

ACIDO FORMICO COMO ADITIVO EN ENSILAJE DE ALFALFA  
(*Medicago sativa* L.) Y NIVELES DE CONCENTRADO  
PARA LA PRODUCCION DE LECHE. II. VALOR NUTRITIVO  
Y PRODUCCION LECHERA.

Patricio Yanés F.<sup>1/</sup> y Claudio Wernli K.<sup>2/</sup>

Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Estación Experimental La Platina  
Casilla 5427, Santiago, Chile

RESUMEN

Se estudió el efecto de la aplicación de ácido fórmico (90<sup>o</sup>/o) al 0,5<sup>o</sup>/o en la materia verde de alfalfa y de una suplementación con dos niveles de concentrado (43,6 y 20,9 g MS/kg<sup>0,75</sup>) sobre el valor nutritivo de las raciones y la producción de leche. Dentro de una estructura factorial de 2 x 2, se realizó un ensayo con vacas en lactancia en que se midió consumo voluntario, producción lechera y composición de leche. Paralelamente se realizó un ensayo de metabolismo con corderos, estudiándose una serie de parámetros nutricionales para las mismas raciones suministradas a las vacas lactantes.

El consumo voluntario de los ensilajes tratados con ácido fue más alto que sin aditivo, lo que podría explicarse en parte por la fermentación menos intensiva del forraje en silo al preservarlo con ácido y su mayor tasa de digestión ruminal. La velocidad de paso de los forrajes a través del tubo digestivo no difirió entre tipos de ensilaje. Las vacas bajo ensilaje tratado produjeron significativamente más leche como resultado del mayor consumo de nutrientes digestibles, y sus incrementos de peso fueron mayores que con el ensilaje sin ácido. No se detectaron cambios en la composición de leche, digestibilidad de la dieta, digestibilidad de la proteína y retención de nitrógeno entre ambos tipos de ensilaje.

El suministro del nivel bajo de concentrado en ambos ensilajes resultó en valores menores para consumo de MS total, digestibilidad de la ración, consumo de nutrientes digestibles y eficiencia de utilización del nitrógeno, con respecto a los niveles altos de suplementación. En consecuencia, la producción lechera disminuyó al bajar el nivel de suplementación energética, aunque este efecto tendió a ser menor con el ensilaje preservado con ácido fórmico que con el sin aditivo. No se observaron cambios en la composición de leche de acuerdo al nivel de suplementación energética, a pesar que se detectó una reducción en la relación ácido acético: ácido propiónico ruminal al elevar el aporte de concentrado.

La producción de las vacas que recibieron ensilajes con aditivo y nivel bajo de concentrado fue similar que para el tratamiento de ensilaje sin aditivo y nivel alto de concentrado. El uso de ácido fórmico en ensilaje de alfalfa permite, por lo tanto, prescindir de altos niveles de suplementación energética sin afectar la cantidad ni la calidad de la leche.

---

1/ Ing. Agr., Mag. Sci., Area de Ganadería y Producción Pratense, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Posición actual: Investigador, Instituto de Investigaciones Agrícolas, México.

2/ Ing. Agr., Ph. D., Investigador, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor Area Ganadería y Producción Pratense, Universidad de Chile y Departamento de Producción Animal, Universidad Católica de Valparaíso.

## SUMMARY

Two experiments were carried out in order to study the effect of the addition of 0.5% of formic acid to the fresh weight of lucerne, and the supplementation of two levels of concentrate (43.6 and 20.9 g DM/kg 0.75) upon the nutritive value of diets and milk production. The first experiment measured voluntary intake, milk output and composition in Holstein Friesian cows. At the same time, a metabolism trial was conducted to study several nutritional parameters with wethers receiving the same rations fed to the lactating cows.

Voluntary intake of silage was higher with the acid-preserved than with the untreated forage. This could be partly explained for by the less intensive fermentation occurred in the formic acid-treated silage and its higher rate of digestion in the rumen. The rate of passage of indigested forage particles through the alimentary tract was unaltered by the type of silage. Milk production of cows fed the treated silage was significantly higher as a result of greater intake of digestible nutrients, and liveweight increments were also higher than those with the untreated silage. Milk composition, diet and protein digestibility and nitrogen retention did not differ between types of silage.

With both types of silage, the feeding of concentrates at the low level resulted in lower values for intake of total dry matter, digestibility of diets, intake of digestible nutrients and efficiency of nitrogen utilization than at the high levels of supplementation. Consequently, milk production decreased when the level of energy supplementation was reduced, although this effect tended to be lower with the treated than with the untreated silage.

Milk composition did not differ between supplementation levels, in spite of a lower acetic to propionic acid ratio found in the rumen with increasing levels of concentrate. The rate of digestion in the rumen and the mean retention time of feed particles in the alimentary tract did not change with different levels of concentrate fed.

Milk production of cows offered the treated silage with the low level of concentrate was similar to that of the cows fed the untreated silage plus the high level of concentrate supplement. By adding formic acid to lucerne silage, therefore, high levels of energy supplementation become unnecessary and neither milk output or milk quality are affected.

## INTRODUCCION

Los ensilajes, tanto de gramíneas como de leguminosas, presentan deficiencias en su valor nutritivo por serias limitaciones en su consumo voluntario, comparado con el mismo forraje de similar digestibilidad suministrado como heno o en verde (Wernli, 1975). El consumo de ensilaje y la producción de leche han sido significativamente más altos como resultado de la agregación de ácido fórmico en ensilajes de leguminosas/gramíneas (Castle y Watson, 1970a, 1970b; Derbyshire *et al.*, 1971).

Con el fin de alcanzar los requerimientos energéticos de las vacas de alta producción, es necesario recurrir al uso de concentrados como suplementos de forrajes conservados. La suplementación de los ensilajes con alimentos concentrados resulta en un mayor consumo total de materia seca y energía metabolizable (Wernli, 1971a; Griffiths *et al.*, 1973). La respuesta en producción de leche es generalmente positiva al

elevar el nivel de granos en raciones de vacas alimentadas con ensilaje como forraje base (Asada *et al.*, 1973; Marshall y Rodríguez, 1975) observándose también un aumento en la persistencia de la lactancia (Brown *et al.*, 1974). Esta respuesta en producción tiende a ser menor en la medida en que aumenta la calidad de los forrajes (Mather *et al.*, 1960).

El elevado costo de los alimentos concentrados y la creciente competencia establecida entre los animales y el hombre por los cereales, imponen el empleo de mínimas cantidades de concentrado. Para ello es necesario que los forrajes sean utilizados con la mayor eficiencia.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el uso de ácido fórmico sobre el valor nutritivo del ensilaje de alfalfa para la producción lechera. Se estudió también el efecto de suplementación de estos ensilajes con niveles decrecientes de concentrados en vacas lactantes y los factores nutricionales metabólicos que inciden sobre la respuesta animal en producción de leche.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental "La Platina" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), provincia de Santiago.

La cosecha del material ensilado y la composición química de los ensilajes suministrados fueron descritos en la primera parte de este trabajo (Yanés y Wernli, 1977). Durante cada período experimental se tomó diariamente muestras de ensilaje ofrecido, las que se preservaron a 4°C para análisis químico. Una submuestra se utilizó para determinación de MS al horno.

### Ensayo de Producción de Leche

Se utilizaron 12 vacas Holstein de uno a ocho partos con producciones promedio superiores a 3.000 l/año y con un período de lactancia que fluctuaba entre dos y tres meses al inicio del ensayo. Los animales se dividieron en 4 grupos con estructura factorial, y se cambiaron de tratamientos al entrar en distinto período; los resultados se calcularon de acuerdo a un diseño de bloques al azar en que cada uno de los bloques corresponde a un período y los factores a tipo de ensilaje y nivel de concentrado, constituyendo los siguientes tratamientos:

- I. Ensilaje con ácido + concentrado nivel alto (43,6 g MS/kg 0,75/día).
- II. Ensilaje con ácido + concentrado nivel bajo (20,9 g MS/kg 0,75/día).
- III. Ensilaje sin ácido + concentrado nivel alto (43,6 g MS/kg 0,75/día).
- IV. Ensilaje sin ácido + concentrado nivel bajo (20,9 g MS/kg 0,75/día).

Los períodos del ensayo comprendieron una etapa pre-experimental de 40 días (período 1) ó 15 días (períodos 2 y 3) y una etapa experimental de 7 días en todos ellos. Cada vaca se mantuvo durante todo el experimento en corrales individuales con comedero y bebedero. El ensilaje se suministró a las 09,00 h en cantidad aproximadamente 20% superior al consumo promedio de los tres días precedentes. Las sobras se pesaron diariamente antes del suministro del ensilaje y se mezclaron con éste; cada tres días se descartaron las sobras, obteniéndose una muestra para análisis químico. El concentrado consistió en una mezcla de avena (48%), maíz (30%), afrecho de trigo (20%), tricaphos (1%) y sal común (1%), y se entregó individualmente dos

veces al día al momento de cada ordeña, pesándose en cada ocasión las sobras. Durante cada período experimental se tomaron diariamente muestras del concentrado para análisis químico. Previo inicio del ensayo se determinó el contenido mineral de los ensilajes, con el objeto de garantizar el suministro de éstos según requerimientos.

Las vacas se ordeñaron a las 08,30 y 16,30 h midiéndose diariamente la producción de leche individual. Se tomaron muestras de leche de cada vaca dos veces por dos días consecutivos en cada período experimental, las que se preservaron con 0,28 ml de dicromato de potasio (10%) por 100 ml de leche, para su análisis cualitativo. Las vacas se pesaron después de la ordeña matinal sin destare por 2 días consecutivos al inicio y al final de cada período experimental.

### Ensayo de Metabolismo

Paralelo al ensayo de producción anteriormente descrito, se realizó un experimento utilizando 4 corderos de 24 meses (35 kg) fistulados al rumen, los que se mantuvieron en jaulas metabólicas durante toda la investigación. Se plantearon los mismos cuatro tratamientos del ensayo de producción, suministrando las raciones ajustadas en iguales proporciones de ensilaje y concentrado al correspondiente tratamiento en el ensayo de producción lechera. El diseño correspondió a un cuadrado latino equilibrado de 4x4, pero debido a que el ensilaje se terminó antes de lo presupuestado, sólo se pudieron realizar dos períodos. Cada período experimental constó de una etapa pre-experimental de 30 y 15 días para el primer y segundo período, respectivamente, y una etapa experimental de 10 días en ambos casos.

El suministro de ensilaje y la colección de muestras de alimentos y sobras se hizo de acuerdo a lo descrito en el ensayo de producción lechera. El concentrado se ofreció en baldes plásticos dos veces al día durante 15 a 20 minutos, pesándose el remanente no consumido. Se midió la digestibilidad aparente de las dietas por colección total de fecas usando bolsas y arneses durante 9 días en cada período, considerándose el consumo de alimento comprendido entre dos días antes del comienzo y del término de la colección fecal.

Las fecas de cada animal se pesaron diariamente y se obtuvo una muestra representativa que se secó al horno (60°C por 48 h) y se acumuló

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental "La Platina" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), provincia de Santiago.

La cosecha del material ensilado y la composición química de los ensilajes suministrados fueron descritos en la primera parte de este trabajo (Yanés y Wernli, 1977). Durante cada período experimental se tomó diariamente muestras de ensilaje ofrecido, las que se preservaron a 4°C para análisis químico. Una submuestra se utilizó para determinación de MS al horno.

### Ensayo de Producción de Leche

Se utilizaron 12 vacas Holstein de uno a ocho partos con producciones promedio superiores a 3.000 l/año y con un período de lactancia que fluctuaba entre dos y tres meses al inicio del ensayo. Los animales se dividieron en 4 grupos con estructura factorial, y se cambiaron de tratamientos al entrar en distinto período; los resultados se calcularon de acuerdo a un diseño de bloques al azar en que cada uno de los bloques corresponde a un período y los factores a tipo de ensilaje y nivel de concentrado, constituyendo los siguientes tratamientos:

- I. Ensilaje con ácido + concentrado nivel alto (43,6 g MS/kg 0,75/día).
- II. Ensilaje con ácido + concentrado nivel bajo (20,9 g MS/kg 0,75/día).
- III. Ensilaje sin ácido + concentrado nivel alto (43,6 g MS/kg 0,75/día).
- IV. Ensilaje sin ácido + concentrado nivel bajo (20,9 g MS/kg 0,75/día).

Los períodos del ensayo comprendieron una etapa pre-experimental de 40 días (período 1) ó 15 días (períodos 2 y 3) y una etapa experimental de 7 días en todos ellos. Cada vaca se mantuvo durante todo el experimento en corrales individuales con comedero y bebedero. El ensilaje se suministró a las 09,00 h en cantidad aproximadamente 20% superior al consumo promedio de los tres días precedentes. Las sobras se pesaron diariamente antes del suministro del ensilaje y se mezclaron con éste; cada tres días se descartaron las sobras, obteniéndose una muestra para análisis químico. El concentrado consistió en una mezcla de avena (48%), maíz (30%), afrecho de trigo (20%), tricaphos (1%) y sal común (1%), y se entregó individualmente dos

veces al día al momento de cada ordeña, pesándose en cada ocasión las sobras. Durante cada período experimental se tomaron diariamente muestras del concentrado para análisis químico. Previo inicio del ensayo se determinó el contenido mineral de los ensilajes, con el objeto de garantizar el suministro de éstos según requerimientos.

Las vacas se ordeñaron a las 08,30 y 16,30 h midiéndose diariamente la producción de leche individual. Se tomaron muestras de leche de cada vaca dos veces por dos días consecutivos en cada período experimental, las que se preservaron con 0,28 ml de dicromato de potasio (10%) por 100 ml de leche, para su análisis cualitativo. Las vacas se pesaron después de la ordeña matinal sin destare por 2 días consecutivos al inicio y al final de cada período experimental.

### Ensayo de Metabolismo

Paralelo al ensayo de producción anteriormente descrito, se realizó un experimento utilizando 4 corderos de 24 meses (35 kg) fistulados al rumen, los que se mantuvieron en jaulas metabólicas durante toda la investigación. Se plantearon los mismos cuatro tratamientos del ensayo de producción, suministrando las raciones ajustadas en iguales proporciones de ensilaje y concentrado al correspondiente tratamiento en el ensayo de producción lechera. El diseño correspondió a un cuadrado latino equilibrado de 4x4, pero debido a que el ensilaje se terminó antes de lo presupuestado, sólo se pudieron realizar dos períodos. Cada período experimental constó de una etapa pre-experimental de 30 y 15 días para el primer y segundo período, respectivamente, y una etapa experimental de 10 días en ambos casos.

El suministro de ensilaje y la colección de muestras de alimentos y sobras se hizo de acuerdo a lo descrito en el ensayo de producción lechera. El concentrado se ofreció en baldes plásticos dos veces al día durante 15 a 20 minutos, pesándose el remanente no consumido. Se midió la digestibilidad aparente de las dietas por colección total de fecas usando bolsas y arneses durante 9 días en cada período, considerándose el consumo de alimento comprendido entre dos días antes del comienzo y del término de la colección fecal.

Las fecas de cada animal se pesaron diariamente y se obtuvo una muestra representativa que se secó al horno (60°C por 48 h) y se acumuló

individualmente con el objeto de analizarla químicamente. Para la determinación de retención de nitrógeno se midió la producción de orina individual excretada diariamente durante los 9 días del período de colección fecal, siendo colectada en baldes plásticos y preservada con 5% ácido sulfúrico 10 normal. Se obtuvo una muestra equivalente al 10% de la excreción diaria, que se acumuló en refrigerador para determinación de contenido de nitrógeno. Durante el séptimo día de cada período experimental se tomaron muestras de licor ruminal preservado con 5 cc de ácido sulfúrico 10 N y almacenado en refrigerador. Las muestras se colectaron con bomba de vacío cada 4 horas durante las 24 horas del día y se analizaron individualmente en el laboratorio. La tasa de digestión de la MS y MO en el rumen se determinó según Van Keuren y Heinemann (1962) introduciéndose 6 bolsitas nilón con 10 g de ensilaje cada una en el rumen. Se extrajeron dos bolsas en cada ocasión después de 6-12 y 24 horas y se determinó su contenido de MS al horno y cenizas. La velocidad de paso del ensilaje a través del tubo digestivo se determinó por medio de la técnica de partículas coloreadas (Balch, 1950) modificada por Wernli (1971a). Se suministró 150 g de ensilaje por animal (con o sin ácido fórmico según el tratamiento correspondiente), previamente teñido con fucsina básica.

### Análisis Químico

Las muestras de ensilaje liofilizado, sobras de ensilaje, alimento concentrado, orina y fecas se analizaron en cuanto a su contenido de cenizas por calcinación total (AOAC, 1970), energía bruta y nitrógeno total (AOAC, 1970). El contenido de ácidos grasos volátiles en licor de rumen centrifugado se determinó por cromatografía gas-líquido utilizando un cromatógrafo Perkin-Elmer 990. En licor de rumen, la concentración de N amoniacal se determinó por destilación de la muestra (Muller, 1961). Las muestras de leche se analizaron para determinar su contenido de grasa y sólidos totales (FAO, 1976) y proteína total (AOAC, 1970).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los ensayos de producción lechera y de metabolismo se consideran en conjunto dentro de este capítulo.

#### 1) Consumo voluntario

##### 1.1) Efecto del ácido fórmico sobre el consumo de ensilaje

En los ensilajes con ácido fórmico, el consumo de MS fue significativamente superior al de los ensilajes sin tratar (Cuadro 1). Considerando los valores de digestibilidad obtenidos en el ensayo

Cuadro 1. Consumo voluntario de ensilaje, digestibilidad y consumo total de Materia Seca y Energía Digestible en vacas lactantes

	ENSILAJE CON ACIDO		ENSILAJE SIN ACIDO		NIVEL SIGNIFICANCIA ESTADISTICA		
	Nivel concentrado		Nivel concentrado		Tipo Ensilaje	Nivel Concentrado	Interacción
	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
<b>Consumo por kg<sup>0,75</sup></b>							
Ensilaje, M S (g)	112	125	91	89	---	N S	N S
Concentrado M S (g)	33	14	34	15	---		
Total M S (g)	145	139	125	104	---		N S
M O digestible (g)	88	74	74	58	---		N S
Energía digestible (Kcal)	394	348	343	267	---		N S
<b>Coefficiente de digestibilidad (°/o)</b>							
Materia orgánica	68,3	60,8	67,9	61,6			
Energía	62,3	57,5	64,9	56,6			

de metabolismo (Cuadro 1), se observó que los consumos de MO digestible y energía digestible (ED) fueron también significativamente más altos con los ensilajes preservados con ácido fórmico. El mayor consumo voluntario de los ensilajes tratados puede atribuirse en parte a la fermentación menos avanzada ocurrida en esos ensilajes. Algunos trabajos han relacionado el aumento en el consumo de ensilajes preservados con ácido fórmico, con contenidos más bajos de N amoniacal (Wilkins *et al.*, 1971), con niveles más bajos de pH y ácido butírico (Castle y Watson, 1970a, 1970b) y con mayores contenidos de ácido láctico como proporción del total de ácidos (Waldo *et al.*, 1969; Wilkins *et al.*, 1971) en relación al testigo sin aditivo.

Por otra parte, la tasa de digestión de la MS y MO de los ensilajes en el rumen fue más alta con

el ensilaje tratado que con el sin aditivo (Figura 1). Este factor también podría contribuir a explicar los resultados obtenidos, ya que la mayor tasa de digestión promueve una remoción más rápida del contenido digestivo desde el rumen y, por lo tanto, una mayor capacidad física por kg de alimento ingerido, permitiendo en definitiva el consumo de mayores cantidades de alimento. La velocidad de paso de los alimentos a través del tubo digestivo no difirió mayormente entre tipos de ensilaje (Figura 2) por lo que no puede atribuirse a este factor las diferencias de consumo observadas entre ensilajes. Los Tiempos Medios de Retención de partículas indigeridas en el tracto digestivo fueron 52,5 y 52,7 horas para el promedio de los tratamientos con ensilajes preservado y sin aditivo, respectivamente.

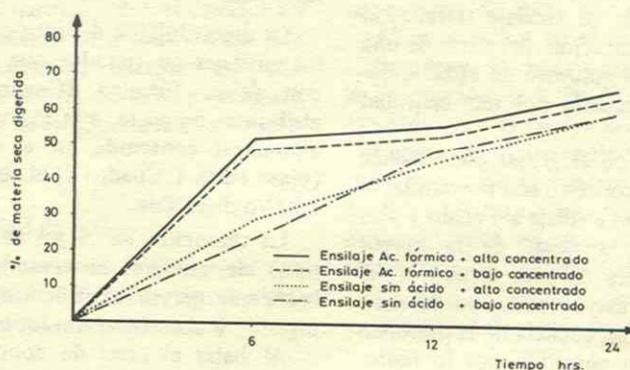


Figura 1. Tasa de digestión de la materia seca en el rumen

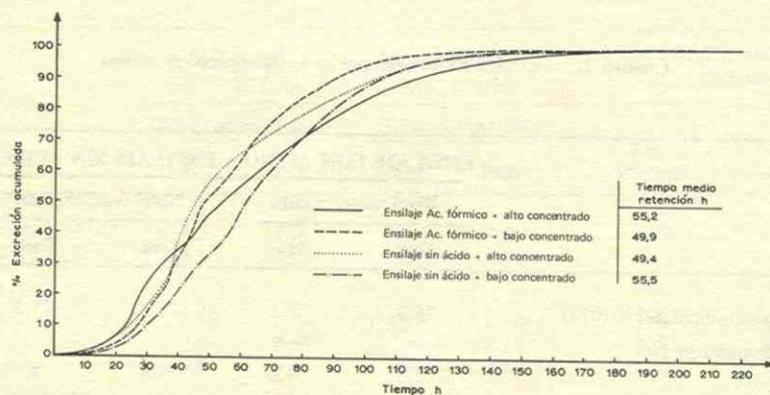


Figura 2. Porcentaje de excreción acumulativa de partículas coloreadas en las fecas.

### 1.2) Efecto de la suplementación con concentrados

Al emplearse el nivel bajo de suplementación no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de ensilajes con respecto al nivel de suplementación alto (Cuadro 1). En los ensilajes tratados se puede observar una tendencia hacia un aumento en su consumo al suministrar el nivel bajo de suplemento, situación que no ocurre en los ensilajes sin ácido fórmico. Al parecer, factores derivados de la calidad fermentativa inferior del forraje de alfalfa sin aditivo, impiden que se eleve el consumo de ensilajes por sobre un nivel de aproximadamente 90 g MS/kg<sup>0,75</sup>. Como no se observaron diferencias en las tasas de digestión ruminal (Figura 1) ni en las curvas de excreción acumulativa de partículas indigeridas (Figura 2) al variar el nivel de concentrado en ambos ensilajes, parece probable que la tendencia hacia el aumento en el consumo de ensilaje tratado, al bajar el nivel de suplementación, derivaría de una mayor disponibilidad de volumen en el retículo-rumen, el que sería ocupado por una cantidad equivalente de ensilaje.

El consumo de ED en el grupo con ensilaje tratado y bajo nivel de concentrado fue similar al del grupo alimentado con ensilaje sin ácido y alto nivel de concentrado, a pesar de la mayor digestibilidad de la dieta de este último tratamiento (Cuadro 1). El mayor consumo de energía del ensilaje como consecuencia de la preservación con ácido fórmico permitió, por lo tanto, compensar el aporte extra de energía bruta (EB) y la mayor digestibilidad de la dieta ocurridos al aumentar el nivel de concentrado.

### 2) Digestibilidad aparente

No se detectó diferencias en digestibilidad entre ambos tipos de ensilajes (Cuadro 1) lo que concuerda con otras investigaciones (Henderson y Mc Donald, 1971; Carpintero y Suárez, 1973).

La digestibilidad de la MS, MO y EB se redujo al disminuir el nivel de concentrado (Cuadro 1). Esto concuerda con los resultados de Wernli (1971b) y Kaufmann (1972). Aunque la suplementación con concentrado normalmente tiende hacia una depresión en la digestibilidad de la celulosa y fibra de la ración, el aumento de digestibilidad observado al elevar el nivel de concentrado obedecería a la mayor contribución del concentrado en la totalidad de la dieta, el cual por su alta digestibilidad aumenta la de la ración mixta.

### 3) Digestibilidad y eficiencia de utilización del nitrógeno

La digestibilidad del nitrógeno fue más alta en los ensilajes no tratados que en los preservados con ácido fórmico (Cuadro 2). Esto puede atribuirse, en parte, a la mayor proporción de N amoniacal contenido en el ensilaje sin aditivo (véase Parte I, Cuadro 2) el cual es prácticamente 100% digestible.

La retención de N no difirió entre los dos tipos de ensilaje, observándose una tendencia hacia una mayor eficiencia de utilización del N ingerido y absorbido con los ensilajes sin aditivos.

Al bajar el nivel de concentrado en ambos ensilajes se produjo una disminución en la eficiencia de utilización del N (Cuadro 2) lo que concuerda con resultados similares publicados

Cuadro 2. Eficiencia de utilización de nitrógeno en ovinos

	ENSILAJE CON ACIDO		ENSILAJE SIN ACIDO	
	Nivel concentrado		Nivel concentrado	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Digestibilidad del N (°/o)	75,2	72,1	78,7	77,8
Retención de N:				
g/día	5,3	3,6	5,8	3,7
como °/o N consumido	19,3	11,9	22,0	14,6
como °/o N absorbido	43,8	31,3	51,3	38,9

por Wernli (1971b). La alta proporción de N de alta solubilidad en ambos ensilajes, requiere de una adecuada proporción de carbohidratos rápidamente utilizables en el rumen a fin de favorecer el proceso de proteosíntesis bacteriana en el rumen.

La concentración promedio diaria de N amoniacal en el rumen de los animales que recibieron ensilaje con aditivos suplementados con niveles alto y bajo, y ensilaje sin aditivo en niveles alto y bajo de concentrado fueron 23,4; 33,9; 23,0 y 22,4 mg/100 ml de licor ruminal, respectivamente. El alto consumo de ensilaje con aditivo al nivel bajo de concentrado y, por consiguiente, el elevado consumo de N de alta solubilidad, produjo elevados niveles de N amoniacal en el rumen. Al aumentar la suplementación de concentrados se observó una reducción en la concentración de N amoniacal en el rumen, lo cual habría contribuido a una mayor utilización de nitrógeno (Cuadro 2). En el ensilaje sin aditivo, la mayor eficiencia de utilización del N al aumentar la suplementación energética no pudo ser explicada por los niveles de amonio ruminal, que fueron similares en ambos niveles de suplementación.

#### 4) Producción y calidad de leche

La producción de leche en los animales que recibieron ensilaje con aditivo fue significativamente más alta que en los tratamientos alimenta-

dos con ensilaje sin aditivo (Cuadro 3) lo que puede explicarse por el mayor consumo de ED en los grupos que recibieron ensilaje con ácido fórmico.

Cuando se comparan los aportes de energía metabolizable (EM) de cada dieta con los requerimientos necesarios para alcanzar el potencial de producción previo al ensayo (Cuadro 4) se observa un excedente en el consumo en los tratamientos con ácido fórmico, lo cual se reflejó no sólo en mayores niveles de producción de leche, sino también en mayores aumentos de peso diario para los animales que recibieron ensilaje con aditivo (Cuadro 3). Los requerimientos de proteína digestible estuvieron plenamente satisfechos en los cuatro tratamientos. Si los animales utilizados en el ensayo hubiesen tenido un mayor potencial genético para producción lechera, cabe esperar que la superioridad de los ensilajes con ácido fórmico sobre los testigos en producción de leche hubiese sido más marcada.

El incremento en el nivel de concentrado en ambos tipos de ensilaje resultó en un aumento de la producción de leche (Cuadro 3), lo que estuvo asociado con mayores consumos de EM en los tratamientos suplementados a más alto nivel (Cuadro 4). El efecto del nivel de concentrado tendió a ser menor con el ensilaje preservado con ácido fórmico en relación al testigo, pero la interacción no fue estadísticamente significativa.

El tipo de ensilaje suministrado no provocó cambios significativos en el porcentaje de grasa y

Cuadro 3. Producción y calidad de leche, y cambios de peso vivo en vacas lactantes

	ENSILAJE CON ACIDO		ENSILAJE SIN ACIDO		NIVEL DE SIGNIFICANCIA ESTADISTICA		
	Nivel concentrado		Nivel concentrado		Tipo Ensilaje	Nivel Concentrado	Inter- acción
	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
Producción leche real	15,7	15,0	14,2	11,4	---	---	N.S.
Producción 4% FCM	14,0	13,0	11,8	9,7	---	---	N.S.
Composición (o/o)							
Materia grasa	3,02	3,04	2,98	2,80	N S	N S	N S
Proteína	2,01	2,03	1,81	2,13	N S	N S	N S
Sólidos no grasos	13,0	9,0	9,4	9,4	N S	N S	N S
Aumento de peso vivo (kg/día)	0,98	1,03	0,30	0,27	P ≤ 0,10	N S	N S

Cuadro 4. Requerimientos energéticos para producción de leche y consumo de energía metabolizable (Mcal)

	ENSILAJE CON ACIDO		ENSILAJE SIN ACIDO	
	Nivel concentrado		Nivel concentrado	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Requerimientos (1)	30,5	28,8	30,8	28,8
Aporte ración diaria	34,3	29,9	30,2	22,7
Balance	+ 3,8	+ 1,1	- 0,3	- 6,1

(1) Requerimientos (N R C) para la producción de leche 40/o MG de cada grupo antes de iniciar el ensayo.

proteína de leche, en ninguno de los niveles de concentrado (Cuadro 3). Los estudios sobre fermentación ruminal indican que el tipo de ensilaje modificó levemente la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen, observándose una tendencia a proporciones más altas de ácido acético y menores de ácidos propiónicos y butírico con el ensilaje preservado en ácido fórmico en relación al ensilaje testigo (Cuadro 5). No obstante, estas variaciones no repercutieron sobre las características cualitativas de la leche. Por otra parte, los tratamientos que recibieron ensilaje con ácido fórmico resultaron en concentraciones más altas de ácidos acético, propiónico y AGV totales en el rumen (Cuadro 5) lo que probablemente deriva en gran parte del mayor consumo de MS y MOD con las

raciones basadas en el ensilaje tratado que con el ensilaje sin aditivo.

El cambio en el nivel de concentrados no afectó significativamente las características cualitativas de la leche (Cuadro 3). La depresión en la relación ácido acético: ácido propiónico en el rumen observado en el presente ensayo (Cuadro 5) debería asociarse con una disminución en la movilización de tejido adiposo y porcentajes más bajos de grasa en la leche. Sin embargo, el uso de un mayor número de animales por tratamiento que aquel utilizado en este ensayo podría haber reflejado cambios significativos en un parámetro de alta variación, como es la calidad de la leche.

Desde el punto de vista económico productivo, es importante señalar que aún con el nivel

Cuadro 5. Concentración y proporción molar de ácidos grasos volátiles en el rumen

	ENSILAJE CON ACIDO		ENSILAJE SIN ACIDO	
	Nivel concentrado		Nivel concentrado	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
<b>Contenido en 100 ml:</b>				
Acido acético (Mmol)	6,04	4,45	3,64	3,48
Acido propiónico (Mmol)	2,02	1,23	1,46	1,09
Acido butírico (Mmol)	0,77	0,61	0,82	0,88
Acidos grasos volátiles totales (mg)	589	411	398	366
<b>Proporción molar (o/o)</b>				
Acido acético	66,5	70,0	62,8	65,1
Acido propiónico	22,2	19,5	24,7	20,8
Acido butírico	11,4	10,2	12,6	14,0

bajo de concentrados, la producción de las vacas que recibieron ensilaje con aditivo es similar a aquella producida con ensilaje sin tratar con más alto nivel de suplementación. Este hecho demuestra que mejorando las condiciones de conservación de los forrajes por medio de la adición de ácido fórmico se producen modificaciones fermentativas que permiten una elevación substan-

cial en el consumo de nutrientes digestibles en forma de ensilaje y, por ende, de su valor nutritivo para la producción animal. Esto permite prescindir de altos niveles de suplementación energética, con las consiguientes ventajas económicas, sin afectar la cantidad ni la calidad de la leche.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los Srs. Hernán Olguín, Manuel Mella y Alejandro Becerra por su ayuda en la realización de este trabajo; a la Sra. Ximena García, por su colaboración en la parte estadística, y al personal del Laboratorio Central de la Estación Experimental "La Platina", por su cooperación en los análisis químicos realizados.

### LITERATURA CITADA

- ASADA, T., KONNO, K. y KATSUKI, P. 1973. Effects of feeding variety of rations on milk composition. I. Effects of feeding a high level of concentrate and roughage on milk composition. (Sumario). Dairy Sc. Abstr. 35:4276.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1970. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 11th. Ed. Washington, AOAC. 720 p.
- BALCH, C.C. 1950. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 1. Rate of passage of food through the digestive tract. Br. J. Nutr. 4:361-365.
- BROWN, L.D., THOMAS, J.W., EMERY, R.R. y Mc GILLIARD, C. 1974. Feeding high energy rations for various lengths of lactation. J. Dairy Sci. 57:459-464.
- CARPINTERO, M.C. y SUAREZ A. 1973. El ácido fórmico como conservador de la alfalfa ensilada. Anales Fac. Vet. de León (España). 19:209-213
- CASTLE, M.E. y WATSON, J.N. 1970a. Silage and milk production, a comparison between grass silage made with and without formic acid. J. Br. Grassld Soc. 25:65-71.
- y ----- . 1970b. Silage and milk production, a comparison between wilted and unwilted grass silage made with and without formic acid. J. Br. Grassld Soc. 25:278-284.
- DERBYSHIRE, J.C., WALDO, D.N. y GORDON, G.M. 1971. Dairy cattle performance on formic acid silage. J. Dairy Sci. 54:805. (Abstract).
- F A O. 1976. Métodos de análisis químicos de leche y productos lácteos. Centro Regional de Capacitación en Lechería. Santiago, Chile, FAO. 210 p
- GRIFFITHS, T.W., SPILLANE, T.A. y BATH, I.H. 1973. Studies on the nutritive value of silage with particular reference to the effects of energy and nitrogen supplementation in growing heifers. J. Agric. Sci., 80:75-82.
- HENDERSON, A.R. y Mc DONALD, P. 1971. Effect of formic acid on the fermentation of grass of low dry matter content. J. Sc. Fd. Agric. 22:157-160.

- KAUFMANN, W. 1972. Food composition as related to feed intake, feed efficiency and composition of milk. *World Rev. Animal Prod.* 8:35-38.
- MARSHALL, S.P. y RODRIGUEZ, A. 1975. Complete rations for dairy cattle. I. Methods of preparation and roughage to concentrate ratio of blended rations with corn silage. *J. Dairy Sci.* 58:891-895.
- MATHER, N.E., BREIDESTEIN, C.P., POULTON, B.R. y BONNINGTON, G.H. 1960. High level of grass silage for milk production with no grain, medium and high feeding. I. Intake, milk production and body weight changes. *J. Dairy Sci.* 45:138 (Abstract).
- MULLER, L. 1961. Un aparato micro-kjeldahl para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. *Turrialba.* 11:17-25.
- VAN KEUREN, R.W. y HEINEMANN, W.W. 1962. Study of a nylon bag technique for *in vivo* estimation of forage digestibility. *J. Anim. Sci.* 21:340-345.
- WALDO, D.R., SMITH, L.W., MILLER, R.H. y MOORE, L.A. 1969. Growth, intake and digestibility from formic acid silage versus hay. *J. Dairy Sci.* 52:1609-1616.
- WERNLI, C. 1971a. Nutritional studies on feed supplements for grass silage. Thesis, Ph.D. England, Univ. of Reading. 120 p.
- 1971b. The voluntary intake of grass silage supplemented with dried grass or barley. *Animal Production* 13:397. (Abstract).
- 1975. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. I. Consumo voluntario. *Agric. Técnica* 35:47-60.
- WILKINS, R.J., HUTCHINSON, K.J., WILSON, R.F. y HARRIS, C.E. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. I. Interrelationship between silage composition and intake. *J. Agric. Sci.* 77:531-536.
- YANES, P. y WERNLI, C. 1977. Acido fórmico como aditivo en ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y niveles de concentrado para la producción de leche. I. Conservación del forraje. *Avances Prod. Animal* 2:71-74.