



Calidad composicional de la leche: aspectos nutricionales.

Ing Agr (MSc) Yamandú M. Acosta¹
Nut. (MSc) Ma Inés Delucchi²
Ing Agr (MSc) Juan M. Mieres³
Ing Agr (PhD) Daniel Cozzolino⁴

RESUMEN

En la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela se realizó un ensayo de alimentación, utilizando 54 vacas lecheras (9 tratamientos x 6 repeticiones) con el objeto de evaluar el efecto de la oferta diaria de pasturas y del nivel de suplementación con concentrado sobre el rendimiento de leche, el contenido y el rendimiento diario de sólidos de leche y la variación de peso y la condición corporal de vacas lechera de parición de otoño, utilizando ensilaje de maíz como componente de ajuste de las dietas experimentales. Se utilizaron pasturas de gramíneas y leguminosas en pastoreo directo y un concentrado mezcla en base a cebada y expeler de soja. Los 9 tratamientos surgen del arreglo factorial de tres niveles de oferta diaria de pasturas (8, 14 y 20 kg de MS/v/d) y 3 niveles de suplementación con concentrado (0, 3 y 6 kg/v/d base fresca). El incremento en la oferta de forraje y el nivel creciente de suplementación con concentrado aumentaron significativamente la producción de leche, existiendo una significativa interacción entre ambos efectos mayores. Tanto el contenido como el rendimiento diario de los distintos sólidos de la leche fueron significativamente afectados por los tratamientos de alimentación aplicados, registrándose también una fuerte interacción entre ambos efectos mayores. Se obtuvieron un conjunto de funciones polinomiales de respuesta, tanto a los efectos mayores por separado como modelos de regresión múltiple que consideraron ambos efectos mayores simultáneamente.

SUMMARY

A feeding trial involving 54 lactating dairy cows (9 treatments and 6 repetitions) was carried out at INIA La Estanzuela Dairy Research Unit to evaluate the effect of pasture daily allowance and supplementary concentrate level on milk yield, milk solids content and milk solids yield. Animals were fed temperate grass and legume pasture directly grazed, different levels of a concentrate mixture made of barley and soybean meal, and corn silage was also offered ad libitum. Nine treatments resulted from the 3 x 3 complete factorial design with 3 levels for daily pasture allowance (8, 14 and 20 kg DM/c/d) and 3 levels for supplementary concentrate (0, 3 and 6 kg/c/d as it basis). Both major effects has significant effect on average daily milk yield, milk solids yield and milk solids content, as well as significant interactions between the 2 major effects were recorded. Polynomial regressions were derived from the 2 major effects (pasture allowance and concentrate level) and also multiple regression models were estimated for both effects acting simultaneously.

1. Introducción

El complejo lechero ha sido desde mediados de los '70 uno de los sectores más dinámicos de la agropecuaria nacional. Este crecimiento se ha basado principalmente en la creciente aplicación de un paquete tecnológico ba-

sado en la utilización de pasturas pluri anuales, mezcla de gramíneas y leguminosas, en rotación con cultivos anuales en sustitución del campo natural, el aumento de la dotación animal en general y de las vacas en producción en particular, todo lo que permitió alcanzar una mayor eficiencia del proceso productivo, direccionando una proporción creciente de los alimentos del predio a categorías más directamente involucradas en la generación de productos transables. En resumen por la aplicación de un esquema de «agricultura forrajera» y una mejora en la estructura del rodeo que la utiliza.

Etapas siguientes de desarrollo, incorporaron cultivos anuales específicos con destino a reservas forrajeras, así como una utilización racional y creciente de los concentrados, como herramientas técnicas para aumentar y mejorar la oferta total de alimentos del predio y de este modo mejorar los indicadores de producción animal en general, así como la productividad técnica y económica de los predios.

A partir de la década de los '80 el país alcanzó la autosuficiencia en lcteos y comenzó un proceso de generación saldos exportables crecientes. Esta nueva situación del país, ahora con un irreversible y creciente perfil de procesador y exportador de lcteos, puso de relevancia la importancia de los temas relacionados a la calidad del producto leche en general, donde el contenido de sólidos de valor comercial en particular muestra una particular relevancia, corroborado por el hecho de que hoy la gran mayoría de las industrias de procesamiento de leche han implementado sistemas de pago del producto que reconocen esta realidad.

En este marco, el presente trabajo muestra resultados en producción de leche y de sólidos de leche en función del manejo de la alimentación, principalmente como respuesta al manejo simultáneo de pasturas bajo pastoreo directo y nivel de suplementación con concentrados, utilizando forrajes conservados como la variable de ajuste de las dietas experimentales bajo evaluación, pretendiendo simular situaciones de alimentación típicas de la cuenca lechera tradicional del país.

2. Antecedentes

Como es conocido, la performance animal desde el punto de vista de los alimentos resulta del producto del consumo, la digestibilidad de esos alimentos y del metabolismo de los nutrientes digeridos. De los tres, en dietas medias, es el factor individual de mayor impacto en producción de leche, con autores que han encontrado que en extensas revisiones de experimentos el 67% de la variación encontrada es atribuible al consumo (Sutton y Morant, 1989).

En condiciones de pastoreo rotativo o en asignaciones temporarias, el consumo de pasturas depende en forma muy importante de la asignación diaria de forraje, definida ésta como la cantidad de pastura disponible por día en relación a la cantidad de animales que pastorea o su inversa, la presión de pastoreo (Leaver, 1982).

La asignación de forraje por animal, en condiciones de disponibilidad no limitante, presenta una relación curvilínea y asintótica con consumo, a partir de aproximadamente 50 a 60 gramos (g) de materia orgánica (MO) por kg de peso vivo (PV), con consumos máximos en el orden de los 25 a 30 g de MO/kg de PV. Niveles superiores de asignación logran sólo pequeños incrementos en el consumo a expensas de drásticas reducciones en la

utilización del forraje, con marcadas caídas de productividad animal por hect rea (Mott, 1960).

Utilizaciones superiores al 50% del forraje ofrecido por restricciones en la asignación de forraje, resultan en reducciones en el consumo de pasturas debido a la creciente dificultad de los animales para alcanzar la porción basal del tapiz (Hodgson, et al., 1977; Le Du et al., 1979). La suplementación de animales a pastoreo es una práctica frecuente y difundida en producción lechera y como toda suplementación tiene como propósito central equilibrar el potencial del animal con el potencial de la alimentación, persiguiendo una mejora del desempeño individual, de la capacidad de carga de una pastura dada, de la utilización de los alimentos, o de varios de estos objetivos en simultáneo, así como evitar el sobre y/o sub pastoreo (Lange, 1980; Orcasberro, 1991).

Desde el punto de vista de la composición de la leche, a igualdad de características propias del animal como estado fisiológico y otras características que afectan su predisposición a la producción, la cantidad de leche sintetizada por la glándula mamaria depender de la concentración de precursores provistos por el flujo sanguíneo, de la eficiencia de captación de los mismos y de las tasas de síntesis de los componentes principales (Rearte, 1992).

La lactosa y los minerales son los componentes osmóticos más activos de la leche por lo que resultan en los principales responsables del volumen producido, a la vez que muy estables en su concentración (Oldham y Sutton, 1983).

La grasa es probablemente el componente de mayor variación en concentración en la leche. Para su síntesis los precursores provienen de fuentes dietéticas y de reservas. Los ácidos grasos de cadena corta (<14 Carbonos), son sintetizados directamente por la glándula mamaria en base a acetato y B-hidroxibutirato de origen dietario, en tanto que los de 18 Carbonos y más derivan directamente del plasma sanguíneo. Los de cadena media (16 carbonos) tienen ambos orígenes (Rearte, 1992).

En cuanto a las proteínas, aproximadamente un 90% de las proteínas lácteas son sintetizadas por la glándula mamaria, a partir de amino ácidos disponibles en el plasma sanguíneo. En su gran mayoría éstas son caseínas, más pequeñas cantidades de proteínas que difunden directamente del plasma de la sangre (Rearte, 1992). Como en rumiantes la disponibilidad de glucosa suele ser limitante, a nivel metabólico se desarrolla una intensa competencia por sustratos glucogénicos, que frecuentemente resulta en limitada disponibilidad de amino ácidos en plasma, con reducciones de consideración en el tenor de proteína de la leche (Rearte, 1992).

En resumen las posibilidades de manipulación del contenido de grasa en leche son notoriamente más amplias que las de la proteína láctea, y en general la alta disponibilidad de material fermentecible en rumen tiende a promover mayores tenores de proteína en leche. Estas altas digestibilidades pueden reducir el tenor graso de la leche por vía directa mediante la disminución dietaria de precursores como por vía indirecta por reducción diferencial de la digestibilidad de materiales fuente de precursores de acetato y B-hidroxibutirato (Rearte, 1992).

La lactosa por su parte es sintetizada a partir de glucosa y galactosa en la glándula mamaria y dado que es el principal componente osmóticamente activo de la leche, su concentración es muy difícil de cambiar y en general se registran cambios de concentración por períodos limitados cuando se incurre en consumos de energía extremadamente bajos (Sutton, 1989).

3. Materiales y Métodos

El presente trabajo se ejecutó en La Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela entre el 4 de julio y el 12 de setiembre de 1994, donde la información colectada durante los últimos 56 días se utilizó como información experimental propiamente dicha.

En el trabajo se utilizaron 54 vacas Holando del rodeo general de la Unidad, cuyas características promedio al inicio del experimento eran:

- Producción de leche (l/v/d):	20,1 ± 3,3
- Tenor Graso de la Leche (%):	3,62 ± 0,31
- Tenor Proteico de la Leche (%)	3,10 ± 0,17
- Tenor de Lactosa de la Leche (%)	4,88 ± 0,18
- Tenor de Sólidos Desgrasados (%)	8,68 ± 0,26
- Tenor de Sólidos Totales (%)	12,30 ± 0,47
- Días Pos Parto (días)	98,5 ± 49,0
- Peso de los Animales (kg)	513 ± 56
- Lactancias (número)	3,6 ± 1,6
- Condición Corporal (Puntos 0 - 5)	2,30 ± 0,07

Los tratamientos resultaron de un arreglo factorial con tres niveles de oferta de pasturas por animal y por día (8, 14 y 20 kg de Materia Seca de pasturas/animal/día) y tres niveles de suplementación con concentrados (0, 3 y 6 kg/vaca/día en base fresca o como tal).

Este arreglo permite evaluar 9 tratamientos, a los que se asignaron 6 vacas. Con las vacas se constituyeron primeros bloques según nivel de producción de leche promedio previo al inicio del experimento, fecha de parto, número de lactancias y peso, en ese orden de prioridad y luego los individuos pertenecientes a cada bloque fueron asignados al azar a alguno de los 9 tratamientos de alimentación a evaluar. Las variables de composición de la leche fueron ajustadas por covarianza, utilizando como covariable la información obtenida en las dos semanas previas a la aplicación de las dietas experimentales.

El diseño experimental aplicado fue un factorial completo con bloques al azar, con tres niveles para el efecto oferta diaria de pasturas y tres niveles para el efecto nivel de suplementación con concentrados.

Este diseño con utilización de medias estructuradas permitió estimar funciones de respuesta para variables independientes de producción animal a los efectos de alimentación evaluados.

Durante el experimento los animales fueron ordeñados dos veces al día, a las 5 y a las 16 horas. El concentrado era ofrecido cada día en dos mitades iguales en cada uno de los ordeños, en comederos individuales dentro de la sala de ordeño, y el mismo era pesado y acondicionado para el suministro en bolsas individuales de polietileno.

Luego del ordeño matutino y hasta una hora previo al ordeño vespertino, los animales eran separados en grupos según asignación forrajera, y las 18 vacas de cada nivel de oferta de forraje eran conducidas y pastoreadas juntas. En cada semana se ofrecían 2 franjas de pastoreo, que duraban 3 y 4 días cada una, las que eran limitadas por alambre electrificado delantero y trasero. Durante el pastoreo las vacas no disponían de agua de bebida en la faja, accediendo al agua libremente antes y luego de cada pastoreo.

Luego del ordeño vespertino los animales eran divididos en 9 grupos de 6 vacas (tratamientos de pastura x concentrado) y conducidos a corrales temporarios de alambre electrificado de 20 m² por vaca, donde permanecían hasta el ordeño matutino siguiente. En este corral temporario se les suministraba ensilaje de maíz a volun-



tad, agua y sales minerales.

Las determinaciones sobre las pasturas consistieron en un muestreo semanal de disponibilidad previa al pastoreo (forraje ofrecido), para lo que se cortaron 10 muestras de pasturas, cortadas al ras del suelo, con tijera de mano, utilizando cuadros de metal de 0,5 x 0,2 metros. Luego del pastoreo y sobre la faja de 3 días de duración de pastoreo se tomaban otras 10 muestras (forraje remanente) de pasturas según el mismo procedimiento.

En ambas muestras (ofrecido y remanente) 3 de las 10 muestras eran utilizadas para la determinación de componentes botánicos mayores (leguminosas, gramíneas, malezas y restos secos) y la totalidad de las muestras, las 7 muestras completas más las 3 muestras separadas en fracciones botánicas eran secadas en estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante, para la determinación de contenido de materia seca (MS).

Esta información permitió estimar materia seca total desaparecida, así como fracciones botánicas desaparecidas. Las 20 muestras totales de cada semana de experimento (10 de forraje ofrecido y 10 de forraje remanente pos pastoreo) fueron molidas a malla 1 mm, con un molino para forraje, y remitidas al Laboratorio de Forrajes y Concentrados de INIA La Estanzuela como 1 muestra compuesta de forraje ofrecido y 1 muestra compuesta del forraje remanente pos pastoreo, para la determinación de materia seca absoluta (MS) en estufa de aire forzado a 60°C hasta alcanzar peso constante (A.O.A.C., 1984), nitrógeno por el método de Kjeldhal y proteína cruda (PC) según A.O.A.C. 1984, fibra insoluble en detergente neutro (FDN) según Goering y Van Soest (1970), fibra insoluble en detergente ácido (FDA) según Goering y Van Soest (1970), digestibilidad «in vitro» de la materia orgánica según la metodología de Tilley y Terry (1963) y cenizas totales (C) según A.O.A.C. 1984. También se determinó el contenido de extracto etéreo (EE) de las muestras según el método de Silva (1981), en el Laboratorio Tecnológico de INIA La Estanzuela. El contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) se estimó por diferencia, según la fórmula: $CNE=100-(FDN+PC+EE+C)$. Para las estimaciones de disponibilidad de energía neta para lactación (ENI) se utilizó la información resumida en la Serie Técnica N° 5 de INIA de 1991.

Semanalmente y durante 3 días consecutivos, en simultáneo con el pastoreo de la faja de 3 días de duración, se ofrecía ensilaje de maíz el cual era pesado y ofrecido en comederos de metal luego del ordeño vespertino, a cada uno de los 9 grupos de 6 vacas correspondientes a los tratamientos de pastura x concentrado. Cada tarde, antes de pesar la nueva oferta de ensilaje, se pesaba y muestreaba el ensilaje remanente de la noche anterior. Esto permitió obtener información sobre «ensilaje desaparecido» por tratamiento, así como información sobre valor nutritivo de ensilaje ofrecido y remanente, según la metodología descrita para pasturas.

En el concentrado, además de pesarlo para cada vaca en cada ordeño durante cada día de las 10 semanas de experimento, en ambos ordeños de los días miércoles, se pesaba el concentrado remanente en cada comedero individual, con la finalidad de estimar el «concentrado desaparecido» por cada vaca. Muestras semanales del concentrado fueron enviadas al Laboratorio de Forrajes y Concentrados de INIA para las estimaciones ya descritas para pasturas.

Toda esta información permitió una muy razonable caracterización cuantitativa y nutricional de las dietas experimentales evaluadas.

En cuanto a variables de producción animal cabe men-

cionar que durante los 7 días previos a la aplicación de las dietas experimentales y para cada ordeño se registraron las producciones individuales de los animales (volumen), y en cada ordeño y para cada animal se obtuvo una alícuota de leche, equivalente a 3 ml por cada litro (l) producido en el ordeño, con lo que se creó una muestra individual compuesta, que se remitió al Laboratorio de Calidad de Leche de INIA, para la determinación de proteínas lcteas, grasa, lactosa, sólidos no grasos (extracto seco desgrasado) y sólidos totales en cada muestra, utilizando técnicas de refractancia de infrarrojo cercano, mediante la utilización de un equipo Milk-Scan modelo 104 A/B de Foss Electric de Dinamarca.

En esta semana pre experimental se pesaron todas las vacas en forma individual 2 días consecutivos y se determinó la condición corporal (CC) por apreciación visual, según el método propuesto por García Paloma (1990). Durante el período experimental, las vacas fueron individualmente controladas por producción de leche (volumen) durante todos los 70 días del experimento. Entre lunes y viernes inclusive de cada semana, se acumuló una muestra de leche individual según la metodología descrita para la semana pre experimental, la que fue remitida al Laboratorio de Calidad de Leche de INIA para la misma determinación de componentes descrita.

Todos los miércoles durante el período experimental las vacas fueron individualmente pesadas y su condición corporal determinada por apreciación visual según la metodología ya descrita.

4. Resultados

A continuación se presentan en forma tabulada y gráfica los resultados más relevantes obtenidos, en términos de utilización de alimentos, producción de leche, rendimiento de sólidos lácteos y contenido de componentes sólidos específicos.

a. Dietas experimentales

Este apartado presenta en forma muy resumida las principales características cuantitativas y nutricionales de las dietas experimentales bajo evaluación, con el único propósito de servir de información de referencia a la hora de inferir conclusiones sobre producción de leche y rendimiento de sólidos.

El Cuadro 1 presenta los resultados de valor nutritivo promedio de los alimentos ofrecidos durante el período experimental.

Cuadro 1. Valor nutritivo promedio del forraje verde, el ensilaje de maíz y del concentrado ofrecidos durante el período experimental (PC, DMO, FDA, FDN, EE, C, y CNE como % de la MS).

Estimadores	Pasturas	Ensilaje de Maíz	Concentrado
MS %	20,0	25,0	84,5
PC %	17,6	7,3	21,8
DMO %	67,7	67,7	88,6
FDA %	35,7	34,1	11,5
FDN %	52,6	59,4	36,7
EE %	3,3	5,7	2,3
C %	11,4	5,8	5,3
CNE %	15,2	21,8	34,0
ENI (Mcal/kg MS)	1,40	1,37	1,74



Típicamente nuestras pasturas son buenas en nitrógeno total (PC) para lactancias como las del país, pero limitantes en disponibilidad de energía (ENI) y especialmente en materia orgánica rápidamente fermentecible (CNE). Por otro lado los ensilajes de gramíneas anuales como maíz son una razonable fuente de energía con escaso aporte de nitrógeno (PC) y minerales (Cenizas) y una mayor proporción de la energía disponible en la forma de compuestos rápidamente fermentecibles (CNE). Los concentrados suelen ser alimentos más plásticos y que responden fácilmente a los criterios de formulación planteados, aportando los macro nutrientes en la cantidad y balance previstos.

El Cuadro 2 presenta el valor nutritivo de la pastura «desaparecida» como indicador del valor nutritivo de la pastura efectivamente consumida por los animales. Las diferencias en valor nutritivo entre material ofrecido y remanente en el ensilaje de maíz y en el concentrado resultaron nulas, por lo que el valor nutritivo del ofrecido será el utilizado para estos materiales para la caracterización de

las dietas experimentales.

El Cuadro 2 es claro en cuanto al concepto de que la pastura no es un alimento usual de valor nutritivo fijo y conocido, sino que el valor nutritivo aportado por la pastura interacciona fuertemente con el manejo aplicado. Los manejos más intensos aumentan la utilización (proporción cosechada del forraje disponible), pero pueden reducir el forraje efectivamente cosechado por animal (asignación de pasturas 8). También la concentración de macro nutrientes y de algunos grupos químicos de interés nutricional siguen un patrón con alta dependencia del manejo.

Las ofertas de forraje más generosas permiten operar mecanismos de selectividad que tienden a seleccionar un material con mayor contenido de PC, de mayor digestibilidad (DMO), menos fibroso (FDN y FDA) y de mayor contenido energético (ENI).

Cuadro 2. Valor nutritivo de la pastura ofrecida y de la pastura "desaparecida" en cada una de las asignaciones experimentales de forraje.

Estimadores	Asignación Experimental de Pasturas (kg MS/vaca/día)			EEM ¹	Pr.>F
	8	14	20		
Utilización %	65,8 a	50,0 b	37,4 c	6,59	0,01
Desaparecido Promedio kg MS/v/d	5,13 b	6,84 a	7,30 a	1,04	0,01
MS %	17,0 a	15,8 a	14,9 a	4,68	ns
PC %	20,0 b	21,7 ab	23,2 a	2,79	0,01
DMO %	72,4 c	76,0 b	80,2 a	4,59	0,05
FDA %	32,9 a	29,4 ab	28,3 b	4,51	0,01
FDN %	46,3 a	44,7 a	37,3 b	7,81	0,01
EE %	4,0 c	4,7 b	5,4 a	0,52	0,01
C %	10,3	9,7	10,2	2,21	ns
CNE %	37,9 b	39,4 b	45,6 a	8,27	0,05
ENI (Mcal/kg MS)	1,48 b	1,58 a	1,61 a	0,12	0,01

¹ EEM=Error Estándar de la Media

Cuadro 3. Consumo medio estimado (kg MS/v/d) de las distintas dietas experimentales, total y de las fracciones pastura, ensilaje y concentrado, y composición proximal media más probable de las mismas.

El Cuadro 3 presenta el consumo medio estimado de MS total y por alimento y la composición media más probable de las dietas experimentales bajo evaluación.



Cuadro 3. Consumo medio estimado (kg MS/v/d) de las distintas dietas experimentales, total y de las fracciones pastura, ensilaje y concentrado, y composición proximal media más probable de las mismas.

Asignación de Pasturas (kg/v/d)	8	8	8	14	14	14	20	20	20
Nivel de Concentrado (kg/v/d)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Dietas Experimentales									
Consumo Total de MS (kg/v/d)	15,16	16,19	18,31	15,93	16,24	16,06	16,09	16,43	16,47
CMS/PV (%)	3,00	3,23	3,27	3,14	3,18	3,28	3,35	3,08	3,13
Consumo de Pasturas (kg MS/v/d) ¹	7,16	4,79	4,01	7,63	5,04	3,46	7,69	6,03	2,97
Consumo de Ensilaje (kg MS/v/d)	8,00	8,90	9,40	8,30	8,80	7,70	8,40	7,90	8,50
Consumo de Concentrado (kg MS/v/d)	0,00	2,50	4,90	0,00	2,40	4,90	0,00	2,50	5,00
Composición Media Más Probable									
MS %	21,2	31,8	39,2	21,2	31,3	41,4	21,2	31,1	41,6
PC %	13,3	13,3	14,0	13,4	13,4	14,5	13,4	14,2	14,0
DMO %	69,9	72,3	74,3	70,0	72,2	75,1	69,9	72,6	74,9
FDA %	33,5	30,3	27,8	33,5	30,4	26,9	33,5	30,2	27,0
FDN %	53,2	52,0	50,5	53,1	52,0	49,7	53,1	51,1	50,1
EE %	4,9	4,7	4,4	4,9	4,7	4,3	4,9	4,6	4,4
C %	7,9	7,1	6,7	8,0	7,1	6,6	8,0	7,4	6,5
CNE %	29,4	28,4	28,6	29,5	28,6	29,0	29,5	29,6	28,4
ENI (Mcal/kg MS)	1,42	1,46	1,49	1,47	1,49	1,53	1,48	1,51	1,53

¹ Estimado utilizando coeficientes técnicos del NRC 2001.

A partir de la información del Cuadro 3, resultan evidentes los efectos compensatorios entre concentrado y pasturas, particularmente en consumo de materia seca y tenor proteico de las dietas resultantes. También es de consideración la «herencia» del concentrado en el tenor de materia seca de las distintas dietas, así como en su concentración energética.

Es notorio que en situaciones de alta restricción en la oferta de pasturas todos los componentes de la dieta tienden a tener un comportamiento predominantemente «aditivo», haciendo que el mayor consumo de concentrado aumente el consumo de ensilaje. En condiciones de restricción normal o muy baja, comienzan a operar mecanismos de «sustitución» entre componentes mayores de las dietas, que afectan tanto el consumo total de alimen-

tos como la composición proximal y el valor nutritivo final. Así por ejemplo en las asignaciones forrajeras 8 y 14 el concentrado mejora el tenor proteico total de las dietas. En la asignación 20, la tasa de sustitución por otro lado y la selectividad del consumo de forraje por el otro hacen que el efecto sustitutivo de concentrado por forraje termine deprimiendo en contenido de proteína cruda de la dieta total.

La densidad calórica de los distintos alimentos es tan diferente que aún con tasas de sustitución elevadas el efecto de la adición del concentrado resulta en un aumento de la misma en las dietas completas.

b. Rendimiento de leche y componentes sólidos mayores

Cuadro 4. Rendimiento medio diario de leche, leche corregida a 4% de contenido graso, contenido de grasa, proteínas y lactosa, y rendimiento medio diario de sólidos de las dietas experimentales evaluadas.

Asignación de Pasturas (kg/v/d)	8	8	8	14	14	14	20	20	20		
Nivel de Concentrado (kg/v/d)	0	3	6	0	3	6	0	3	6	EEM	Pr.->F
Rendimiento Diario de Leche											
Leche (l/v/d)	15,4 e	18,6 bcd	20,8 a	17,8 d	20,3 abc	19,5 abcd	18,4 cd	20,0 abc	20,5 ab	1,744	0,01
Leche Corregida al 4% de Grasa	14,2 c	17,8 ab	19,6 a	16,9 b	18,8 ab	17,5 ab	17,9 ab	18,9 ab	19,3 a	1,869	0,01
Contenido de Sólidos											
Grasa (%)	3,51 bc	3,71 ab	3,58 ab	3,65 ab	3,49 bc	3,30 c	3,83 a	3,63 ab	3,57 b	0,213	0,01
Proteínas (%)	3,12 abc	3,20 abc	3,18 abc	3,05 c	3,08 bc	3,19 abc	3,14 abc	3,25 a	3,21 ab	0,137	0,01
Lactosa (%)	4,75 c	4,95 a	4,97 a	4,96 a	4,85 abc	4,80 bc	4,85 abc	4,91 ab	4,90 ab	0,125	0,05
Sólidos No Grasos (%)	8,57	8,85	8,86	8,71	8,63	8,69	8,70	8,86	8,81	0,207	Ns
Sólidos Totales (%)	12,08 bc	12,56 a	12,43 ab	12,37 ab	12,12 bc	11,98 c	12,52 a	12,49 a	12,38 ab	0,320	0,02
Rendimiento de Sólidos Mayores											
Grasa (kg/v/d)	0,540 c	0,689 ab	0,749 a	0,652 b	0,710 ab	0,644 b	0,704 ab	0,725 ab	0,737 ab	0,082	0,01
Proteínas (kg/v/d)	0,477 e	0,591 bcd	0,662 a	0,544 d	0,624 abc	0,621 abc	0,580 cd	0,646 ab	0,661 a	0,049	0,01
Lactosa (kg/v/d)	0,733 d	0,919 bc	1,038 a	0,885 c	0,985 abc	0,936 abc	0,895 c	0,980 abc	1,008 ab	0,089	0,01
Sólidos No Grasos (kg/v/d)	1,318 d	1,641 bc	1,845 a	1,554 c	1,751 ab	1,694 abc	1,604 bc	1,765 ab	1,812 a	0,146	0,01
Sólidos Totales (kg/v/d)	1,858 d	2,330 bc	2,594 a	2,206 c	2,462 abc	2,338 abc	2,308 bc	2,490 ab	2,549 ab	0,221	0,01



El Cuadro 4 resume los resultados del presente experimento en términos de rendimiento medio de leche y componentes sólidos de leche al manejo de la alimentación propuesto.

El Cuadro 5 presenta las regresiones polinomiales obtenidas en este trabajo, que explican de forma más visible las relaciones encontradas entre variables.

Con la excepción de sólidos no grasos, se registró una interacción significativa entre los efectos *mayores asignación de pasturas y nivel de suplementación con con-*

centrados, indicando en general una importante respuesta productiva a ambas variables de alimentación, a la vez que un comportamiento diferencial del concentrado cuando éste es utilizado en condiciones de pasturas muy limitante (las mayores respuestas unitarias) o en condiciones de buena oferta forrajera por animal.

La Figura 1 muestra en forma gráfica la respuesta en leche (l/v/d) a la suplementación con concentrado para cada una de las tres asignaciones de forraje evaluadas.

Cuadro 5. Funciones de respuesta a la suplementación con concentrado según asignación de pasturas.

Variable Independiente	30	31	32	r ²	EER ¹
Asignación 8 kg/v/d					
Leche (l/v/d)	15,38	0,911	—	0,864	1,488
Leche Corregida a 4% (l/v/d)	14,25	0,887	—	0,836	1,611
Grasa (%)	3,51	0,121	-0,018	0,260	0,188
Proteínas (%)	3,12	0,043	—	0,616	0,116
Lactosa (%)	4,75	0,098	-0,010	0,397	0,168
Sólidos No Grasos (%)	8,57	0,141	-0,016	0,535	0,198
Sólidos Totales (%)	12,08	0,262	-0,034	0,453	0,283
Grasa (kg/v/d)	0,540	0,065	-0,005	0,802	0,071
Proteínas (kg/v/d)	0,477	0,045	-0,002	0,812	0,050
Lactosa (kg/v/d)	0,733	0,074	—	0,876	0,073
Sólidos No Grasos (kg/v/d)	1,318	0,088	—	0,865	0,129
Sólidos Totales (kg/v/d)	1,858	0,123	—	0,855	0,192
Asignación 14 kg/v/d					
Leche (l/v/d)	17,80	1,400	-0,186	0,729	2,078
Leche Corregida a 4% (l/v/d)	16,90	1,163	-0,178	0,721	2,005
Grasa (%)	3,66	-0,059	—	0,468	0,185
Proteínas (%)	3,05	—	0,004	0,400	0,092
Lactosa (%)	4,95	-0,027	—	0,264	0,141
Sólidos No Grasos (%)	8,71	-0,053	0,008	0,200	0,140
Sólidos Totales (%)	12,35	-0,064	—	0,386	0,268
Grasa (kg/v/d)	0,653	0,041	-0,007	0,700	0,082
Proteínas (kg/v/d)	0,544	0,041	-0,005	0,715	0,065
Lactosa (kg/v/d)	0,855	0,058	-0,008	0,719	0,104
Sólidos No Grasos (kg/v/d)	1,554	0,108	-0,014	0,726	0,180
Sólidos Totales (kg/v/d)	2,206	0,148	-0,021	0,725	0,256
Asignación 20 kg/v/d					
Leche (l/v/d)	18,45	0,665	-0,053	0,772	1,313
Leche Corregida a 4% (l/v/d)	18,03	0,221	—	0,614	1,667
Grasa (%)	3,80	-0,042	—	0,247	0,250
Proteínas (%)	3,14	0,063	-0,009	0,198	0,154
Lactosa (%)	4,85	0,029	—	0,380	0,103
Sólidos No Grasos (%)	8,70	0,092	-0,012	0,341	0,195
Sólidos Totales (%)	12,54	-0,023	—	0,296	0,311
Grasa (kg/v/d)	—	—	—	0,481	0,080
Proteínas (kg/v/d)	0,580	0,030	-0,003	0,741	0,047
Lactosa (kg/v/d)	0,895	0,038	—	0,802	0,062
Sólidos No Grasos (kg/v/d)	1,604	0,035	—	0,796	0,112
Sólidos Totales (kg/v/d)	2,308	0,040	—	0,723	0,183

¹ EER=Error Estándar de la Regresión.



CONSIDERACIONES GENERALES

Las diferentes asignaciones de forraje y los niveles de suplementación planteados modificaron tanto el consumo total de materia seca promedio de los tratamientos, como el valor nutritivo de las dietas resultantes.

El consumo de ensilaje fue fuertemente afectado por la asignación de forraje y por el nivel de suplementación con concentrado. Si bien en la asignación de forraje más limitante el concentrado promueve el consumo de ensilaje, esto no es así con asignaciones más aliviadas. En el nivel de suplementación 0 el consumo de ensilaje se mantiene relativamente constante a cambios en la asignación de pasturas, en tanto que en el nivel de suplementación 6 kg/v/d se registró sustitución de ensilaje por pastura.

Las dietas aplicadas modificaron en forma muy importante el nivel de producción de leche, mostrando fuerte interacción entre asignación de pasturas y nivel de suplementación con concentrado.

Los componentes sólidos de leche mostraron un marcado efecto de las dietas aplicadas, mostrando también fuerte interacción de los efectos mayores evaluados. En las dos asignaciones de forraje más aliviadas el tenor graso de la leche muestra disminución coincidiendo con la mayor ingesta de materiales más rápidamente fermentables. En general el tenor proteico de la leche resultó promovido por la suplementación con concentrado, no siendo claro el efecto de la variable asignación forrajera sobre ésta variable.

El rendimiento diario de componentes de la leche también resultó afectado por las variables bajo estudio, mostrando también una fuerte interacción de los efectos mayores. En términos generales la interacción muestra que la reducción en respuesta a una variable puede ser compensada por incrementos de respuesta al otro componente variable de la dieta.

BIBLIOGRAFIA

Acosta, Y. 1991. II. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. In Guía para la alimentación de rumiantes. Uruguay. INIA Serie Técnica N° 5, pp. 33-44.

A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 14th ed. Published by the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1102 p.

García Paloma, J.A. 1990. El método de la condición corporal en vacuno lechero: propuesta de una metodología unificadora. Investigaciones Agrarias: Producción y sanidad animal. 5: 121-130.

Goering, H.K. And Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). A.R.S. U.S. Department of Agriculture. Handbook N° 379, Superintendent of documents, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 20402.

Hodgson, J., Rodriguez Capriles, M.J., and Forlon, P. 1977. The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves. Journal of Agricultural Science 89: 743-750.

Lange, A. 1980. Suplementación de pasturas para producción de carne. 2ª ed. Comisión Técnica InterCREA de Producción de Carne. 74 p.

Le Du, Y.L.P., Combellas, J., Hogdson, J., and Baker, R.D. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cow. 2. The effect of level of winter feeding and daily herbage allowance. Grass and Forage Science 34: 249-260.

Leaver, J.D. 1982. Utilización de pasturas por la vaca lechera. In Swan, H. Y Broster, W.H. eds. Principios para la producción ganadera. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. pp. 301-315.

Mott, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In International Grassland Congress, 8th, Reading. Proceedings. Reading, U.K. pp 606-611.

National Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.

National Research Council. 1985. Ruminant nitrogen usage. National Academy Press. Washington, D.C. National Academy Press. 138 p.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Washington, D.C. National Academy Press. 381 p.

Oldham, J.D. y Sutton, J.D. 1983. Composición de la leche y la vaca de alta producción. In Broster, W.H. y Swan, H. 1ª ed. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México. AGT. Pp 84-108.

Orcasberro, R. 1991. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. In Pasturas y producción animal en reas de ganadería extensiva. Uruguay. INIA Serie Técnica N° 13. Pp 225-232.

Rearte, D.H. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, Argentina, Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. 94 p.

Silva, D.S. 1981. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa, UFV, Minas Gerais, Brasil. Impr. Univ. 166 p.

Sutton, J.D. and Morant, S.V. 1989. A review of the potential of nutrition to modify milk fat and protein. Livestock Production Science 23: 219-237.

Tilley J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the «in vitro» digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society 18:104-111.

1 Programa Nacional de Lechería, INIA La Estanzuela, E-mail: yacosta@inia.org.uy

2 Programa Nacional de Lechería, Laboratorio de Calidad de Leche, INIA La Estanzuela, E-mail: delucci@inia.org.uy

3 Programa Nacional de Lechería, Laboratorio de Nutrición Animal, INIA La Estanzuela, E-mail: jmieres@inia.org.uy

4 Nutrición Animal, Servicio NIRS, INIA La Estanzuela, E-mail: cozolino@inia.org.uy