).** "Influence of nutrition and body condition on pituitary, ovarian and thyroid function of non-lactating beef cows". Journal of Animal Science 69: 2073-2080.
- **Redbo, I., Mossberg, I., Ehrlemark, A., Stahl-Hogberg, M. (1996).** "Keeping growing cattle outside during winter: behaviour, production and climatic demand". Animal Science 62: 35-41.
- **Reid, G. W., Greenhalgh, J. F. D., Aitken, J. N. (1972).** "The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. 4. An evaluation of two methods for avoiding the rejection of fouled herbage by dairy cows". Journal of Agricultural Science 78: 491-496.
- **Revilla, R. (1987).** "Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los altos valles del Sobrarbe (Pirineo Oscense)". Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- **Revilla, R. (1997).** "Manejo de la reproducción en razas autóctonas explotadas en diferentes sistemas de producción". I Congreso Ibérico de Reprodução Animal, Estoril (Portugal).
- **Revilla, R., Alberti, P. (1988).** "Crecimientos en puerto de novillas de raza Parda Alpina y Pirenaica". Actas de la XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.: 437-443.
- **Revilla, R., Blasco, I. (1991).** "Efecto de la nutrición, peso y condición corporal en la reproducción del vacuno de carne". En *Vacuno de carne en extensivo*. Colección Monografías, Junta de Extremadura: 199-237.
- **Revilla, R., Blasco, I., Albertí, P. (1989).** "Efecto e la edad al primer parto sobre los parámetros productivos en vacas de raza Parda Alpina". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra 9: 274-276.

- **Revilla, R., Blasco, I., San Juan, L. (1992a).** "Effect of season (autumn vs. spring) on post-partum anoestrus in beef cows managed under mountain conditions". 12th International Congress on Animal Reproduction, La Haya, Holanda: 2090-2092.
- **Revilla, R., Blasco, I., San Juan, L., Ferrer, R. (1992b).** "Estudio de explotaciones de vacuno en el Pirineo oscense". Actas de las VI Jornadas Internacionales sobre Reproducción e Inseminación Artificial, Salamanca: 140-145.
- **Revilla, R., D'Hour, P., Thénard, V., Petit, M. (1995).** "Pâturage des zones de pinèdes par des bovins". 2^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris: 61-64.
- **Revilla, R., Gibon, A., Olleta, J. L. (1993).** "Variaciones de peso vivo durante el periodo de pastoreo en vacas de carne explotadas en condiciones de montaña.". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 12: 51-53.
- **Revilla, R., Manrique, E. (1982).** "Las técnicas de producción bovina en una zona de montaña: Valle de Gistaín (Huesca)". Agricultura y Medio Ambiente XXIII: 391-405.
- **Revilla, R., Manrique, E. (1988).** "Sistemas ganaderos de montaña. Los Pirineos Centrales". Agricultura y Sociedad 45: 138-146.
- **Revilla, R., Manrique, E., Alberti, P., Sáez, E. (1988).** "La producción ganadera en el Pirineo: la explotación del ganado bovino". XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P., Jaca (Huesca).
- **Revilla, R., Olleta, J. L., Alberti, P., Blasco, I., San Juan, L. (1991a).** "Recuperación de peso y de condición corporal durante el periodo de pastoreo en vacas explotadas en condiciones de montaña". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº 11: 298-300.
- **Revilla, R., Purroy, A., Gibon, A. (1991b).** "Evolution de l'état corporel dans des troupeaux ovins exploités en zone de montagne". Options Méditerranéennes - Série Séminaires 13: 103-108.
- **Richards, M. W., Spitzer, J. C., Warner, M. B. (1986).** "Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle". Journal of Animal Science 62: 300-306.
- **Rincón, C., Albarrán, L. M. (1990).** "Condicionantes bio-económicos en la producción de carne bovina: La raza Pirenaica como alternativa en los programas de mejora". World Review of Animal Production XXV: 77-82.
- **Roath, L. R., Krueger, W. C. (1982).** "Cattle grazing and behavior on a forested range". Journal of Range Management 35: 332-338.
- **Robelin, J. (1986).** "Composition corporelle des bovins: évolution au cours du développement et différences entre races". Tesis doctoral. Université de Clermont-Ferrand II.
- **Robelin, J., Agabriel, J., Malterre, C., Bonnemaire, J. (1990).** "Changes in body composition of mature dry cows of Holstein, Limousine and Charolaise breeds during fattening. I. Skeleton, muscles, fatty tissues and offal". Livestock Production Science 25: 199-215.
- **Roche, J. F., Diskin, M. G. (1994).** "Hormonal regulation of reproduction and interactions with nutrition in female ruminants". VII International Symposium on Ruminant Physiology, Willingen, Germany.

- **Rook, A. J., Gill, M. (1990).** "Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 1. Linear regression analyses". *Animal Production* 50: 425-438.
- **Rook, J. A. F., Line, C., Rowlands, S. J. (1960).** "The effect of the plane of energy nutrition of the cow during the late-winter feeding period on the changes in the solids-not-fat content of milk during the spring grazing period". *Journal of Dairy Research* 27: 427-433.
- **Russel, A. J. F., Broadbent, P. J. (1985).** "Nutritional needs of cattle in the hills and uplands". En *Hill and upland livestock production*. T. J. Maxwell, R. G. Gunn (Ed.). British Society of Animal Production, Occasional Publication no. 10: 55-66.
- **Russel, A. J. F., Wright, I. A. (1983).** "Factors affecting maintenance requirements of beef cows". *Animal Production* 37: 329-334.
- **Ryan, W. J. (1990).** "Compensatory growth in cattle and sheep". *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and Feeding* 60: 653-664.
- **S.A.S. (1990).** "SAS/ STAT User's guide. Version 6, 4th Edition". Ed. C. SAS Institute, NC, USA.
- **Salisbury, G. W., Vandemark, W. L., Lodge, J. R. (1978).** "Reproduction and artificial insemination in cattle". Ed. W. H. Freeman. San Francisco.
- **San Juan, L. (1993).** "Contribución al estudio del anoestro postparto en vacas de carne explotadas en zonas de montaña: influencia de la alimentación y del manejo del ternero". Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. 282 págs.
- **Sanz, A., Villalba, D., Casasús, I., Ferrer, R., Revilla, R. (1997).** "Efecto de la nutrición y del manejo del ternero en los mecanismos metabólicos y endocrinos que controlan el anoestro postparto en el vacuno de carne". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra* 18: 508-510.
- **Senft, R. L., Rittenhouse, L. R. (1985).** "A model of thermal acclimation in cattle". *Journal of Animal Science* 61: 297-306.
- **Senft, R. L., Rittenhouse, L. R., Woodmansee, R. G. (1985).** "Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe". *Journal of Range Management* 38: 82-87.
- **Short, R. E., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B., Berardinelli, J. G., Custer, E. E. (1990).** "Physiological mechanisms controlling anoestrus and infertility in postpartum beef cattle". *Journal of Animal Science* 68: 799-816.
- **Sierra, I. (1973).** "Técnicas de la producción bovina en el Pirineo Central". *Anales de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza* 8: 253-256.
- **Sierra, I. (1996).** "Los sistemas extensivos, las razas autóctonas y el medio natural". *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P*: 17-31.
- **Sinclair, K. D. (1997).** "Annual energy intake and the simulated performance of beef cows differing in body size and milk potential". EU Workshop "Effect of extensification on animal performance and product quality", Gante (Bélgica).
- **Stakelum, G., Connolly, J. (1988).** "Effect of body size and milk yield on intake of fresh herbage by lactating dairy cows indoors". *Irish Journal of Agricultural Research* 26: 9-22.

- **Stanley, T. A., Cochran, R. C., Vanzant, E. S., Harmon, D. L., Corah, L. R. (1993).** "Periparturient changes in intake, ruminal capacity and digestive characteristics in beef cows consuming alfalfa hay". *Journal of Animal Science* 71: 788-795.
- **Stobbs, T. H. (1973a).** "The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle". *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 809-819.
- **Stobbs, T. H. (1973b).** "The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth". *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 821-829.
- **Taylor, S. C. S., Moore, A. J., Thiessen, R. B. (1986a).** "Voluntary food intake in relation to body weight among British breeds of cattle". *Animal Production* 42: 11-18.
- **Taylor, S. C. S., Thiessen, R. B., Murray, J (1986b).** "Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle". *Animal Production* 43: 37-61.
- **Thénard, V. (1993).** "Utilisation par des bovins des zones de pinèdes. Comportement alimentaire et utilisation de l'espace par des vaches tarées". Mémoire de fin d'étude. ENITA Clermont-Ferrand.
- **Thériez, M., Petit, M., Martin-Rosset, W. (1994).** "Caractéristiques de la conduite des troupeaux allaitants en zones difficiles". *Annales de Zootechnie* 43: 33-47.
- **Thompson, W. R., Meiske, J. C., Goodrich, R. D., Rust, J. R., Byers, F. M. (1983).** "Influence of body composition on energy requirements of beef cows during winter". *Journal of Animal Science* 56: 1241-1252.
- **Tilley, J. M. A., Terry, R. A. (1963).** "A two-stage technique for in vitro digestion of forage crops". *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.
- **Tolkamp, B. J., Ketelaars, J. J. M. H. (1992).** "Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants. 2. Costs and benefits of feed consumption: an optimization approach". *Livestock Production Science* 30: 297-317.
- **Torrano, L., Madrigal, I., Valderrábano, J. (1995).** "Resultados preliminares sobre la capacidad de utilización de zonas forestales por el ganado caprino en primavera". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra* 16: 186-188.
- **Torrano, L., Madrigal, I., Valderrábano, J. (1997).** "Efecto del pastoreo caprino en la evolución del estrato inferior del sotobosque". *I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra* 18: 263-265.
- **Troccon, J. L. (1987).** "Recommandations alimentaires pour les veaux et génisses d'élevage". *Bulletin Technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 70: 167-172.
- **Uresk, D. W., Paintner, W. W. (1985).** "Cattle diets in a Ponderosa Pine forest in the Northern Black Hills". *Journal of Range Management* 38: 440-442.
- **Valdelvira, A. (1988).** "El vacuno Pirenaico, su valor como recurso productivo adaptado al ámbito mediterráneo-continental". *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P.* 445-453.
- **Van Oijen, M., Montaña-Bermúdez, M., Nielsen, M. K. (1993).** "Economical and biological efficiencies of beef cattle differing in level of milk production". *Journal of Animal Science* 71: 44-50.
- **Van Soest, P. J. (1982).** "Nutritional ecology of the ruminant". O&B Books. Corvallis, Oregon.

- **Vestergaard, M., Jensen, L. R., Andersen, H. R. (1997).** "Influence of housing, floor space allowance and grazing in young bulls. 1. Effects on growth and carcass quality". EU Workshop "Effect of extensification on animal performance and product quality", Gante (Bélgica).
- **Villalba, D. (1995).** "Contribución al estudio de los sistemas ganaderos de montaña: factores que influyen en la ganancia de peso de vacas y terneros en los pastos de puerto". Trabajo fin de carrera. E.T.S.E.A. Universitat de Lleida.
- **Villalba, D., Blanch, M., Casasús, I., Revilla, R. (1995).** "Pautas de comportamiento espacial y alimenticio de vacas en puertos de alta montaña". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra, nº16: 153-155.
- **Villalba, D., Casasús, I., Sanz, A., Ferrer, R., Bergua, A., Revilla, R. (1997a).** "Efectos ambientales sobre el peso al nacimiento y destete en raza Parda Alpina y Pirenaica". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra 18: 200-202.
- **Villalba, D., Ferrer, R., Casasús, I., Sanz, A., Revilla, R. (1997b).** "Efecto de la disponibilidad forrajera y de la condición corporal en los resultados productivos y de comportamiento de vacas lactantes durante el pastoreo de primavera". I.T.E.A. Producción Animal Vol. Extra 18: 287-289.
- **Wagner, M. W., Havstad, K. M., Doornbos, D. E., Ayers, E. L. (1986).** "Forage intake of rangeland beef cows with varying degrees of crossbred influence". Journal of Animal Science 63: 1484-1490.
- **Warren, J. T., Mysterud, I. (1991).** "Summer habitat use and activity patterns of domestic sheep on coniferous forest range in Southern Norway". Journal of Range Management 44: 2-6.
- **Williams, G. L. (1990).** "Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review". Journal of Animal Science 68: 831-852.
- **Wiltbank, J. N., Rowden, W. W., Ingalls, J. E., Zimmerman, D. R. (1964).** "Influence of postpartum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake prior to calving". Journal of Animal Science 21: 219-225.
- **Wright, I. A. (1988).** "Suckler beef production". Occasional Symposium, British Grassland Society: 51-63.
- **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.
- **Wright, I. A., Rhind, S. M., Russel, A. J. F., Whyte, T. K., McBean, A. J., McMillen, S. R. (1987).** "Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the postpartum anoestrous period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows". Animal Production 45: 395-402.
- **Wright, I. A., Rhind, S. M., Whyte, T. K., Smith, A. J. (1992).** "Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of postpartum anoestrous period in beef cows". Animal Production 55: 41-46.
- **Wright, I. A., Russel, A. J. F. (1984a).** "Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows". Animal Production 38: 23-32.

- **Wright, I. A., Russel, A. J. F. (1984b)**. "The composition and energy content of empty body-weight change in mature cattle". *Animal Production* 39: 365-369.
- **Wright, I. A., Russel, A. J. F. (1987)**. "The effect of sward height on beef cow performance and on the relationship between calf milk and herbage intakes". *Animal Production* 44: 363-370.
- **Wright, I. A., Russel, A. J. F., Hunter, E. A. (1986)**. "The use of body condition scoring to ration beef cows in late pregnancy". *Animal Production* 43: 391-396.
- **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.
- **Wyatt, R. D., Gould, M. B., Whiteman, J. V., Totusek, R. (1977)**. "Effect of milk level and biological type on calf growth and performance". *Journal of Animal Science* 45: 1138-1145.