PASTOS

SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LOS PASTOS (SEEP) www.seepastos.es

# EFECTO A LARGO PLAZO DE LA RAZA DE VACA Y DE LA ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE, EL PESO VIVO Y LA CONDICIÓN CORPORAL DEL GANADO VACUNO LECHERO EN EL SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL SIMPLIFICADO

**A.I. ROCA-FERNÁNDEZ*[,1,2], L. DELABY[2], A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ[1], Mª.E. LÓPEZ-MOSQUERA[3], S. LEURENT[4] E Y. GALLARD[4]**

[1] *Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. INGACAL. Xunta de Galicia. 15080 La Coruña (España).*
[2] *Équipe Syslait. INRA – Agrocampus Ouest. UMR 1348. 35590 Saint Gilles-Rennes (Francia).*
[3] *Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. 27002 Lugo (España).*
[4] *Domaine Expérimental Animal du Pin au Haras. INRA – Agrocampus Ouest. 61310 Borculo-Exmes (Francia).*
** anairf@ciam.es*

# LONG TERM EFFECT OF COW BREED AND FEEDING STRATEGY ON MILK PRODUCTION AND COMPOSITION, BODY WEIGHT AND BODY CONDITION SCORE OF DAIRY CATTLE UNDER THE SIMPLIFIED ROTATIONAL GRAZING SYSTEM

**Historial del artículo:**
*Recibido: 03/01/2014*
*Revisado: 27/03/2014*
*Aceptado: 05/03/2015*
*Disponible online: 13/04/2015*

**Autor para correspondencia:**
anairf@ciam.es

**ISSN:** 2340-1672
**Disponible en:** http://polired.upm.es/index.php/pastos

**Palabras clave:**
Alimentación animal, pasto, raza, suplementación, vaca lechera.

## RESUMEN

Para mejorar la eficiencia productiva del ganado vacuno lechero se debe adecuar la alimentación al animal. Se estudió el efecto de la raza de vaca, Holstein-Friesian (HF, n=36) *vs.* Normanda (N, n=36), y de la estrategia de alimentación, altos (a, n=36) *vs.* bajos (b, n=36) insumos, sobre la producción y composición de la leche, el peso vivo y la condición corporal del vacuno lechero durante cinco años. Se aplicó un diseño factorial 2x2 a 4 grupos (n=72) de vacas ($HF_a$, $HF_b$, $N_a$ y $N_b$) siguiendo el sistema de pastoreo rotacional simplificado. El máximo de producción (PL) (p<0,001; HF: 25,0 *vs.* N: 21,0 kg/vaca) y la caída (CL) de leche (p<0,001; HF: -6,4 *vs.* N: -4,9 kg/vaca) en cada ciclo de pastoreo fueron superiores en las Holstein-Friesian que en las Normandas. Los animales alimentados con altos insumos mostraron un PL mayor (p<0,001; a: 24,9 *vs.* b: 21,1 kg/vaca) y una CL menor (p<0,001; a: -5,3 *vs.* b: -6,1 kg/vaca) que los con bajos insumos. Las vacas Holstein-Friesian presentaron una producción de leche superior (p<0,001; HF: 7591 *vs.* N: 6214 kg/vaca/año) y unos contenidos de proteína (p<0,001; HF: 31,0 *vs.* N: 33,7 g/kg) y grasa (p<0,001; HF: 37,7 *vs.* N: 39,9 g/kg) en leche inferiores a las Normandas. El descenso de peso vivo y la pérdida de condición corporal después del parto fueron más marcados en las Holstein-Friesian. Los animales alimentados con altos insumos mostraron una producción de leche superior (p<0,001; a: 7567 *vs.* b: 6238 kg/vaca/año) y unos contenidos de proteína (p<0,001; a: 33,1 *vs.* b: 31,6 g/kg) y grasa (p<0,001; a: 39,0 *vs.* b: 38,6 g/kg) en leche superiores a los con bajos insumos. El descenso de peso vivo y la pérdida de condición corporal después del parto fueron más marcados en los animales alimentados con bajos insumos. En conclusión, las vacas Holstein-Friesian resultaron más susceptibles que las Normandas a cambios en la ingestión de alimentos, sobre todo cuando se las suministró bajos insumos.

**Keywords:**
Animal nutrition, pasture, cow breed, supplementation, dairy cattle.

## ABSTRACT

To improve production efficiency of dairy cattle is necessary to adjust the feeding strategy to the animal. The effect of dairy cow breed, Holstein-Friesian (HF, n=36) *vs.* Normande (N, n=36), and the feeding strategy, high (a, n=36) *vs.* low (b, n=36) inputs, was studied on milk production and composition, body weight and body condition score of dairy cattle during five years. It was applied a 2x2 factorial design to 4 groups (n=72) of dairy cows ($HF_a$, $HF_b$, $N_a$ and $N_b$) under the simplified rotational grazing system. The maximum of milk production (PL) (p<0.001; HF: 25.0 *vs.* N: 21.0 kg/cow) and the drop of milk (CL) (p<0.001; HF: -6.4 *vs.* N: -4.9 kg/cow) for each grazing cycle were higher in the Holstein-Friesian than in the Normande cows. The animals fed the high inputs strategy showed higher PL (p<0.001; a: 24.9 *vs.* b: 21.1 kg/cow) and lower CL (p<0.001; a: -5.3 *vs.* b: -6.1 kg/cow) than those fed the low inputs strategy. The Holstein-Friesian cows showed higher milk production (p<0.001; HF: 7591 *vs.* N: 6214 kg/cow/year) and lower milk protein (p<0.001; HF: 31.0 *vs.* N: 33.7 g/kg) and fat content (p<0.001; HF: 37.7 *vs.* N: 39.9 g/kg) than the Normande cows. The drop of body weight and the loss of body condition score after calving were more marked in the Holstein-Friesian cows. The animals fed the high inputs strategy showed higher milk production (p<0.001; a: 7567 *vs.* b: 6238 kg/cow/year) and higher milk protein (p<0.001; a: 33.1 *vs.* b: 31.6 g/kg) and fat content (p<0.001; a: 39.0 *vs.* b: 38.6 g/kg) than those fed the low inputs strategy. The drop of body weight and the loss of body condition score after calving were more marked in the animals fed the low inputs strategy. In conclusion, the Holstein-Friesian cows were more susceptible than the Normande cows to changes in food intake, mainly when low-inputs were supplied.

## INTRODUCCIÓN

En el oeste de Francia, el sistema de producción de leche predominante en las zonas de llanura y especialmente en las regiones del Arco Atlántico (p. e. Normandía) está basado en la alimentación del ganado vacuno lechero con hierba verde (en pastoreo) de primavera a otoño y forrajes conservados (silo de hierba, silo de maíz y heno) en invierno (Le Gall *et al.*, 1997). La proporción de hierba verde y de forrajes conservados que forma parte del presupuesto forrajero anual varía mucho en función de las explotaciones, y depende fundamentalmente de las condiciones climáticas locales y de la superficie total de praderas disponible en cada explotación. Sin embargo, y a pesar de imperar un sistema de producción de leche basado en un aprovechamiento de los pastos de primavera a otoño, los ganaderos que habitan en Normandía eligen diferentes estrategias de alimentación (bajos *vs.* altos insumos) en las que varían la cantidad total de concentrado (bajas *vs.* altas dosis) que les ofrecen a sus animales durante la lactación y el tipo de forrajes conservados utilizados en invierno (silo de hierba *vs.* silo de maíz y heno). Además de esta diversidad de estrategias de alimentación, emplean diferentes razas de vacas lecheras (Holstein-Friesian *vs.* Normandas), con distinto potencial productivo lo que hace que los requerimientos nutritivos de los animales varíen.

En el contexto actual de necesidad de reducción de los costes de producción, y especialmente de los ligados a la alimentación animal, el empleo de diferentes estrategias de alimentación conlleva una gran diversidad de sistemas de producción de leche, cuyos efectos sobre la producción, sanidad y reproducción de los animales deben ser cuantificados sobre lactaciones completas para poder establecer sus consecuencias a largo plazo. Trabajos realizados por Veerkamp *et al.* (1995) y Dillon *et al.* (2006) ponen de manifiesto la necesidad de establecer la capacidad de adaptación del ganado vacuno lechero a diferentes niveles de suministro de alimentos, teniendo en cuenta el empleo de diferentes estrategias de alimentación, y la respuesta de los animales en lactaciones sucesivas. Además, resulta necesario conocer las posibles interacciones que existen entre el potencial genético de los animales y la estrategia de alimentación empleada. De hecho, la selección actual de animales con alto potencial genético para la producción de leche ha supuesto un incremento en la respuesta productiva de los animales a la suplementación en la mayor parte de los sistemas de producción (Mayne y Gordon, 1995). Sin embargo, el éxito logrado con esta selección genética en la que prima el carácter productivo del animal, principalmente con el empleo de vacas de raza Holstein-Friesian, ha provocado un aumento en la incidencia de problemas de índole nutricional y metabólico al inicio de la lactación. Aún es más, esta excesiva selección genética de los animales ha incrementado los requerimientos nutritivos de las vacas con alto potencial genético a lo largo de la lactación y ha resultado en una clara tendencia a un deterioro de otros caracteres como la capacidad reproductiva de los animales (Barbat *et al.*, 2005; Mackey *et al.*, 2007). En contraste, el empleo de vacas de raza Normanda, seleccionadas atendiendo a múltiples criterios y consideradas como animales de doble propósito (aptos para la producción de leche y de carne), a pesar de presentar un menor potencial de producción de leche que las vacas de raza Holstein-Friesian, ha propiciado el que se preserven otras características zootécnicas (contenidos de proteína y grasa en leche y potencial reproductivo). De manera que las vacas de raza Normanda podrían desarrollar una gran capacidad de adaptación a diferentes sistemas de producción en los cuales se apliquen distintas estrategias de manejo de la alimentación, lo cual podría llegar a ser económicamente ventajoso para los sistemas con bajos insumos en pastoreo con partos agrupados en invierno, al presentar las vacas Normandas menores problemas reproductivos y poseer superior longevidad e inferiores tasas de reposición que las vacas Holstein-Friesian (Dillon *et al.*, 2003; McCarthy *et al.*, 2007; Walsh *et al.*, 2008).

En el estudio que se detalla a continuación se evalúa el efecto a largo plazo de la raza de vaca lechera (Holstein-Friesian *vs.* Normanda) y de la estrategia de alimentación (bajos *vs.* altos insumos) sobre la producción y calidad de la leche, el peso vivo y la condición corporal del ganado vacuno lechero bajo un sistema de pastoreo rotacional simplificado. Se comparan dos estrategias de alimentación durante 5 años: (1) responde a un sistema extensivo, con bajos insumos, utilizando la hierba verde durante la estación de pastoreo y un aporte mínimo de mineral, de primavera a otoño, y el silo de hierba para la suplementación en establo con dosis mínimas de concentrado en invierno y (2) propia de un sistema semi-intensivo, con altos insumos, utilizando concentrado durante la estación de pastoreo, de primavera a otoño, y en el invierno se combina el suministro de dosis altas de concentrado en establo con el empleo de silo de maíz y de heno.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El ensayo se llevó a cabo durante los años 2001 y 2005 en la estación del INRA “Pin au Haras”, en Baja Normandía (48° 44’ 0” Norte, 0° 90’ 0” Este). El área de estudio se encuentra englobada dentro de las principales regiones productoras de leche francesas, clasificada según Pflimlin (2008) como zona de producción herbácea, en la que priman las praderas permanentes que se aprovechan mayoritariamente para pastoreo y silo de hierba o heno, y grandes superficies de terreno dedicadas al cultivo de maíz forrajero que se suministra como silo de maíz. Los suelos son de textura limo-arcillosa (25% arcilla y 50% limo), poseen pH neutro (que varía entre 6,5 y 7,1), se encuentran bien drenados (con poco riesgo de déficit hídrico estival), y presentan alto contenido en materia orgánica (6,9% en las praderas permanentes y 5,2% en las temporales).

© Ana Isabel Roca Fernández

Ganado vacuno lechero (n=72), de raza Holstein-Friesian (HF, n=36) y Normanda (N, n=36), sometido a dos estrategias de alimentación, altos (a, n=36) vs. bajos (b, n=36) insumos, a lo largo de cinco años en estudio efectuados en la estación experimental del INRA situada en Normandía (Francia).

El clima templado oceánico de Normandía resulta favorable para el crecimiento del pasto durante la mayor parte del año (Pflimlin *et al.*, 2005). El pastoreo se realiza de primavera a otoño, con una parada de crecimiento de la hierba en invierno (durante la cual se estabulan a los animales). La temperatura media en 2001-05 (10,7ºC) fue ligeramente superior a la observada en los 40 años precedentes (9,5ºC), con valores máximos en verano y mínimos en invierno (Tabla 1). La precipitación media anual acumulada entre los años 2001 y 2005 (741 mm) fue ligeramente superior a la observada en los 40 años precedentes (718 mm), con valores máximos en otoño y mínimos en verano. Julio y agosto fueron meses muy lluviosos en los 5 años en estudio.

## Diseño experimental y tratamientos

Para la realización de este ensayo se seleccionaron en el mes de noviembre previo a cada año en estudio un total de 72 vacas lecheras al final de su gestación, pertenecientes a dos razas, Holstein-Friesian (HF, n=36) y Normanda (N, n=36), de la cabaña experimental del INRA "Pin au Haras", y se distribuyeron al azar asignándolas a dos estrategias de alimentación, altos (a, n=36) *vs.* bajos (b, n=36) insumos, siguiendo un diseño factorial 2x2 con 4 tratamientos ($HF_a$, $HF_b$, $N_a$ y $N_b$) en estudio.

Se compararon dos estrategias de alimentación: (1) responde a un sistema extensivo, con bajos insumos, utilizando hierba

| Mes | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Temperatura (ºC)** | | | | | | | | | | | | |
| 2001-2005 | 4,6 | 4,7 | 7,5 | 9,1 | 12,6 | 16,5 | 17,5 | 18,1 | 14,3 | 11,8 | 7,1 | 4,0 |
| 1961-2000 | 3,0 | 3,4 | 5,9 | 7,9 | 11,4 | 14,5 | 16,5 | 16,3 | 14,0 | 10,5 | 6,1 | 4,0 |
| **Precipitación (mm)** | | | | | | | | | | | | |
| 2001-2005 | 69,7 | 39,2 | 63,1 | 57,0 | 75,8 | 34,2 | 70,5 | 60,2 | 52,3 | 79,6 | 74,5 | 65,1 |
| 1961-2000 | 64,3 | 55,2 | 52,6 | 55,0 | 62,7 | 52,5 | 53,3 | 45,4 | 63,2 | 68,1 | 74,9 | 70,8 |

**TABLA 1.** Temperatura (°C) y precipitación (mm) media mensual durante el período experimental 2001-2005 y los 40 años precedentes (1961-2000).

**TABLE 1.** Monthly average temperature (°C) and rainfall (mm) during the experimental period 2001-2005 and the 40 preceding years (1961-2000).

verde y 0,6 kg MS/vaca/día de un aporte mineral durante la estación de pastoreo, de primavera a otoño, y una ración mixta total (TMR) compuesta por 45% del primer corte de silo de hierba, 40% del segundo corte de silo de hierba y 15% de concentrado para la suplementación en establo durante el invierno y (2) propia de un sistema semi-intensivo, con altos insumos, suplementando a los animales alimentados en pastoreo con 3,4 kg MS/vaca/día de concentrado, de primavera a otoño, y alimentando en establo con un TMR con 65% de silo de maíz, 5% de heno y 30% de concentrado en el invierno. Para paliar la escasez de hierba verde durante la fase de pastoreo se recurrió a la suplementación con silo de hierba en las estrategias con bajos y altos insumos (1,8 y 1,9 kg MS/vaca/día, respectivamente).

## Razas de vacas lecheras en estudio y manejo del rebaño

En total, se analizaron 352 lactaciones completas durante los 5 años de ensayo de las 360 vacas lecheras en estudio (dado que 8 vacas tuvieron que ser descartadas por problemas de diversa índole lo que les impidió completar la lactación completa prevista). Se consideraron los datos de producción y calidad de leche, peso vivo y condición corporal de 178 vacas lecheras de raza Holstein-Friesian (HF, 48% primíparas y 52% multíparas) y de 174 vacas de raza Normanda (N, 36% primíparas y 64% multíparas). La asignación de los animales a cada una de las dos estrategias de alimentación en estudio se realizó al azar teniendo en cuenta los datos registrados durante el período pre-experimental de 3 semanas al que se vieron sometidos las dos razas de vacas (los datos aparecen expresados como media±error estándar): estado (HF: 59±27,5 *vs.* N: 67±24,8 días en ordeño, respectivamente) y número de lactación (HF: 2,1±1,55 *vs.* N: 2,3±1,49, respectivamente), producción de leche (HF: 25,7±2,43 *vs.* N: 21,0±1,17 kg/vaca/día, respectivamente), contenidos de proteína (HF: 30,8±0,45 *vs.* N: 33,2±0,40 g/kg, respectivamente) y grasa en leche (HF: 37,8±1,15 *vs.* N: 39,8±0,49 g/kg, respectivamente), peso vivo (HF: 664±66,3 *vs.* N: 705±74,0 kg, respectivamente) y condición corporal (HF: 3,1±0,66 *vs.* N: 3,3±0,67, respectivamente) de los animales.

El período de inseminación de los animales se llevó a cabo entre el 1 de marzo y el 15 de junio en los diferentes años en estudio, para obtener partos agrupados durante 3,5 meses en el invierno (entre el 1 de diciembre y el 15 de marzo). La primera inseminación artificial se realizó tras sincronización del celo (Implant Crestar(R); Intervet, Beaucouzé, France) y detección del mismo en las novillas a los 20-22 meses de edad y en las vacas después de transcurridos 50 días del parto. Para la detección del celo, se efectuó observación visual de los animales por observadores experimentados al menos 5 veces al día (06h20, 10h00, 13h30, 15h50 y 21h00) durante 15 min siguiendo lo propuesto por Kerbrat y Disenhaus (2004). A partir del día 35 post-inseminación, se efectuó un diagnóstico de gestación por ecografía. Si la vaca resultó gestante, una segunda ecografía de confirmación se realizó a los 60 días de gestación. Las vacas no gestantes tras efectuada la primera inseminación artificial se las sometió a diferentes intervenciones en función del estado del ovario y de la presencia o no de cuerpo lúteo. El porcentaje total de vacas gestantes no difirió ($p>0,05$) entre las dos estrategias de alimentación (altos, 78% *vs.* bajos insumos, 81%). El porcentaje de preñez fue superior ($p<0,05$) en las vacas de raza Normanda (85%) que en las Holstein-Friesian (74%). El período de secado (de noviembre a diciembre) se indujo en aquellos animales que mostraron unos niveles productivos inferiores a 5 kg de leche/día durante una semana. Por norma general, el secado se efectuó a las 44 semanas del inicio de la lactación en las vacas no gestantes y unos 60 días antes del próximo parto en las vacas gestantes.

## Estrategias de alimentación en ensayo y manejo del pasto

En invierno (de enero a marzo), los animales de cada raza fueron divididos y asignados a una de las dos estrategias de alimentación y recibieron la ración experimental en establo unas 2 a 3 semanas antes del parto. Para permitirles a los animales expresar al máximo su potencial productivo, las raciones se suministraron *ad libitum* (permitiendo hasta un 10% de rechazos) todas las mañanas bajo la forma de TMR usando un carro mezclador (RMH Lachish Industries Ltd, Tinténiac, France). Se pesaron diariamente las cantidades de forraje y de concentrado ofrecidas y los rechazos por animal para obtener las cantidades consumidas. Como el TMR se encontraba bien mezclado, los animales no fueron capaces de seleccionar los diferentes componentes de la ración, por lo que se considera que los rechazos tenían la misma composición que lo que se ofreció. Se les suministró en total 13,9±1,36 kg MS/vaca/día de forrajes conservados y 2,4±0,34 kg MS/vaca/día de concentrado a los grupos alimentados con la estrategia de bajos insumos ($HF_b$ y $N_b$) y 14,4±1,48 kg MS/vaca/día de forrajes conservados y 6,0±0,86 kg MS/vaca/día de concentrado a los grupos alimentados con la estrategia de altos insumos ($HF_a$ y $N_a$). Se estableció una diferencia de 4,1 kg MS/vaca/día en el consumo diario total entre las dos estrategias de alimentación.

Durante la estación de pastoreo (de abril a octubre), las cantidades de concentrado y de minerales consumidas por cada animal del total ofertado, fueron registradas diariamente de forma individual en comederos automáticos. De manera general, a los 4 grupos de vacas se les ofertó 2000±50,0 kg MS/ha de pasto a 5 cm, estimándose un consumo de pasto de 15,1±1,31 kg MS/vaca/día. Siendo, el consumo de forrajes conservados y de aporte mineral en los grupos alimentados

con la estrategia de bajos insumos de 1,8±0,36 y 0,6±0,23 kg MS/vaca/día, respectivamente mientras que los animales alimentados con la estrategia de altos insumos consumieron 1,9±0,40 y 3,4±0,87 kg MS/vaca/día de forrajes conservados y de concentrado, respectivamente. Se estableció una diferencia de 3,0 kg MS/vaca/día en el consumo diario total entre las dos estrategias de alimentación.

Las dos razas de vacas lecheras pastaron de forma conjunta entre los años 2001 y 2005 varias parcelas independientes de grandes dimensiones, divididas en 3 bloques de praderas permanentes (13,8 ha en total) de raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) y 4 bloques de praderas sembradas (19,6 ha en total) con raigrás inglés y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), utilizando una variante del sistema de pastoreo *full graze*, denominada pastoreo rotacional simplificado (Hoden *et al*., 1991). De media, los animales pastaron cada año entre 3 y 4 parcelas de grandes dimensiones (2,3 ha) en la primavera y de 5 a 7 parcelas en el otoño. La carga ganadera media adoptada fue de 4 unidades de ganado mayor (UGM) por hectárea (ha) en la primavera y 2 UGM/ha en el otoño. La longitud de la rotación varió para permitir un aprovechamiento más eficiente del pasto, siendo ésta de 28-30 días en la primavera y de 40-45 días en el otoño, cuando la calidad del pasto resultó inferior. El tiempo medio de residencia del ganado en cada parcela varió con el período de pastoreo, en la primavera los animales permanecieron de 10-12 días y en el otoño de 5-7 días. Las praderas permanentes se fertilizaron con 250 y 180 kg de N/ha/año en varias aplicaciones (5-4) de 60-50-50-50-40 y 60-40-40-40 kg de N/ha en función de la estrategia de alimentación y del grupo de animales en pastoreo. Las praderas sembradas recibieron solamente 60 kg de N/ha al inicio de abril.

## Toma de muestras, medidas del pasto y análisis de alimentos

En invierno la determinación del contenido en materia seca (MS) del silo y del heno se efectuó tres veces por semana y la del concentrado una vez por semana, en estufa a 80°C durante 48 h. Se aplicaron los factores de corrección de 1,07 y 1,05 a los cálculos del contenido en MS de los silos de hierba y de maíz para tener en cuenta las pérdidas de ácidos grasos volátiles durante el secado de las muestras (Dulphy y Demarquilly, 1981). Una muestra individual de cada alimento fue también recogida una vez por semana para análisis de su composición química y valor nutritivo (Tabla 2).

Durante la primavera-otoño la alimentación invernal fue sustituida por otra en pastoreo. Este cambio se llevó a cabo de forma progresiva durante 2 a 3 semanas de transición. Tres días antes de la entrada de los animales en cada parcela se realizó una estima de la cantidad de pasto en oferta seleccionándose al azar cuatro bandas de hierba por tratamiento (10 m largo × 1 m ancho). En ellas, se efectuaron 10 medidas de altura de la hierba pre- y post-corte, con un herbómetro electrónico (Urban y Caudal, 1990), y se recolectó en cada banda toda la hierba cortada (> 5 cm), con una máquina segadora Agria (Etesia UK Ltd., Warwick, UK), y parte de la restante (< 5 cm), cortada con unas tijeras a ras del suelo, utilizando un marco rectangular (0,5 m largo x 0,2 m ancho). A continuación, las muestras de pasto recolectadas se pesaron en una balanza electrónica y dos sub-muestras, una con 300 g de pasto (> 5 cm) y la otra con el pasto restante (< 5 cm), se secaron a 80ºC en una estufa durante 48 h para la determinación del contenido en MS del pasto. Dicho contenido se multiplicó por la cantidad total de hierba recolectada obteniéndose una estima de

| | Estrategias de alimentación durante la fase de estabulación (enero a marzo)[1] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bajos insumos | | | Altos insumos | | |
| Item[2] | Silo de hierba[3] | Balas silo de hierba[4] | Concentrado[5] | Silo de maíz[6] | Heno[7] | Concentrado[8] |
| MS (g/kg de fresco) | 232±38,0 | 643±81,0 | 884±9,0 | 311±20,0 | 818±20,0 | 884±6,0 |
| MO (g/kg MS) | 907±12,2 | 899±9,1 | 879±28,7 | 961±3,8 | 908±10,0 | 901±13,8 |
| PB (g/kg MS) | 132±15,8 | 140±13,4 | 249±10,6 | 65±4,0 | 125±31,7 | 324±5,2 |
| Almidón (g/kg MS) | - | - | 275±16,9 | 331±47,6 | - | 207±19,5 |
| FND (g/kg MS) | 486±62,2 | 537±42,4 | 187±18,9 | 423±39,4 | 581±40,3 | 172±19,0 |
| FAD (g/kg MS) | 282±26,1 | 292±21,6 | 77±7,8 | 222±21,6 | 297±28,6 | 81±5,7 |
| Ca (g/kg MS) | 5,9±0,70 | 6,2±0,80 | 26,4±5,00 | 1,7±0,50 | 6,4±2,30 | 16,6±2,30 |
| P (g/kg MS) | 3,0±0,30 | 3,5±0,20 | 11,1±2,10 | 1,9±0,50 | 3,0±0,70 | 8,3±0,50 |
| UFL (g/kg MS) | 0,93±0,060 | 0,86±0,030 | 1,03±0,040 | 0,92±0,030 | 0,77±0,050 | 1,08±0,020 |
| PDIE (g/kg MS) | 67±7,0 | 92±2,0 | 179±8,0 | 66±2,0 | 84±9,0 | 185±9,0 |
| PDIN (g/kg MS) | 74±9,0 | 87±8,0 | 185±9,0 | 40±2,0 | 79±20,0 | 229±5,0 |

[1]Estrategia con bajos insumos (% MS)= TMR compuesta por 45% del primer corte de silo de hierba, 40% del segundo corte de silo de hierba y 15% de concentrado; Estrategia con altos insumos (% MS)= TMR compuesta por 65% silo de maíz, 5% heno y 30% concentrado [2]MS= Materia Seca; MO= Materia Orgánica; PB= Proteína Bruta; FND= Fibra Neutro Detergente; FAD= Fibra Ácido Detergente; UFL= Energía alimentaria del forraje equivalente a 1,700 kcal de energía neta para lactación; PDIE y PDIN= Proteína Digestible en el Intestino de acuerdo con el suministro de energía (E) o de nitrógeno (N). [3]Composición botánica del silo de hierba: 70% raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) + 30% trébol blanco (*Trifolium repens* L.); pH= 4,0; N-$NH_3$ (% N total)= 10,2; N soluble (% N total)= 56,7; ácido láctico (g/kg MS)= 97,8; ácidos grasos volátiles (g/kg MS)= 11,6; alcoholes (g/kg MS)= 9,8. [4]Composición botánica de las balas de silo de hierba: 70% raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) + 30% trébol blanco (*Trifolium repens* L.). [5]Ingredientes del concentrado (% MS)= trigo 12,6; maíz 12,5; cebada 12,5; pulpa de remolacha 12,9; harina de soja protegida 36,6; melazas 1,7; aceite de soja 1,1; minerales 10,6. [6]pH= 3,9; N-$NH_3$ (% N total)= 8,4; N soluble (% N total)= 55,7; ácido láctico (g/kg MS)= 66,2; ácidos grasos volátiles (g/kg MS)= 21,8; alcoholes (g/kg MS)= 8,0. [7]Composición botánica del heno: 100% raigrás inglés (*Lolium perenne* L.). [8]Ingredientes del concentrado (% MS) = trigo 8,4; maíz 8,3; cebada 9,3; pulpa de remolacha 9,6; harina de soja protegida 54,4; melazas 1,7; aceite de soja 1,1; minerales 7,2.

**TABLA 2.** Composición química y valor nutritivo del silo de hierba y de maíz, del heno y del concentrado (media±error estándar) usado en las dos estrategias de alimentación durante la fase de estabulación. Datos de los cinco años del experimento.

**TABLE 2.** Chemical composition and nutritive value of grass and maize silage, hay and concentrate (mean±standard error) used in the two feeding strategies during the period of confinement. Data from the five years of the experiment.

la oferta de pasto tres días antes del pastoreo. La oferta real de pasto (kg MS/ha) se determinó el mismo día de entrada de los animales en cada parcela, multiplicando la diferencia entre la altura pre-corte de la hierba (cm) (corregida teniendo en cuenta el crecimiento de la hierba en los tres días anteriores al inicio del pastoreo y su crecimiento durante los días previos en los que parte de la parcela no estaba siendo pastada por los animales) y post-corte de la hierba (cm) por la densidad estimada de pasto (kg MS/ha/cm). Esta densidad se calculó dividiendo la oferta estimada de pasto por la diferencia entre la altura pre- y post-corte de la hierba medida los tres días previos al pastoreo. La diferencia entre la oferta real de pasto pre-pastoreo y el rechazo post-pastoreo en cada parcela es considerado como el consumo de pasto (kg MS/vaca/día). Las alturas de la hierba pre- y post-pastoreo (cm) se midieron con herbómetro electrónico los días previo y posterior a la entrada y salida de los animales en las parcelas, efectuando 30 medidas repartidas en las dos diagonales de cada parcela. Otra sub-muestra de pasto (> 5 cm) de 100 g se secó a 40ºC durante 48 h para análisis de su composición química y valor nutritivo (Tabla 3).

La determinación de la composición química del pasto, silo, heno y concentrado se realizó en el Laboratorio de Calidad de Forrajes del INRA en St-Gilles. Tras molienda de las muestras a 0.8 mm se midió el contenido en materia orgánica (MO) por calcinación a 550°C durante 5 h en un analizador termogravimétrico (Leco, St. Joseph, MI, United States). El contenido en proteína bruta (PB), expresada como nitrógeno total x 6,25, se determinó por el método Dumas (AFNOR, 1997).

La determinación del contenido en almidón se llevó a cabo por el método polarimétrico Ewers (Directiva 199/79 CE). Los contenidos de calcio (Ca) y fósforo (P) se determinaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LDA, 22440 Ploufragan, France) siguiendo los métodos propuestos por AFNOR (2007). El contenido en fibra ácido detergente (FAD) se determinó siguiendo el método descrito por AFNOR (2008) y el de fibra neutro detergente (FND) se determinó siguiendo el método descrito por AFNOR (2006) con tratamiento de la amilasa. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) se determinó en la hierba ofrecida en cada ciclo de pastoreo a cada grupo de vacas y fue calculada a partir de la digestibilidad de la pepsina-celulasa (INRA, 1989). El valor en unidades forrajeras leche (UFL) de cada uno de los alimentos integrantes de la ración y la digestibilidad de las proteínas en el intestino (g PDI/kg MS) se calcularon usando las ecuaciones predictivas desarrolladas por el INRA (1989).

## Pastoreo rotacional simplificado

Las variaciones de producción de leche observadas cuando se utiliza el sistema de pastoreo rotacional simplificado, con un "ciclo de pastoreo" por parcela de 2,3 ha de 8-10 días de duración e intervalos posteriores de crecimiento de la hierba de 20 días, muestran un patrón cíclico que se repite a lo largo de la curva de lactación de los animales, independientemente del nivel de suplementación utilizado (Figura 1). La producción de leche aumenta rápidamente en los 3 primeros días de residencia del ganado en la parcela, alcanzando su valor máximo (PL), para después mantenerse sin variaciones, entre los días 4-6, y disminuir posteriormente de forma casi lineal hasta el día 8-10, en el que se da por finalizado el ciclo de pastoreo. La caída de leche (CL) experimentada por los animales será más o menos pronunciada dependiendo del nivel de suplementación empleado y de la disponibilidad diaria de hierba.

| | Estrategias de alimentación durante la fase de pastoreo (abril a octubre)[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Bajos insumos | | | Altos insumos | |
| Item[2] | Hierba | Aporte mineral[3] | Silo de hierba[4] | Hierba | Concentrado[5] |
| MS (g/kg de fresco) | 230±73,0 | 928±14,0 | 303±44,5 | 228±72,0 | 884±5,0 |
| MO (g/kg MS) | 891±27,0 | 506±37,6 | 903±39,6 | 893±24,7 | 950±2,5 |
| PB (g/kg MS) | 183±33,3 | 111±3,3 | 120±10,4 | 183±32,0 | 159±7,4 |
| Almidón (g/kg MS) | - | - | - | - | 447±20,0 |
| FND (g/kg MS) | 522±727,2 | 151±13,4 | 515±14,8 | 524±29,0 | 227±8,5 |
| FAD (g/kg MS) | 265±22,8 | 66±10,1 | 303±8,7 | 267±24,3 | 82±9,3 |
| Ca (g/kg MS) | 7,0±1,90 | 103±17,3 | 6,5±0,69 | 6,7±1,90 | 5,0±0,90 |
| P (g/kg MS) | 3,6±0,50 | 56±2,3 | 3,5±0,14 | 3,6±0,60 | 3,1±0,90 |
| DMO (%) | 73,2±6,10 | | 70,8±2,54 | 72,2±6,70 | 84,4±5,30 |
| UFL (g/kg MS) | 0,88±0,07 | 0,50±0,030 | 0,83±0,036 | 0,87±0,070 | 1,08±0,010 |
| PDIE (g/kg MS) | 94±8,0 | 75±3,0 | 64±3,1 | 94±8,0 | 134±5,0 |
| PDIN (g/kg MS) | 115±21,0 | 79±2,0 | 73±7,9 | 115±20,0 | 115±6,0 |

[1]Estrategia con bajos insumos (kg MS/vaca/día)= hierba (15) + silo de hierba (2) + aporte mineral (0,5); Estrategia con altos insumos (kg MS/vaca/día)= hierba (15) + silo de hierba (2) + concentrado (4) [2]Véase Tabla 2. [3]Ingredientes del aporte mineral (% MS)= harina de linaza 21,2; salvado de trigo 19,3; melazas 9,9; sal 8,7; minerales 38,7 (Ca, 10; P, 12; Na, 4,69; Mg, 4; Cl, 7,96; K, 0,05); aceite de soja 2,2. [4]Composición botánica del silo de hierba empleado en las dos estrategias de alimentación: 70% raigrás inglés (*Lolium perenne* L.) + 30% trébol blanco (*Trifolium repens* L.); pH= 4,7; N-$NH_3$ (% N total)= 9,0; N soluble (% N total)= 56,3; ácido láctico (g/kg MS)= 40,2; ácidos grasos volátiles (g/kg MS)= 44,2; alcoholes (g/kg MS)= 12,8. [5]Ingredientes del concentrado (% MS)= trigo 20,8; maíz 20,7; cebada 20,8; pulpa de remolacha 21,4; harina de soja protegida 12,0; melazas 0,9; aceite de soja 2,3; sal 1,1.

**TABLA 3.** Composición química y valor nutritivo del pasto en oferta, del silo de hierba y del concentrado (media±error estándar) usado en las dos estrategias de alimentación durante la fase de pastoreo. Datos de los cinco años del experimento.

**TABLE 3.** Chemical composition and nutritive value of pasture on offer, grass silage and concentrate (mean±standard error) used in the two feeding strategies during the grazing period. Data from the five years of the experiment.

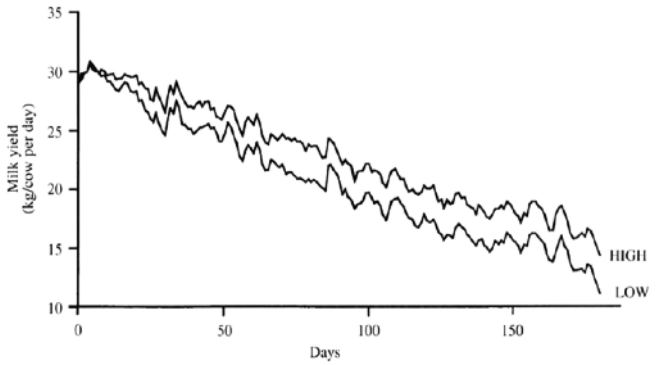


**FIGURA 1.** Evolución de la producción de leche del ganado vacuno, alimentado con baja vs. alta dosis de concentrado, en el sistema de pastoreo rotacional simplificado (Hoden *et al.*, 1991).

**FIGURE 1.** Evolution of milk production on dairy cattle, fed with low vs. high level of concentrate, under the simplified rotational grazing system (Hoden *et al.*, 1991).

El criterio que se toma para cambiar al ganado vacuno de parcela se basa en la observación de la producción lechera en los tres últimos días de residencia en dicha parcela, de manera que este valor ha de suponer entre el 85-90% del máximo alcanzado durante los tres días en los que la producción de leche resultó más elevada. El cambio de parcela se realizó en los 4 grupos de vacas al mismo tiempo de manera que se lograsen ingestiones de pasto similares en las dos estrategias de alimentación pero aplicando distintas ofertas de pasto, disponibilidades diarias de hierba y presiones de pastoreo. Los animales en la estrategia con bajos insumos fueron sometidos a una baja oferta de pasto, una baja disponibilidad diaria de hierba y una alta presión de pastoreo mientras que los animales en la estrategia con altos insumos fueron sometidos a una alta oferta de pasto, una alta disponibilidad diaria de hierba y una baja presión de pastoreo.

## Toma de muestras y medidas en animales

La producción lechera individual de cada animal, en cada uno de los 4 grupos en ensayo ($HF_b$, $HF_a$, $N_b$ y $N_a$) durante los 5 años en estudio, se registró diariamente de forma automática en los dos ordeños (06.30 h y 16.00 h) con un equipo Metatron 12 (Westfalia, Germany) trazándose la curva de producción de leche anual de cada animal. A continuación, y para los diferentes años en estudio, se obtuvo una curva de lactación media para cada raza de vaca en función del nivel de suplementación utilizado.

Cada año y de las 4 curvas de lactación anual, se seleccionaron varias secuencias tipo (de 4 a 7) correspondientes a las curvas de producción de leche en cada uno de los ciclos de pastoreo efectuados. Se eligieron aquellas secuencias que mostraban de forma más representativa, el patrón de comportamiento cíclico de producción de leche descrito por Hoden *et al.* (1991) en función del número medio de días de residencia de las vacas en una parcela (de 8 a 10 días). En cada secuencia tipo seleccionada se determinó el PL y la CL experimentada por cada grupo de vacas en ensayo, desde el día en el que se alcanzó el PL al último día en que los animales dejaron de pastar una parcela determinada y fueron trasladados a otra parcela para iniciar un nuevo ciclo de pastoreo. De los 128 ciclos de pastoreo observados en las 352 curvas anuales de producción de leche obtenidas en los cinco años de estudio (Tabla 4), se seleccionaron 28 secuencias tipo analizándose en ellas los datos de PL y CL de 352 vacas lecheras de dos razas, Holstein-Friesian (HF, n=178) y Normandas (N, n=174), al aplicar dos estrategias de alimentación, bajos (b, n=174) y altos insumos (a, n=178).

Los contenidos de proteína y grasa en leche se midieron durante los 5 años en estudio en muestras individuales de leche, recogidas en cada animal durante 6 ordeños consecutivos efectuados en 3 días por semana (de martes a jueves). Estos contenidos fueron determinados en el Laboratorio LilaNo (50008 Saint Lô, France) utilizando un analizador automático (Milkoscan; Foss Electric, DK-3400 Hillerød, Denmark).

Se registró semanalmente el peso vivo de los animales mediante pesada en balanza electrónica y la condición corporal se registró mensualmente por dos observadores experimentados utilizándose una escala de 0 (extremadamente delgada) a 5 (extremadamente gorda) (Bazin *et al.*, 1984; Agabriel *et al.*, 1986).

## Análisis estadístico

Para los resultados de consumo de alimentos, producción de leche y características de los animales se aplicó un análisis de

| | | | | Raza de vaca[1] | | Estrategia de alimentación[2] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Año | Ciclos pastoreo | Secuencias seleccionadas | Nº vacas | HF | N | a | b |
| 2001 | 27 | 5 | 68 | 35 | 33 | 34 | 34 |
| 2002 | 24 | 6 | 72 | 35 | 37 | 37 | 35 |
| 2003 | 26 | 5 | 68 | 36 | 32 | 35 | 33 |
| 2004 | 24 | 7 | 70 | 38 | 32 | 36 | 34 |
| 2005 | 27 | 5 | 74 | 34 | 40 | 36 | 38 |

[1]HF, Holstein-Friesian *vs.* N, Normanda; [2]a, altos *vs.* b, bajos insumos. Véanse Tablas 2 y 3.

**TABLA 4.** Distribución del número total de ciclos de pastoreo y animales estudiados por año.

**TABLE 4.** Distribution of total number of grazing cycles and animals studied per year.

© Ana Isabel Roca Fernández

**Vacas lecheras de raza Holstein-Friesian y Normanda pastando de forma conjunta en parcelas independientes de grandes dimensiones (2,3 ha) siguiendo el modelo de pastoreo rotacional simplificado (con un ciclo de pastoreo por parcela de 10 días de duración e intervalos posteriores de crecimiento del pasto de 20 días).**

la varianza siguiendo un modelo mixto mediante el PROC MIXED de SAS (2006). El modelo utilizado fue: $Y_{ijkl} = \mu + R_i + E_j + A_k + R_i \times E_j + e_{ijkl}$, en donde: $Y_{ijkl}$ representa la variable en estudio; $\mu$ es la media; $R_i$ es el efecto fijo de la raza de vaca ($i$ = 1 a 2); $E_j$ es el efecto fijo de la estrategia de alimentación ($j$ = 1 a 2); $A_k$ es el efecto aleatorio del año en estudio ($k$ = 1 a 5); $R_i \times E_j$ es la interacción entre raza de vaca y estrategia de alimentación; $e_{ijkl}$ es el error residual. Se consideró una covariable pre-experimental para cada variable en estudio (teniendo en cuenta los datos obtenidos en las 3 semanas previas al inicio del ensayo) cuando se realizó el análisis de los resultados de producción de leche y características de los animales con la finalidad de ajustar las diferencias que podrían existir durante el período pre-experimental. La covariable fue centrada (con una media de 0) en función de la raza de vaca y del número de lactación antes de su inclusión en el modelo. Se utilizó el Akaike information criterion para la elección del modelo estadístico que aúna mayor capacidad predictiva y sencillez para cada variable respuesta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro estudio, llevado a cabo durante 5 años, en los que se evaluó el efecto de la raza de vaca lechera (Holstein-Friesian *vs.* Normanda) y de la estrategia de alimentación (bajos *vs.* altos insumos) sobre la lactación completa de 352 animales nos han permitido establecer la respuesta en términos de producción y composición química de la leche, peso vivo y condición corporal de los animales a largo plazo cuando se utiliza el sistema de pastoreo rotacional simplificado.

### Consumo de forrajes y de concentrado

#### *Efecto de la raza de vaca lechera*

No se evaluó el efecto de la raza de vaca lechera sobre el consumo de forrajes y de concentrado dado que se estableció un consumo fijo para cada estrategia de alimentación,

independientemente de la raza de vaca lechera considerada, puesto que en una misma parcela durante la fase de pastoreo se encontraban pastando juntas vacas de diferente raza (pero diferentes parcelas eran pastadas por vacas con distinta estrategia de alimentación) y en establo las dos razas de vacas fueron alimentadas en comederos anexos realizándose la distinción en función de la estrategia de alimentación.

### *Efecto de la estrategia de alimentación*

No se observaron diferencias (p>0,05) entre las cantidades consumidas diariamente de forrajes conservados, tanto en invierno como en pastoreo de primavera a otoño, entre los dos estrategias de alimentación en estudio (Tabla 5). El consumo diario de concentrado fue superior (p<0,001) en la estrategia con altos insumos que en aquella con bajos insumos, tanto durante la fase de alimentación en establo como en pastoreo.

La oferta de pasto (p<0,05), la altura post-pastoreo (p<0,001) y la disponibilidad diaria de hierba (p<0,05) fueron superiores durante la estación de pastoreo en la estrategia de alimentación con altos insumos que en la estrategia con bajos insumos. Sin embargo, no se observaron diferencias (p>0,05) en las alturas pre-pastoreo y en el consumo diario de pasto entre ambas estrategias de alimentación. El consumo diario total fue superior con altos que con bajos insumos.

El consumo total de forrajes conservados no mostró diferencias significativas (p>0,05) entre las dos estrategias de alimentación cuando se consideraron de forma conjunta las dos fases de alimentación. No se observaron tampoco diferencias significativas en el consumo total de pasto. Sin embargo, el consumo total anual resultó superior (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia con altos *vs.* bajos insumos debido a un consumo total de concentrado más elevado (p<0,001).

## Producción y calidad de leche, peso vivo y condición corporal de los animales

### *Efecto de la raza de vaca lechera*

Durante la fase de alimentación invernal en establo (110 días), las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian mostraron una producción diaria de leche y una producción de leche expresada al 4% en materia grasa superiores (p<0,001) a las observadas en las vacas de raza Normanda (Tabla 6). El contenido de proteína en leche fue superior (p<0,001) en las vacas Normandas que en las Holstein-Friesian. Las vacas de raza Normanda mostraron un peso vivo y una condición corporal al parto superiores (p<0,001) a las Holstein-Friesian. La condición corporal de los animales en invierno fue superior (p<0,001) en las vacas de raza Normanda que en las Holstein-Friesian.

Durante la fase de alimentación en pastoreo (210 días), las vacas de raza Holstein-Friesian mostraron una producción diaria de leche y una producción de leche expresada al 4% en materia grasa superiores (p<0,001) a las observadas en las vacas Normandas. Los contenidos de proteína y grasa en leche fueron superiores (p<0,001) en las vacas de raza Normanda que en las de raza Holstein-Friesian. Las vacas Normandas mostraron unos pesos vivos en primavera y en otoño superiores (p<0,001) a los de las Holstein-Friesian. La condición corporal de los animales en primavera (p<0,05) y en otoño (p<0,001) fue superior en las vacas Normandas que en las Holstein-Friesian.

Durante la lactación completa de los animales (320 días), las vacas de raza Holstein-Friesian presentaron una producción total de leche (del orden de 22%) y una producción de leche expresada al 4% en materia grasa superiores (p<0,001) a las observadas en las de raza Normanda. Ello concuerda con los trabajos de Dillon *et al.* (2003), en los que la producción de

| Alimentación en establo (durante 110 días) | Estrategia con bajos insumos | Estrategia con altos insumos | Significación[1] |
|---|---|---|---|
| Consumo diario de forrajes conservados (kg MS/vaca/día) | 13,9±1,36[2] | 14,4±1,48 | ns |
| Consumo diario de concentrado (kg MS/vaca/día) | 2,4±0,34 | 6,0±0,86 | *** |
| Consumo diario total (kg MS/vaca/día) | 16,3±1,20 | 20,4±1,73 | *** |
| **Alimentación en pastoreo (durante 210 días)** | | | |
| Oferta de pasto a 5 cm (kg MS/ha) | 1914±14,2 | 2054±20,6 | * |
| Altura pre-pastoreo (cm) | 11,4±0,45 | 11,6±0,51 | ns |
| Altura post-pastoreo (cm) | 5,5±0,11 | 6,0±0,14 | *** |
| Disponibilidad diaria de hierba (kg MS/vaca/día) | 16,8±0,39 | 17,7±0,43 | * |
| Consumo diario de pasto (kg MS/vaca/día) | 15,1±1,27 | 15,2±1,32 | ns |
| Consumo diario de forrajes conservados (kg MS/vaca/día) | 1,8±0,36 | 1,9±0,40 | ns |
| Consumo diario de aporte mineral (kg MS/vaca/día) | 0,6±0,23 | - | - |
| Consumo diario de concentrado (kg MS/vaca/día) | - | 3,4±0,87 | - |
| Consumo diario total (kg MS/vaca/día) | 17,5±1,53 | 20,5±1,91 | *** |
| **Alimentación en establo + en pastoreo (durante 320 días)** | | | |
| Consumo total de forrajes conservados (kg MS/vaca/año) | 1907±80,5 | 1983±90,8 | ns |
| Consumo total de pasto (kg MS/vaca/año) | 3385±40,6 | 3359±35,2 | ns |
| Consumo total de aporte mineral (kg MS/vaca/día) | 126±48,3 | - | - |
| Consumo total de concentrado (kg MS/vaca/año) | 264±37,4 | 1374±277,3 | *** |
| Consumo total anual (kg MS/vaca/año) | 5682±147,8 | 6716±230,4 | *** |

[1]Significación: (***, p<0,001), (**, p<0,01), (*, p<0,05), (ns, No significativo); [2]Media±Error estándar.

**TABLA 5. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el consumo de forrajes y concentrado.** TABLE 5. Effect of feeding strategy on forage and concentrate intake.

| | Raza de vaca[1] | | Estrategia de alimentación[2] | | | Significación[3] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Holstein-Friesian | Normanda | Bajos | Altos | R4 | E | RxE |
| **Alimentación en establo** | | | | | | | |
| Producción leche (kg/vaca/día) | 31,2±2,58[4] | 25,0±1,67 | 26,0±1,73 | 30,2±2,24 | *** | *** | ** |
| Producción de leche 4% (kg) | 30,8±2,70 | 24,5±2,25 | 24,9±2,30 | 30,4±2,60 | *** | *** | ** |
| Contenido de proteína (g/kg) | 30,0±0,33 | 31,9±0,40 | 29,3±0,25 | 32,1±0,37 | *** | *** | ns |
| Contenido de grasa (g/kg) | 39,2±0,45 | 38,6±0,45 | 37,2±0,30 | 40,5±0,50 | ns | *** | ns |
| Peso vivo al parto (kg) | 685±8,5 | 713±14,0 | 698±9,7 | 701±10,5 | *** | ns | ns |
| Peso vivo en invierno (kg) | 655±19,0 | 701±22,3 | 654±18,0 | 702±22,7 | *** | *** | * |
| Condición corporal al parto | 3,10±0,05 | 3,35±0,12 | 3,20±0,07 | 3,25±0,10 | *** | ns | ns |
| Condición corporal en invierno | 2,33±0,15 | 3,08±0,28 | 2,45±0,20 | 2,95±0,23 | *** | *** | ns |
| **Alimentación en pastoreo** | | | | | | | |
| Producción leche (kg/vaca/día) | 21,8±2,05 | 17,9±1,50 | 17,8±1,40 | 21,9±2,15 | *** | *** | ns |
| Producción de leche 4% (kg) | 20,5±1,35 | 18,0±0,80 | 17,4±0,60 | 21,1±1,60 | *** | *** | ns |
| Contenido de proteína (g/kg) | 31,5±0,30 | 34,5±0,45 | 32,5±0,30 | 33,5±0,40 | *** | *** | ns |
| Contenido de grasa (g/kg) | 36,4±0,26 | 40,6±0,45 | 38,9±0,38 | 38,1±0,30 | *** | *** | ns |
| Peso vivo en primavera (kg) | 612±10,0 | 654±22,0 | 617±11,5 | 650±17,3 | *** | *** | ns |
| Peso vivo en otoño (kg) | 659±13,0 | 695±19,2 | 652±11,3 | 702±16,4 | *** | *** | ns |
| Condición corporal en primavera | 2,13±0,20 | 2,98±0,28 | 2,30±0,21 | 2,80±0,23 | *** | * | ns |
| Condición corporal en otoño | 2,18±0,20 | 2,83±0,32 | 2,15±0,18 | 2,85±0,35 | *** | *** | ns |
| Duración de la lactación (días) | 320±3,5 | 315±1,7 | 315±1,7 | 320±3,5 | ns | ns | ns |
| Producción leche (kg/vaca/año) | 7591±420,1 | 6214±273,5 | 6238±280,1 | 7567±403,7 | *** | *** | ns |
| Producción de leche 4% (kg) | 7293±563,2 | 6146±425,3 | 6026±407,5 | 7413±602,4 | *** | *** | ns |
| Producción máx. leche (kg) | 36,2±1,80 | 29,2±1,20 | 30,4±1,33 | 35,0±1,51 | *** | *** | ns |
| Contenido de proteína (g/kg) | 31,0±0,35 | 33,7±0,49 | 31,6±0,37 | 33,1±0,44 | *** | *** | ns |
| Contenido de grasa (g/kg) | 37,7±0,27 | 39,9±0,30 | 38,6±0,13 | 39,0±0,20 | *** | *** | ns |
| Peso vivo a 44 semanas (kg) | 667±6,8 | 707±10,0 | 663±5,9 | 711±10,3 | *** | *** | * |
| Condición corporal a 44 semanas | 2,20±0,18 | 2,83±0,37 | 2,18±0,16 | 2,85±0,39 | *** | *** | ns |

[1,2]Véase Tabla 4. [3]Véase Tabla 5. [4]R, raza de vaca; E, estrategia de alimentación; RxE, raza x estrategia.

**TABLA 6.** Efecto de la raza de vaca y de la estrategia de alimentación sobre la producción y calidad de leche, el peso vivo y la condición corporal de los animales.

**TABLE 6.** Effect of dairy cow breed and feeding strategy on milk production and quality, body weight and body condition score of animals.

leche por lactación resultó superior (del orden de 24%) en las vacas Holstein-Friesian que en las Normandas. Los niveles productivos por lactación de ambas razas de vacas lecheras alimentadas con la estrategia de bajos insumos resultaron superiores en nuestro estudio (HF, 6835 y N, 5641 kg/vaca/año, respectivamente) a los obtenidos por Dillon *et al.* (2003) (HF, 5994 y N, 4561 kg/vaca/año, respectivamente). Ello se explicaría por el hecho de que los niveles de suplementación empleados en el estudio de Dillon *et al.* (2003) fueron más bajos que los utilizados en nuestro estudio. El pico máximo de producción de leche por lactación resultó más alto (p<0,001) en las vacas Holstein-Friesian que en las Normandas, tanto en nuestro estudio como en el de Dillon *et al.* (2003). No observándose diferencias en la duración total de la lactación entre las dos razas de vacas en ninguno los dos estudios. Los contenidos medios de proteína y grasa en leche por lactación fueron superiores (p<0,001) en las vacas de raza Normanda que en las Holstein-Friesian al igual que sucedió en los resultados presentados por Dillon *et al.* (2003). El peso vivo (p<0,001) y la condición corporal (p<0,001) de los animales a las 44 semanas de lactación fue superior en las vacas Normandas que en las Holstein-Friesian. Ello también concuerda con los resultados obtenidos por Dillon *et al.* (2003), en los que se muestra un peso vivo y una condición corporal a las 40 semanas de lactación superior en las vacas de raza Normanda que en las Holstein-Friesian. Las amplitudes de variación de peso vivo y de condición corporal durante la lactación completa en nuestro estudio resultaron mayores en las vacas Holstein-Friesian que en las Normandas. Ello concuerda con los resultados de Dillon *et al.* (2003). Estudios efectuados por Buckley *et al*. (2000) han puesto de manifiesto la existencia de correlaciones negativas entre el cambio en la condición corporal de los animales con la producción de leche. Según dichos autores, los animales con alto potencial genético para la producción de leche experimentan cambios más grandes en la condición corporal a inicios de la lactación y una condición corporal más baja a lo largo de toda la lactación en comparación con la observada en los animales de bajo potencial genético. Trabajos llevados a cabo por Dillon *et al*. (2003) y Yan *et al*. (2006) muestran la existencia de diferencias entre las vacas de raza Holstein-Friesian y Normanda en la capacidad de distribuir la energía consumida para cubrir sus necesidades de producción de leche y sus reservas corporales. Los resultados de nuestro estudio parecen mostrar una mayor movilización de las reservas corporales en las vacas Holstein-Friesian que en las Normandas. Ello corroboraría los resultados de Dillon *et al*. (2003). Según trabajos realizados por Buckley *et al.* (2003), cuanto mayor sea la pérdida de peso vivo y de condición corporal experimentada por las vacas Holstein-Friesian al inicio de la lactación mayor sería el grado de movilización de sus reservas corporales y ello se traduciría en un incremento en la aparición de situaciones de déficit energético, lo cual acarrearía una reducción en la fertilidad y en el estado sanitario del animal.

### *Efecto de la estrategia de alimentación*

Durante la fase de alimentación invernal (110 días), los animales alimentados con la estrategia de altos insumos mos-

traron una producción diaria de leche superior (p<0,001) a la de los alimentados con bajos insumos (Tabla 6). Los contenidos de proteína y grasa en leche también fueron superiores (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos que en aquellos alimentados con bajos insumos. El peso vivo y la condición corporal de los animales en invierno fue superior (p<0,001) en los animales alimentados con altos que con bajos insumos.

Durante la fase de alimentación en pastoreo (210 días), la producción de leche fue superior (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos que con la de bajos insumos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kennedy *et al.* (2003) y Horan *et al.* (2005). El contenido de proteína en leche resultó superior (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos que con la de bajos insumos. Sin embargo, el contenido de grasa en leche fue inferior (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos que con la de bajos insumos. Ambos resultados corroboran lo obtenido por Horan *et al.* (2005). El aumento en el contenido de proteína en leche en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos podría atribuirse a un incremento en la ingestión de energía mientras que el descenso en el contenido de grasa en leche podría explicarse por una reducción en el contenido de fibra en la dieta (Bargo *et al.*, 2002). Los animales alimentados con la estrategia de altos insumos mostraron unos pesos vivos en primavera y en otoño superiores (p<0,001) a los alimentados con bajos insumos. La condición corporal de los animales también resultó superior en primavera (p<0,05) y en otoño (p<0,001) en las vacas lecheras alimentadas con la estrategia de altos que en aquellas alimentadas con bajos insumos.

Durante la lactación completa (320 días), se observó una producción total de leche (p<0,001) más alta (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos que en los alimentados con bajos insumos (del orden de un 18%). Ello concuerda con los resultados obtenidos por Horan *et al.* (2005). Siendo, los niveles productivos por lactación en nuestro estudio (altos insumos, 7567 *vs.* bajos insumos, 6238 kg/vaca/año, respectivamente) similares a los presentados por Horan *et al.* (2005) (altos insumos, 7360 *vs.* bajos insumos, 6408 kg/vaca/año, respectivamente) para niveles de suplementación similares en ambos estudios. El pico máximo de producción de leche resultó más alto (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos que en aquellos alimentados con la estrategia de bajos insumos, tanto en nuestro estudio (altos insumos, 35.0 *vs.* bajos insumos, 30.4 kg, respectivamente) como en el de Horan *et al.* (2005) (altos insumos, 35.2 *vs.* bajos insumos, 32.1 kg, respectivamente). No se observaron diferencias (p>0,05) en la duración total de la lactación entre las dos estrategias de alimentación en ninguno de los dos estudios considerados. Los contenidos de proteína y grasa en leche fueron superiores (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos que en aquellos alimentados con la de bajos insumos. La condición corporal de los animales a las 44 semanas de lactación fue superior (p<0,001) en los animales alimentados con la estrategia de altos insumos que en aquellos alimentados con bajos insumos. Las amplitudes de variación de peso vivo y de condición corporal durante la lactación completa en nuestro estudio resultaron mayores en los animales alimentados con la estrategia de bajos insumos que aquellos alimentados con la de altos insumos. Ello concuerda con los resultados del estudio efectuado por Horan *et al.* (2005).

Según investigaciones efectuadas por Roche *et al.* (2006) el aporte de concentrado a las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian provoca una respuesta productiva de +1,15 kg de leche por kg de concentrado utilizado. Esto concuerda con los resultados obtenidos en nuestro ensayo durante la fase de alimentación en pastoreo cuando se empleó la estrategia con altos insumos (+1,25 kg de leche por kg de concentrado utilizado) para vacas a mitad y final de lactación y los presentados por Kennedy *et al.* (2003) (+1,10 kg de leche por kg de concentrado utilizado) en un ensayo en pastoreo en el que se consideraron dos estrategias de alimentación (LC y HC) equivalentes a las dos estrategias empleadas en nuestro estudio (bajos *vs.* altos insumos). El consumo de concentrado en el ensayo efectuado por Kennedy *et al.* (2003) (LC, 376 *vs.* HC, 1540 kg de concentrado por año, respectivamente) fue similar al mostrado en nuestro ensayo (bajos, 264 *vs.* altos insumos, 1374 kg de concentrado por año, respectivamente), siendo el valor nutritivo de los concentrados y el del pastoforraje utilizados en los dos ensayos también similares. Estas respuestas en producción de leche a la suplementación con concentrado fueron superiores a las indicadas por Ferris *et al.* (1999) y Horan *et al.* (2004) en trabajos efectuados para una lactación completa en vacas lecheras de raza Holstein-Friesian.

El aumento de la cantidad de concentrado aportado en la ración suele incrementar el peso vivo de los animales según trabajos realizados por Kennedy *et al.* (2003), Roche *et al.* (2006) y Horan *et al.* (2004). En nuestro ensayo, las vacas alimentadas con la estrategia de altos insumos mostraron un peso vivo y una condición corporal al parto y durante la estación de pastoreo más altos que las alimentadas con bajos insumos. Sin embargo, estas variaciones de peso vivo y condición corporal de los animales asociadas al incremento de la cantidad de concentrado no resultan siempre constantes. Así pues, Buckley *et al.* (2000) y Horan *et al.* (2004) observaron que puede haber un aumento de peso vivo cualquiera que sea la cantidad de concentrado aportado en la ración mientras que Kennedy *et al.* (2003) vieron que el peso vivo de los animales puede experimentar un descenso en algunos casos. Dillon *et al.* (2003) mostraron que cuando las vacas lecheras reciben una alimentación con alto valor energético, ensilado de maíz

y concentrado, el peso vivo resulta más alto durante toda la lactación que el que presentan los animales que reciben otra ración menos energética y basada en el empleo exclusivamente de pasto fresco y el ensilado de hierba. Los ensayos realizados por Ferris *et al.* (1999), Buckley *et al.* (2000) y Fulkerson *et al.* (2001) no encuentran, sin embargo, un aumento de peso vivo en los animales al final de la lactación cuando se los alimenta con alta dosis de concentrado en la ración.

### *Interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación*

Los resultados de nuestro estudio muestran la existencia de una interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre la producción diaria de leche ($p<0,01$) durante la fase de alimentación invernal en establo (110 días) (Tabla 6). De manera que las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian alimentadas con la estrategia de bajos insumos ($HF_b$, 28,6±2,16 kg/vaca/día) presentaron una producción diaria de leche similar a la obtenida por las vacas de raza Normanda alimentadas con la estrategia de altos insumos ($N_a$, 26,6±1,96 kg/vaca/día). Se observó también una interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre el peso vivo de los animales en invierno ($p<0,05$). De tal forma que las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian alimentadas con la estrategia de altos insumos ($HF_a$, 674±20,9 kg) presentaron un peso vivo en invierno similar al de las vacas lecheras de raza Normanda alimentadas con la estrategia de bajos insumos ($N_b$, 672±20,2 kg). Se observó además una interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre el peso vivo de los animales a las 44 semanas de lactación ($p<0,05$). De manera que las vacas de raza Holstein-Friesian alimentadas con la estrategia de altos insumos ($HF_a$, 685±8,6 kg) presentaron un peso vivo a 44 semanas de lactación similar al de las vacas Normandas alimentadas con la estrategia de bajos insumos ($N_b$, 676±8,0 kg).

Estudios previos efectuados por Buckley *et al.* (2000), Kennedy *et al.* (2002) y Horan *et al.* (2005) muestran resultados diferentes al analizar la existencia de interacción entre la raza de vaca de lechera y la estrategia de alimentación sobre distintas variables en estudio: la producción y composición química de la leche, la ingestión de materia seca, el peso vivo y la condición corporal de los animales. Los resultados encontrados por Buckley *et al.* (2000) ponen de manifiesto la no existencia de interacción entre la raza de vaca de lechera y la estrategia de alimentación sobre ninguna de las variables mencionadas anteriormente. Ellos atribuyen esta ausencia de interacción a que las diferencias que establecieron entre las razas de vacas lecheras en su estudio y las estrategias de alimentación utilizadas fueron tan grandes que no resultó posible identificar ninguna interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación. Sin embargo, estudios efectuados por Kennedy *et al.* (2002) muestran la existencia de una interacción entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre la producción de leche de manera que las vacas lecheras de alto potencial genético para la producción de leche podrían tener su potencial productivo condicionado por una insuficiente suplementación con concentrado en sistemas de producción de leche en pastoreo. Según los resultados del estudio de Kennedy *et al.* (2002), ello lo que implicaría sería respuestas productivas en los animales de alto potencial genético inferiores a las esperadas. Además, los resultados obtenidos por Kennedy *et al.* (2002) muestran la existencia de una interacción significativa entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre la condición corporal de los animales al final de la lactación de manera que los animales con alto potencial genético presentan una menor pérdida de condición corporal del inicio al final de la lactación cuando se los suplementa con altas dosis de concentrado. Los resultados de los trabajos efectuados por Horan *et al.* (2005) muestran una interacción significativa entre la raza de vaca lechera y la estrategia de alimentación sobre diferentes variables en estudio. De manera que según los resultados de dichos autores se observa que en un sistema de producción de leche en pastoreo, las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian consideradas de alto potencial genético (con una genética norteamericana) para la producción de leche muestran niveles productivos altos, una respuesta elevada a la suplementación con concentrado, un peso vivo superior y una pérdida de condición corporal al parto mayor en comparación con las vacas lecheras de raza Holstein-Friesian consideradas de bajo potencial genético (con una genética neozelandesa) cuyos niveles productivos de leche resultan inferiores, los contenidos de proteína y grasa en leche son superiores, su respuesta a la suplementación con concentrado resulta baja, presentan un peso vivo inferior y muestran una menor pérdida de condición corporal al parto.

## Curva de producción de leche en función de la raza y la estrategia de alimentación

En la Figura 2 se muestran las curvas de producción diaria de leche para los 4 grupos de vacas lecheras en estudio ($HF_a$, $HF_b$, $N_a$ y $N_b$), considerando las dos razas de vacas (HF, Holstein-Friesian *vs.* N, Normanda) y las dos estrategias de alimentación (a, altos *vs.* b, bajos insumos), durante los 5 años en ensayo. Las vacas Holstein-Friesian mostraron una producción de leche por lactación superior a la de las vacas Normanda (Figura 2a). De media, se obtuvieron +4,1 kg de leche/día en las vacas Holstein-Friesian que en las Normandas. Los animales alimentados con la estrategia de altos insumos mostraron una producción de leche por lactación superior a la de los animales alimentados con la estrategia de bajos insumos (Figura 2b). De media, se obtuvieron +3,7 kg de leche/día en las vacas alimentadas con altos insumos que con bajos.

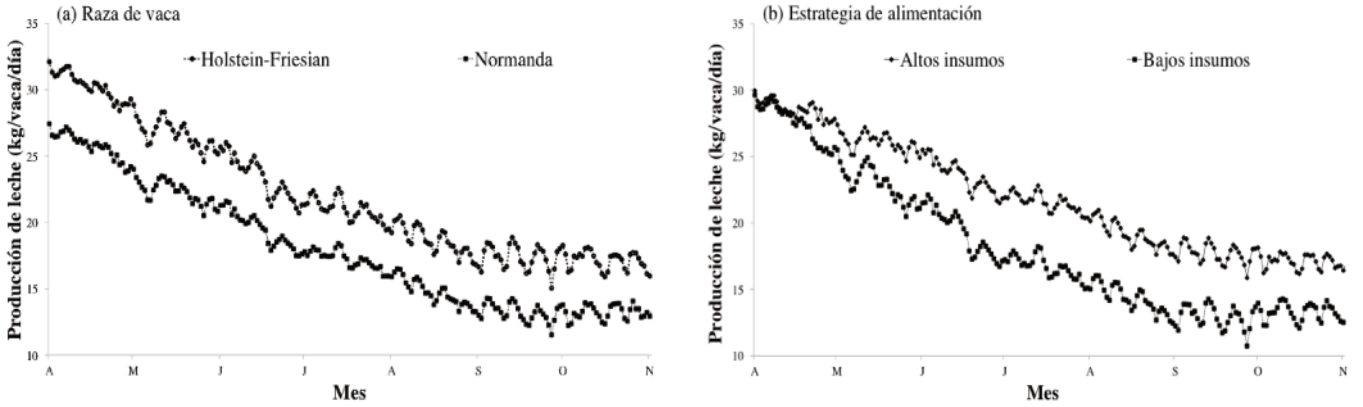


**FIGURA 2.** Efecto de la raza y de la estrategia de alimentación sobre la produción de leche.

**FIGURE 2.** Effect of dairy cow breed and feeding strategy on milk production.

## Determinación de PL y CL en pastoreo rotacional simplificado

El PL se alcanzó en nuestro ensayo de media para los 5 años en estudio al cuarto día de residencia de los animales en las parcelas y la CL al décimo día del ciclo de pastoreo. Siendo, tanto los valores obtenidos de PL como de CL superiores ($p<0,001$) en las vacas de raza Holstein-Friesian que en las de raza Normanda (Tabla 7). Esto corrobora los resultados presentados por Dillon *et al.* (2003), según los cuales las mayores pérdidas en condición corporal de los animales se encuentran asociadas a los niveles más altos de producción de leche. En este sentido, las vacas de raza Holstein-Friesian soportan una mayor movilización de reservas corporales que las Normandas, lo que explica que el PL y la CL que experimentan las vacas Holstein-Friesian al pasar de un ciclo de pastoreo al otro sean superiores a los observados en las Normandas.

El empleo de la estrategia de alimentación con altos insumos en comparación con la de bajos insumos provocó que el PL fuese más alto ($p<0,001$) y que la CL fuese más baja ($p<0,001$). Ello corrobora los resultados presentados por Hoden *et al.* (1991), dado que a mayor consumo de alimentos por parte de los animales se obtiene un PL más alto pero también una CL menor al pasar de un ciclo de pastoreo al otro.

Las vacas de raza Holstein-Friesian resultaron más susceptibles que las Normandas a cambios en la ingestión de alimentos, ello lo que implicó fue una mayor CL al final de cada ciclo de pastoreo. Esto se vio a su vez más marcado en los animales alimentados con la estrategia de bajos insumos que en aquellos alimentados con la estrategia de altos insumos. De cara a futuras investigaciones resultaría interesante focalizar los nuevos trabajos en la compleja relación que existe entre la CL experimentada por las dos razas de vacas lecheras en estudio al final de cada ciclo de pastoreo y el nivel de suministro de alimentos que se debería aplicar en el sistema de pastoreo rotacional simplificado para mantener unos niveles productivos adecuados a lo largo de toda la lactación. De manera que se lograsen reducir estas pérdidas de leche.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio realizado durante cinco años muestran la existencia de diferencias entre las dos razas de vacas lecheras en estudio (Holstein-Friesian *vs.* Normandas) y las dos estrategias de alimentación en ensayo (altos *vs.* bajos insumos) en la producción y composición química de la leche, el peso vivo y la condición corporal de los animales en el sistema de pastoreo rotacional simplificado. Las vacas de raza Holstein-Friesian producen significativamente más leche por lactación que las Normandas, sobre todo cuando son alimentadas con la estrategia de altos insumos, pero resultan más susceptibles a cambios en la ingestión de alimentos al experimentar un máximo de producción de leche y una caída de leche más pronunciada en cada ciclo de pastoreo. Para paliar la magnitud de esta pérdida de leche resultaría necesario profundizar en la compleja relación que existe la raza de vaca lechera seleccionada y la estrategia de alimentación utilizada actuando a varios niveles: (1) maximizando la producción de leche por cantidad de pasto ingerida en cada ciclo de pastoreo, (2) manteniendo una calidad del

| | Raza de vaca[1] | | Estrategia de alimentación[2] | | | Significación[3] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Holstein-Friesian | Normanda | Bajos | Altos | R4 | E | RxE |
| **Alimentación en establo** | | | | | | | |
| Máx. producción leche (kg/vaca) | 25,0±0,53[4] | 21,0±0,35 | 21,1±0,38 | 24,9±0,47 | *** | *** | ns |
| Caída de leche (kg/vaca) | -6,4±0,07 | -4,9±0,04 | -6,1±0,06 | -5,3±0,05 | *** | *** | ns |

[1,2,3,4]Véase Tabla 6.

**TABLA 7.** Efecto de la raza de vaca y de la estrategia de alimentación sobre el máximo de producción (PL) y la caída (CL) de leche.

**TABLE 7.** Effect of dairy cow breed and feeding strategy on the maximum of milk production (PL) and the drop of milk (CL).

pasto satisfactoria a lo largo de toda la estación de pastoreo, (3) ajustando la presión de pastoreo para lograr ingestiones de pasto satisfactorias, (4) adecuando los requerimientos nutritivos del rebaño lechero a sus necesidades productivas y (5) limitar la aparición de posibles situaciones de déficit energético de los animales causadas por falta de alimento.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y a la plantilla de la estación experimental del INRA "Pin au Haras" en Normandía (Francia).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFNOR (Association Française de Normalisation) (1997) *Aliments des animaux. Dosage de l'azote – Méthode par combustion (Dumas)*. NF V 8-120. AFNOR Editions, La Plaine Saint-Denis, France.

AFNOR (Association Française de Normalisation) (2006) *Aliments des animaux. Détermination du contenu en fibre par traitement à l'amylase et au détergent neutre (aNDF)*. NF EN ISO 16472. AFNOR Editions, La Plaine Saint-Denis, France.

AFNOR (Association Française de Normalisation) (2007) *Aliments des animaux. Détermination des teneurs en calcium, sodium, phosphore, magnésium, potassium, fer, zinc, cuivre, manganèse, cobalt, molybdène, arsenic, plomb et cadmium par ICP-AES.* NF EN 15510. AFNOR Editions, La Plaine Saint-Denis, France.

AFNOR (Association Française de Normalisation) (2008) *Aliments des animaux. Détermination des teneurs en fibres au détergent acide (ADF) et en lignine sulfurique (ADL)*. NF EN ISO 13906. AFNOR Editions, La Plaine Saint-Denis, France.

AGABRIEL J., GIRAUD J.M., PETIT M. (1986) Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. Bulletin Technique du CRZV de Theix. *INRA*, 66, 43-50.

BARBAT A., DRUET T., BONAITI B., GUILLAUME F., COLLEAU J.J., BOICHARD D. (2005) Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. *Rec. Rech. Rum.*, 12, 137-140.

BARGO F., MULLER L.D., DELAHOY J.E., CASSIDY T.W. (2002) Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.*, 85, 1777-1792.

BAZIN S., AUGEARD P., CARTEAU M., CHAMPION H., CHILLIARD Y., CUYLLE G., DISENHAUS C., DURAND G., ESPINASSE R., GASCOIN A., GODINEAU M., JOUANNE D., OLLIVIER O., REMOND B. (1984) Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches pie-noires, RNED bovin (ed.), Paris, France, 31 pp.

BUCKLEY F., DILLON P., RATH M., VEERKAMP R.F. (2000) The relationship between genetic merit for yield and live weight, condition score, and energy balance of spring calving Holstein-Friesian dairy cows on grass based system of milk production. *J. Dairy Sci.*, 83, 1878-1886.

BUCKLEY F., O'SULLIVAN K., MEE J.F., EVANS R.D., DILLON P. (2003) Relationships among milk yield, body condition, cow weight and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.*, 86, 2308-2319.

DILLON P., SNIJDERS S., BUCKLEY F., HARRIS B., O'CONNOR P. Y MEE J.F. (2003) A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.*, 83, 21-33.

DILLON P., BERRY D.P., EVANS R.D., BUCKLEY F., HORAN B. (2006) Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livest. Prod. Sci.*, 99, 141-158.

DULPHY J.R., DEMARQUILLY C. (1981) Problémes particuliers aux silages. En: *Prèvision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, 81-104. INRA Publi.

FERRIS C.P., GORDON F.J., PATTERSON D.C., MAYNE C.S. Y KILPATRICK D.J. (1999) The influence of dairy cow genetic merit on the direct and residual response to level of concentrate supplementation. *J. Agric. Sci.*, 132, 467-481.

FULKERSON W.J., WILKINS J., DOBOS R.C., HOUGH G.M., GODDARD M.E. Y DAVISON, T. (2001) Reproductive performance in Holstein-Friesian cows in relation to genetic merit and level of feeding when grazing pasture. *Anim. Sci.*, 73, 397-406.

HODEN A., PEYRAUD J.L., MULLER A., DELABY L.Y FAVERDIN P. (1991) Simplified rotational grazing management of dairy cows: effects of rates of stocking and concentrates. *J. Agric. Sci.*, 116, 417-428.

HORAN B., MEE J.F., RATH M., O'CONNOR P. Y DILLON P. (2004) The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feed system on reproductive performance in seasonal-calving milk production systems. *Anim. Sci.*, 79, 453-468.

HORAN B., DILLON P., FAVERDIN P., DELABY L., BUCKLEY F., RATH M. (2005) The interaction of strain of Holstein-Friesian cow and pasture based feed system for milk production, bodyweight and body condition score. *J. Dairy Sci.*, 88**,** 1231-1243.

INRA (1989) *Ruminants nutrition. Recommended allowances & feed tables*. INRA and John Libbey Eurotext, Paris and London, France and United Kingdom.

KENNEDY J., DILLON P., FAVERDIN P., DELABY L., BUCKLEY F., RATH M. (2002) The influence of cow genetic merit on response to concentrate supplementation in a grass based system. *Anim. Sci.*, 75, 433-446.

KENNEDY J., DILLON P., DELABY L., FAVERDIN P., STAKELUM G., RATH M. (2003) Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 610-621.

KERBRAT S., DISENHAUS C. (2004) A proposition for an updated behavioural characterization of the oestrus period in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 87, 223-238.

KLEIN F. (2003) Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. II. Nutrición de vacas a pastoreo. En: Teuber N., Uribe H. y Opazo L. (eds) *Hagamos de la lechería un mayor negocio*, pp. 43-55. Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

LE GALL A., GRASSET M., HUBERT F. (1997) La prairie dans les régions de l'Arc atlantique. I Place dans les systèmes fourragers et enjeux. *Fourrages* 152, 445-459.

MACKEY D.R., GORDON A.W., McCOY M.A., VERNER M., MAYNE C.S. (2007) Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. *Animal*, 1(1), 29-43.

MAYNE C.S., GORDON F.J. (1995) Implications of genotype x nutrition interactions for efficiency of milk production. En: Lawrence T.L.I. *et al.* (Eds) *Breeding and feeding the high genetic merit dairy cow*, pp 67-77. Midlothian, United Kingdom: British Society of Animal Science.

McCARTHY S., HORAN B., DILLON P., O'CONNOR P., RATH M., SHALLOO L. (2007) Economic comparison of divergent strains of Holstein-Friesian cows in various pasture-based production systems. *J. Dairy Sci.*, 90, 1493-1505.

PFLIMLIN A., BUCZINSKI B., PERROT C. (2005) Proposition de zonage pour préserver la diversité des systèmes d'élevage et des territoires européens. *Fourrages*, 182, 311-330.

PFLIMLIN A. (2008) Evolution de l'Europe laitière et des systèmes fourragers. Argumentaire pour une autre politique. *Fourrages*, 196, 401-424.

ROCHE J.R., BERRY D.P. Y KOLVER E.S. (2006) Holstein-Friesian strain and feed effects in milk production body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 89, 3532-3543.

SAS (2006) *User's Guide Version 9.01: Statistics,* SAS Inst., Inc., Cary, NC (EE.UU.).

VEERKAMP R.F., SIMM G., OLDHAM J.D. (1995) Genotype by environment interactions: experience from Langhill. En: Lawrence T.L.I. *et al.* (Eds) *Breeding and feeding the high genetic merit dairy cow*, pp 59-66. Midlothian, United Kingdom: British Society of Animal Science.

WALSH S., BUCKLEY F., PIERCE K., BYRNE N., PATTON J., DILLON P. (2008) Effects of breed and feeding system on milk production, body weight, body condition score, reproductive performance, and postpartum ovarian function. *J. Dairy Sci.*, 91, 4401-4413.

YAN T., MAYNE C.S., KEADY T.W.J., AGNEW R.E. (2006). Effect of dairy cows genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.*, 89, 1031-1042.