

**DEGRADACIÓN RUMINAL *IN SITU* DEL GRANO DE MAÍZ (*Zea mays*),
CEBADA (*Hordeum vulgare*) y LUPINO DULCE (*Lupinus albus*)
CON EL USO DE DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESAMIENTO¹**

***In situ* ruminal degradation of corn grain (*Zea mays*), barley (*Hordeum vulgare*)
and sweet lupine (*Lupinus albus*) with different processing methods**

**Ernesto Jahn B.², Katherine Cortés B.², Fernando Bórquez L.³,
Pablo Venegas F.² y Carlos González S.²**

A B S T R A C T

Different grain processing methods of corn, barley and sweet lupine were evaluated. Treatments were whole grain, grain treated with NaOH at 2%, dry rolled grain and ground grain. *In situ* digestibility was evaluated in four rumen fistulated steers. Incubation times were 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 and 48 h for all grains and a further 72 h treatment exclusively for corn. For each incubation time 8 replications were included per species. Degradation curves were constructed for dry matter (DM) crude protein (CP) and acid detergent fibre (ADF). Significant effects of the different processing methods were observed upon the degradation of the analysed grains. The largest values of DM and CP degradation were observed in ground grains of lupine, barley and corn (99 and 98.9%, 96.4 and 91% and 89.8% and 69.2%, respectively). Rolled and ground barley and corn grain treatments presented similar degradation patterns at different incubations times, although in absolute terms ground grain values were higher for DM and CP. The lowest digestibility values were observed in the whole grain and NaOH treatments for the three species. NaOH treatments were effective for barley and corn grains when compared with the whole grain treatment, and the observed digestibility values were 68.3% and 10.2% for DM and 70% and 11.3% for CP, in barley and corn, respectively. Sweet lupine grains treated with NaOH did not present significant increases of MS digestibility (37.5%) when compared to whole grains (31.7%).

Key words: ruminal degradability, dry matter, crude protein.

INTRODUCCIÓN

Una dieta balanceada, especialmente para animales con niveles altos de producción, debe incluir algún tipo de suplemento energético o pro-

teico en la ración. Los cereales pueden ser utilizados de las formas más variadas, ya sea como grano, ensilaje, soiling y concentrados; sin embargo, los granos deben ser objeto de algún tipo de elaboración antes de suministrarlos como alimento a los rumiantes, siendo los procedimientos más comunes molerlos y aplastarlos (Cañas, 1995).

El tratamiento de los granos ha evolucionado a técnicas sencillas de procesamiento, en la medida

¹Recepción de originales: 4 de diciembre de 1998.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: ejahn@quilamapu.inia.cl

³Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.

necesaria para asegurar una fácil digestión, mejorando considerablemente la entrega de nutrientes, junto con la distribución de ésta en el tiempo (Orskov, 1990).

El almidón es el nutriente primario en la dieta de los rumiantes para promover altos niveles de producción (Theurer, 1986) y su principal sitio de degradación es el rumen (Orskov, 1986). Su óptima utilización es fundamental para mejorar la eficiencia de la producción animal, siendo el procesamiento del grano una forma de incrementar la utilización del almidón, la que va a depender de la especie de rumiante, el método de procesamiento y la fuente del grano (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).

Incrementar el grado o tasa de degradación microbial del almidón en el rumen, por procesamiento del grano, es ventajoso para el animal en términos de la utilización total del almidón. El procesamiento mejora el aprovechamiento de la energía y del nitrógeno por parte del animal, debido a que maximiza la fermentación y la síntesis de proteína microbial (Orskov, 1990). Asimismo, existe una relación positiva entre la digestibilidad de diferentes métodos de procesamiento de los granos de cereales y el aumento o ganancia de peso vivo diario por parte del animal (Mathison *et al.*, 1991).

Los rumiantes trituran los granos enteros con sus dientes, y los mezclan con diversas secreciones durante la masticación y la rumia. Los bovinos adultos tienen orificios retículo-omasales más amplios a través de los cuales pueden pasar fácilmente granos enteros, provocando una menor digestibilidad (Barnes y Orskov, 1982). En los ovinos la tercera parte de los granos queda triturada cuando los mastica por primera vez, y la rumia asegura una digestión más completa. Sin embargo, los granos enteros que se hallan en el rumen del bovino pasan fácilmente al intestino, antes que exista la posibilidad de que sean regurgitados; este efecto se puede ver aumentado en animales de mayor edad y más grandes (Yang *et al.*, 1997).

El nivel de procesamiento requerido depende de la cantidad de daño físico producido durante la masticación por el animal, observándose que granos de cebada, trigo y maíz son intensamente dañados durante la ingestión y masticación, reduciendo la necesidad de algunos procesamientos físicos más groseros (Beauchemin *et al.*, 1994). El grado de molienda es un factor que incide directamente en la digestibilidad.

El objetivo de esta investigación fue determinar la tasa de degradación ruminal *in situ* de granos de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*) con el uso de diferentes métodos de procesamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental Santa Rosa del Instituto De Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, ubicado en Chillán (36°52' Lat. S, 71°55' Long. W, 217 m.s.n.m.). Se utilizaron cuatro novillos Holando Americano, con fístula ruminal, mantenidos en estabulación. Se les proporcionó una dieta uniforme, desde 15 días antes de la evaluación, con el objeto de estabilizar la microflora bacteriana, la cual se mantuvo durante todo el período de evaluación de cada alimento. Las raciones utilizadas para cada uno de los granos evaluados se presenta en el Cuadro 1.

Tratamientos

Se evaluaron en tres ensayos diferentes, cuatro tratamientos de procesamiento en grano de cebada cv. Centauro y maíz var. Jacques 7915, y tres tratamientos de procesamiento en lupino dulce cv. Victoria. Los tratamientos estudiados en todos los granos fueron los siguientes: 1) grano molido (2 mm) para lo cual se utilizó un molino martillo con una criba de 2 mm; 2) grano entero sin procesar, y 3) grano con aplicación de NaOH al 2% peso/peso por un período de reacción de 10 días antes de la incubación. Estos tres

Cuadro 1. Dieta suministrada a novillos fistulados en los ensayos de evaluación de granos de maíz, cebada y lupino

Table 1. Rations of fistulated steers during the evaluation of corn, barley and sweet lupine grains

Alimento	Maíz	Cebada	Lupino
	kg novillo día ⁻¹		
Ensilaje de maíz	8	6	8
Heno de ballica	3	4	3
Paja de trigo	2,0	3,0	2,0
Maíz grano	1,5	1,1	0,9
Afrechillo de trigo	0,9	0,9	0,9
Lupino grano	-	-	0,8
Harina de pescado	0,2	0,5	0,2
Triticale grano	1,5	-	-
Minerales	0,05	0,05	0,05
Pre-mezcla de vitaminas A, D y E	0,02	0,02	0,02

tratamientos se aplicaron a maíz, cebada y lupino dulce. Además, en maíz y cebada se evaluó un cuarto tratamiento de grano aplastado, el que se obtuvo al pasar el grano entre dos rodillos lisos, que giran en sentido contrario aprisionando el grano seco entre ambas piezas.

Determinación de la digestibilidad

La evaluación de la digestibilidad se determinó según el residuo dejado luego de la digestión ruminal (Orskov y Mc Donald, 1979). La incubación se realizó en bolsas de nylon de 15 x 9 cm, con una porosidad de 1600 orificios/cm², que se suspenden en el rumen, conteniendo en su interior 5 g de material. El incubado de las muestras se realizó en los siguientes tiempos: 1; 2; 4; 8; 12; 24; 36 y 48 h para cebada y lupino; en el caso del maíz se usó además 72 h. La introducción de las bolsas se realizó en sentido inverso al tiempo de incubación, es decir, incorporando primero las bolsas incubadas por 72 h, de tal forma de remover el conjunto de bolsas al mismo tiempo. Cada tratamiento se incubó en dos repeticiones, por lo tanto, de cada alimento hay ocho observa-

ciones para cada tiempo de incubación, utilizando los cuatro animales.

Después de retiradas las bolsas se lavaron con agua potable de modo de detener la fermentación ruminal. Luego en laboratorio se realizó un segundo lavado con agua destilada, para posteriormente ser llevadas a horno de aire forzado a 65°C por espacio de 48 h, para ser pesadas y analizadas químicamente.

Análisis de laboratorio

La tasa de desaparición fue medida a través de la degradación de los diferentes componentes de los alimentos, donde el contenido de materia seca (MS) desaparecida fue calculada por diferencia entre la cantidad inicial de material (5 g) y el residuo después de la incubación. En el residuo se determinó proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1970) y la fibra detergente ácido por el método de Van Soest (Van Soest, 1963).

Análisis estadístico

Con el fin de evaluar el efecto del tiempo de fermentación y del procesamiento del grano sobre la degradación de MS, se llevó a cabo un análisis de varianza en diseño completamente al azar con ocho repeticiones para cebada y maíz. El diseño utilizado en lupino correspondió a bloques completos al azar con tres tratamientos por tiempo de incubación. En los tres casos se utilizó un nivel de significancia de 5% y para diferenciar entre medias se utilizó el Test de Duncan (SAS Institute, 1990).

Las curvas de degradación fueron estimadas utilizando las medias de los valores observados en el ensayo, los que se sometieron a un ajuste de mínimos cuadrados para obtener las constantes de la curva descrita por Orskov y Mc Donald (1979).

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

donde:

- P = Porcentaje del grano desaparecido al tiempo "t".
 a = Fracción del componente que es fácilmente soluble.
 b = Porción del componente que potencialmente puede ser degradada a través del tiempo t.
 c = Tasa constante de degradación de la fracción "b".
 t = Tiempo de incubación.

Las curvas de desaparición que no se adaptaron a este modelo descrito se ajustaron a una curva cuadrática de la forma:

$$P = a + bt + ct^2$$

donde:

- P = Porcentaje del grano desaparecido al tiempo "t".
 a = Es una constante de regresión.
 b = Coeficiente de "t".
 c = Coeficiente de "t²".
 t = Tiempo de incubación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de los granos

El contenido de PC y FDA del grano de lupino es alto (Cuadro 2), aproximadamente un 36% y 21%, respectivamente; estos valores son similares a los señalados por Cañas (1995), quien describe un contenido de PC para este grano de 35,86% y FDA de un 25%. En relación al maíz, este es un cereal con bajo contenido proteico (10,1%), pero con un alto contenido de almidón (68,6%) Yang *et al.* (1997); su bajo contenido de FDA (4,8%) le permite una entrega más rápida de nutrientes inmediatamente después de la ingesta. Los contenidos de PC señalados para la cebada son muy similares a los del maíz pero con un contenido de fibra superior.

Cuadro 2. Análisis químico inicial de materia seca, proteína cruda y fibra detergente ácido de los granos sin incubar de maíz, cebada y lupino dulce

Table 2. Dry matter, crude protein and acid detergent fibre initial chemical analyses of corn, barley and sweet lupine grains

Granos	Materia seca (%)	Proteína cruda (% BMS ¹)	Fibra detergente ácido (% BMS)
Maíz	95,2	10,2	4,8
Cebada	92,5	12,5	7,5
Lupino dulce	91,8	36,2	21,2

¹BMS: Base materia seca.

Degradabilidad de la materia seca (MS)

Existe diferencia significativa ($P < 0,05$) en la digestibilidad de la materia seca entre el grano entero y los demás tratamientos (tratado con NaOH, aplastado y molido) para el grano de maíz y cebada, así como también para el tratamiento entero y molido en el ensayo de lupino (Figura 1). Sin embargo, para el grano de lupino no se observan diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el tratamiento entero y tratado con NaOH entre las 8 y 48 h de incubación (Figura 1).

En los tres granos (Figura 2) el tratamiento molido presentó las mayores desapariciones de la materia seca, debido a una más rápida colonización y degradación efectuada por los microorganismos ruminales (Theurer, 1986). El máximo nivel de degradabilidad se logra luego de 48 h de incubación en cebada y lupino, alcanzando valores de 96,7 y 99% respectivamente. Para el maíz molido en cambio, aún en 72 h de incubación no se obtiene su máxima desaparición, llegando a un valor de 86% (Figura 1a). Esto es comparable con lo informado por Yang *et al.* (1997) quienes encontraron valores de desaparición para el grano molido de maíz de un 87% en 72 h, y de un 94% en 48 h para el grano de cebada.

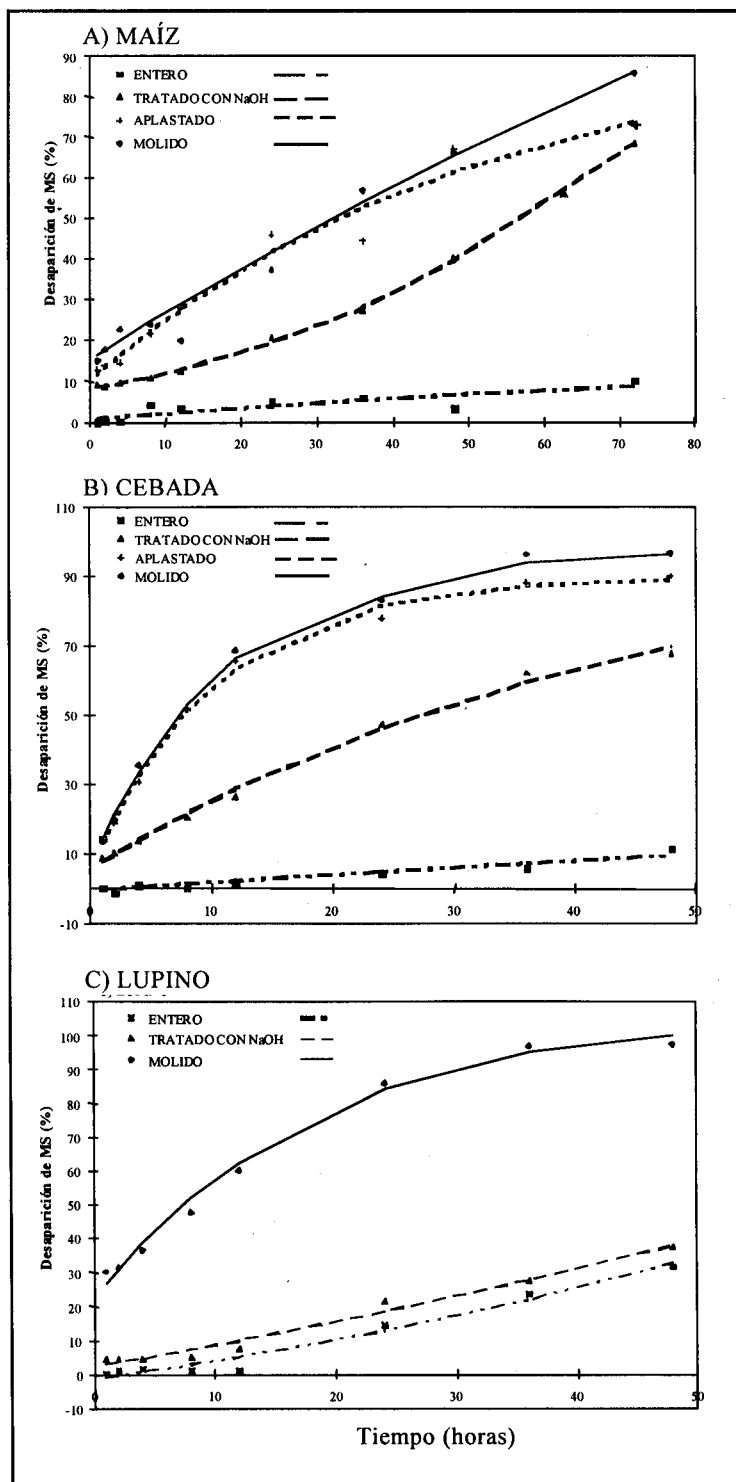


Figura 1. Degradabilidad ruminal (%) de la materia seca en grano de maíz y cebada (entero, tratado con NaOH al 2%, aplastado molido) y lupino (entero, tratado con NaOH al 2%, molido).

Figure 1. Ruminant digestibility (%) of grain dry matter of corn and barley (whole, treated with NaOH at 2%, dry rolled, ground and sweet lupine (whole, treated with NaOH at 2%, ground).

El grano aplastado de maíz y cebada (Figura 1a y 1b) muestra un comportamiento muy similar ($P < 0,05$) en su digestibilidad con respecto al tratamiento molido. Sin embargo, la desaparición total en este tratamiento fue menor que el tratamiento molido, alcanzando valores de 90% y de 60% en 48 h de incubación, en los granos de cebada y maíz, respectivamente (Figura 2). Esto es comparable con lo observado por Yang *et al.* (1997), quienes destacan una menor desaparición de la MS para estos mismos cereales con un tratamiento aplastado al vapor, citando valores de 56% para maíz y 77% para cebada; esto se debe probablemente al hecho de que el aplastado al vapor produce una gelatinización del gránulo de almidón, pero no provoca un rompimiento del pericarpio completo durante el procesamiento, lo que hace disminuir su degradabilidad.

El grano entero tuvo una tasa de degradación constante y lenta a través de los tiempos de incubación, alcanzando a las 48 h valores de 6,71; 11,3 y 31,7%, en maíz, cebada y lupino, respectivamente (Figura 1 y 2). Esta baja degradabilidad sería atribuible, según Beauchemin *et al.* (1994), a que el cereal entero se caracteriza por tener una fracción soluble baja y una lenta desaparición de la fracción potencialmente digestible, lo que explica además la no estabilización en el tiempo de este tratamiento, aún con mayores horas de incubación. Este tratamiento no incluye el daño de la masticación al que se ve afectado realmente el grano al suministrarlo entero en la ración, ya que el material se encuentra en bolsas, donde, según Beauchemin *et al.* (1994), la ingestión y masticación en rumiantes adultos aumentaría la digestibilidad en un 15 y un 60%, en maíz y cebada, respectivamente.

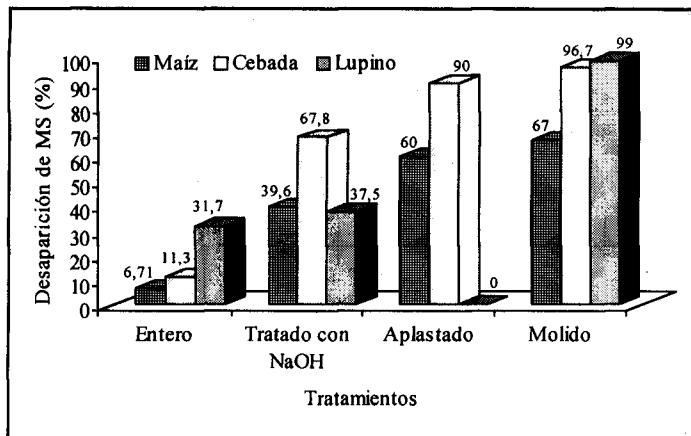


Figura 2. Degradabilidad ruminal (%) de la materia seca en 48 horas de incubación con diferentes métodos de procesamiento en grano de maíz, cebada y lupino dulce.

Figure 2. Ruminal degradability (%) of grain dry matter after 48 hours incubation of corn, barley and sweet lupine grains treated with different processing methods.

Al analizar el efecto de la aplicación de NaOH (Figura 1a y 1b) sobre el grano entero de maíz y cebada, cuyo objetivo es la formación de pequeñas grietas en la envoltura externa del grano para facilitar el ingreso de las bacterias del rumen en su interior, se aprecia un aumento significativo ($P < 0,05$) en la degradación de la MS del grano, alcanzando valores de desaparición de 67,8% en 48 h y de 68,5% en 72 h de incubación, en cebada y maíz, respectivamente.

Estos valores son menores a lo observado por Barnes y Orskov (1982), quienes indican una degradación de la materia seca de un 76% para cebada y de un 55% para maíz, en 48 h de incubación con la aplicación de una concentración de 2,5% de NaOH; sin embargo, la concentración de NaOH utilizada por dichos autores fue mayor que la usada en este ensayo.

Los resultados obtenidos en lupino (Figura 1c) (37,5% en 48 h) indican que no sería suficiente con la aplicación de un 2% de NaOH, siendo necesaria una exposición a mayores concentraciones, además de realizar la aplicación con grano humedecido. Este grano tratado con NaOH, es el que tiene menor diferencia con el

grano entero, debido a que el grano de lupino posee una cutícula dura con alto contenido de fibra, por lo tanto un 2% del producto no alcanza a romper el tegumento fibroso para permitir un adecuado ingreso de bacterias y enzimas ruminales (Cañas, 1995).

El tratamiento de los granos de maíz y cebada con NaOH mejora su digestibilidad, en comparación con entero sin tratar, pero no en un grado tal que llegue a igualar la degradabilidad de los granos aplastados o molidos, lo cual concuerda con los resultados de Orskov *et al.* (1980).

La mayor degradación en 48 h de incubación (Figura 2) para el grano molido y entero la presentó el lupino dulce, y para el grano tratado con NaOH y aplastado fue la cebada, debido principalmente a una mayor facilidad de colonización de la flora microbiana ruminal sobre el almidón de estos granos (Orskov, 1986; Yang *et al.*, 1997). Sin embargo, el maíz necesitaría aún de mayores tiempos de permanencia en el rumen para lograr su máxima degradación (Joy *et al.*, 1997). Esto se debe a que los tres granos contienen fracciones nutritivas de diferente digestibilidad y velocidad de desaparición, teniendo el maíz una mayor resistencia digestiva frente a la acción degradativa de los microorganismos ruminales (Contreras, 1994). En trabajos realizados con digestibilidad aparente en vacas lecheras el maíz presenta mayor digestión postruminal que la cebada y ésta tiene mayor digestibilidad en el rumen (Mc Carthy *et al.*, 1989).

Degradabilidad de la proteína cruda (PC)

En la Figura 3 se presentan las curvas de degradabilidad de la proteína en los tres granos, los que resultaron ser muy similares (Figura 4) para el grano de lupino y cebada en los tratamientos entero (13,5% vs 9,34%) y molido (99,0% vs 95,2%) a las 48 h de incubación, respectivamente.

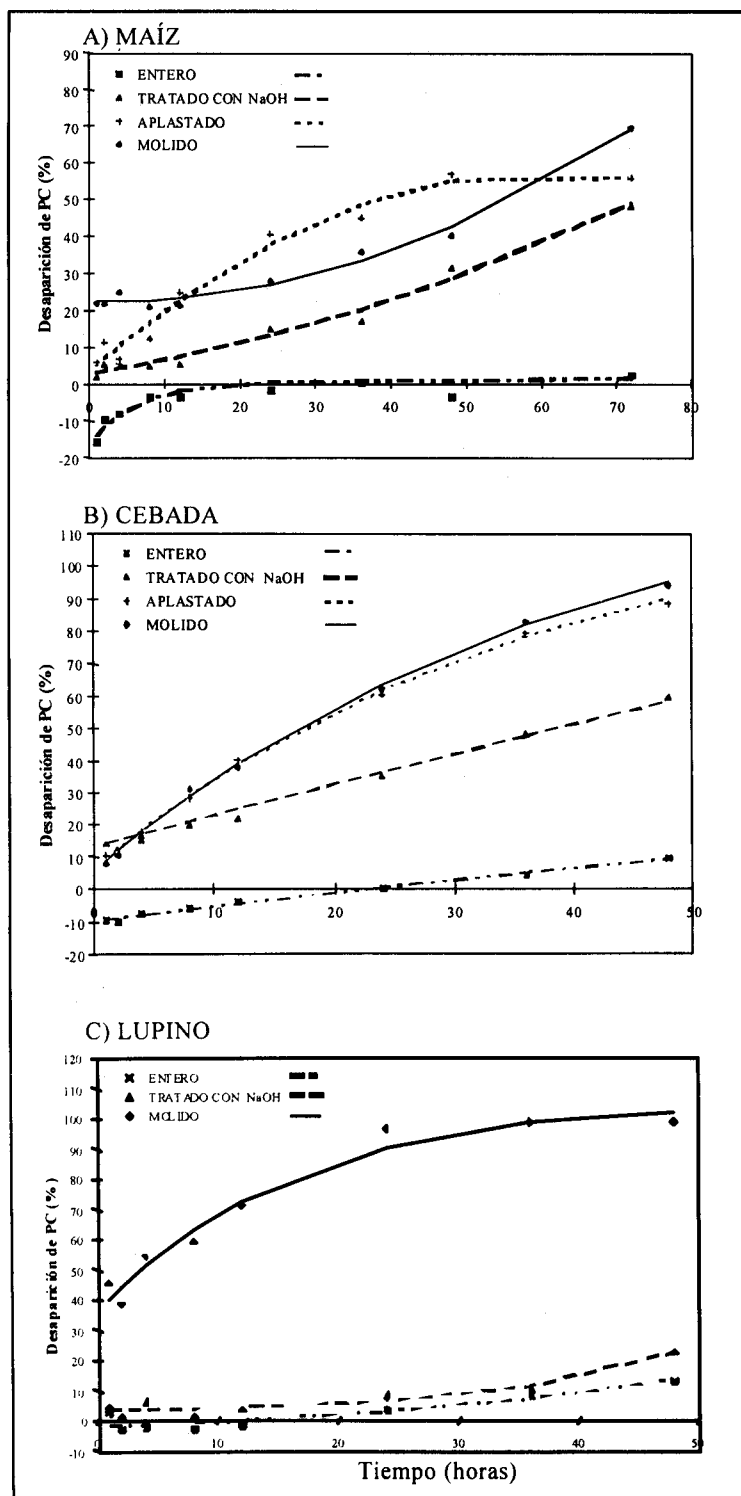


Figura 3. Degradabilidad ruminal (%) de la proteína cruda en grano de maíz y cebada (entero, tratado con NaOH al 2%, aplastado, molido) y lupino (entero, tratado con NaOH al 2%, molido).

Figure 3. Ruminal degradability (%) of grain crude protein of corn and barley (whole, treated with NaOH at 2%, dry rolled, ground) and sweet lupine (whole, treated with NaOH at 2%, ground).

Según el grado de daño físico (Figura 4), se incrementaría la fracción de PC soluble y la tasa de desaparición de la fracción potencialmente digestible (Beauchemin *et al.*, 1994), por lo tanto, la mayor degradación se presentó en el grano molido, seguido por el aplastado (maíz y cebada), tratado con NaOH al 2% y grano entero para cada cereal en particular. Dentro del tratamiento molido, el lupino (Figura 3c y 4), presentó la mayor desaparición a las 48 h, con una degradabilidad de un 99,0%, valor mas alto que lo indicado por Mora (1980), que señala una desaparición de la proteína del grano de lupino entre 77 y 80%.

Los granos poseen estructuras fibrosas que protegen a los componentes nitrogenados, las cuales influyen en la disponibilidad de las fracciones proteicas, cuando son degradadas por los microorganismos ruminales (Mathinson *et al.*, 1991). Un factor importante es la mayor cantidad de fracciones fermentativas insolubles de fermentación rápida en el grano de lupino y cebada, en comparación a fracciones insolubles de fermentación lenta en el grano de maíz (Contreras, 1994). Para todos los tratamientos el maíz presentó siempre los menores niveles de degradación, debido a que contiene una fracción proteica indigestible en el rumen, comparado con los granos de cebada y lupino (Yang *et al.*, 1997).

La aplicación de NaOH al 2% incrementó la digestibilidad de la PC de todos los granos. A las 48 h de incubación la degradación de la PC en lupino fue de 13,5 y 22,4%, para grano entero y tratado, respectivamente. Para maíz esta diferencia fue mayor, siendo a las 48 h de 0,79 y 28,1%, para grano entero y tratado con NaOH, respectivamente.

mente (Figura 4). El mayor efecto del tratamiento con NaOH fue en cebada, observándose una degradación de 58,4% a las 48 h. Todos los valores de degradación de PC para los granos tratados fueron inferiores a grano aplastado y molido.

El grano entero de lupino tuvo dentro de las primeras horas de incubación en el rumen, una degradación negativa, debido a que, según Contreras (1994) y Yang *et al.* (1997), los granos enteros requieren en una primera instancia de cierto tiempo para iniciar la degradación, lo que se atribuye a la resistencia que opone la cubierta seminal, con la consecuente inactividad degradativa en las primeras 24 h de incubación.

Posteriormente el grano entero presenta una degradación en constante aumento (Figura 3), sin alcanzar a estabilizarse, llegando sólo a un 0,79; 9,34 y 13,5% de desaparición en 48 horas de incubación (Figura 4), en maíz, cebada y lupino, respectivamente. Esto se debe a que el grano entero se hace muy difícil de colonizar por bacterias ruminales, por no presentar su cubierta seminal fisuras o grietas que permitan una rápida colonización y degradación de los componentes nitrogenados, ya que el material se encuentra en bolsas y no incluye el daño que ejerce la ingestión-masticación por parte del

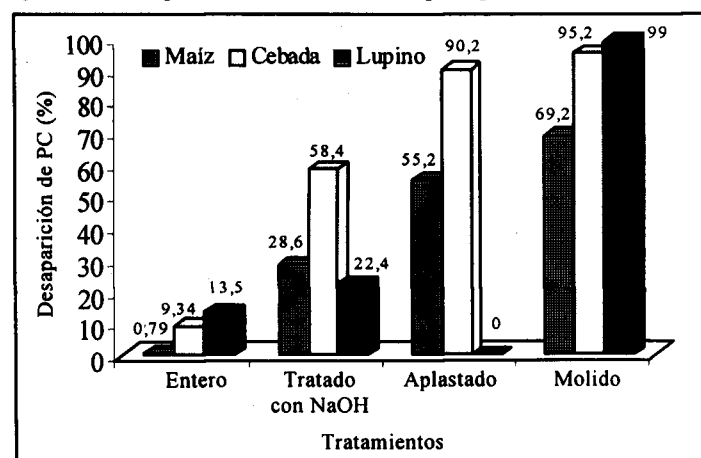


Figura 4. Degradabilidad ruminal (%) de la proteína cruda en 48 horas de incubación con diferentes métodos de procesamiento en grano de maíz, cebada y lupino dulce.

Figure 4. Ruminal degradability (%) of crude protein after a 48 hours incubation of corn, barley and sweet lupine grains treated with different processing methods.

animal, acción que influye en la degradación de las fracciones proteicas por los microorganismos (Hironaka *et al.*, 1992). En cambio, la acción de moler el grano permite que las fracciones proteicas queden mas accesibles para que las bacterias ruminales puedan degradarlas, lo que explicaría la alta degradabilidad de la PC en el tratamiento molido para los tres granos, respecto de los demás tratamientos (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).

Degradabilidad de la fibra detergente ácido (FDA)

La desaparición de la FDA se informa solamente en el grano de lupino, debido a que los bajos contenidos de este componente en el grano de maíz y cebada, 4,8% BMS y 7,5% BMS, respectivamente, presentan resultados muy erráticos, comparados con un 21,2% BMS en el grano de lupino dulce.

La digestibilidad de la FDA en lupino es distinta para todos los tratamientos (Figura 5). Al aumentar el tiempo de permanencia dentro del rumen las diferencias de digestibilidad se observan más evidentes, siendo el tratamiento de grano molido el que presenta mayor desaparición luego de 48 h, con un 99,2%; para los tratamientos entero y tratado con NaOH, presentaron valores de desaparición de 54,8 y 62,2%, respectivamente.

Los valores de desaparición en el tratamiento de grano entero fue mayor en las primeras 4 h de incubación en comparación con los demás tratamientos. Este fenómeno se puede atribuir a que en el grano entero las bacterias degradan la FDA que está concentrada principalmente en la cubierta seminal, para poder degradar posteriormente el contenido interno del grano (Magnasco, 1995); en cambio en los restantes tratamientos, esta velocidad de degradación es mas gradual en el tiempo. No obstante, la degradación de la FDA del tratamiento entero fue alta al inicio y similar al tratado con NaOH a las 48 h de incubación.

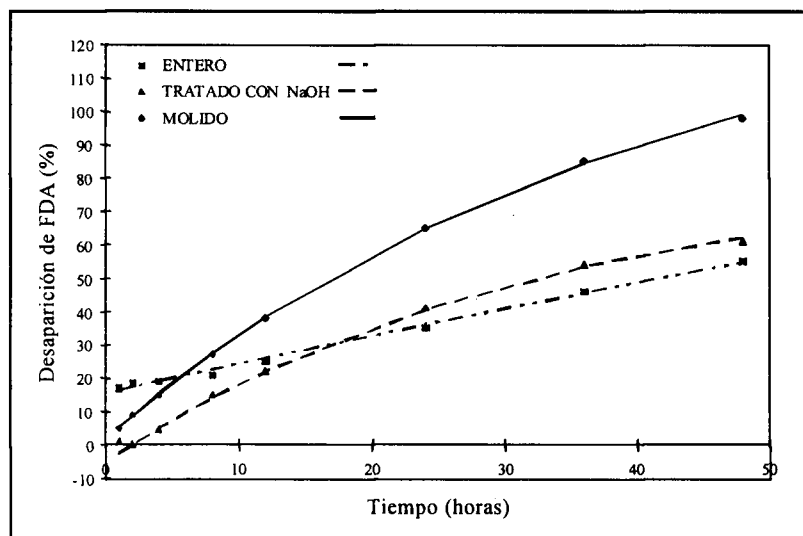


Figura 5. Degradabilidad ruminal (%) de la fibra detergente ácido en grano de lupino (entero, tratado con NaOH y molido).

Figure 5. Ruminal degradability (%) of acid detergent fibre of sweet lupine (whole, treated with NaOH and ground).

CONCLUSIONES

El proceso de liberación de los componentes nutritivos en el rumen es más lento cuando procede de granos enteros que cuando procede de granos elaborados.

El tratamiento con NaOH 2% aumenta la degradabilidad de los nutrientes en el rumen en todos los granos estudiados, sin embargo, se observa un efecto menor en grano de lupino.

El tratamiento con NaOH produce una liberación de nutrientes mas lento que el grano molido o aplastado.

RESUMEN

Se evaluaron diferentes métodos de procesamiento de grano de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*). Los procesamientos fueron: grano entero, tratado con NaOH al 2%, aplastado y molido. Se evaluó digestibilidad *in situ* en 4 novillos fistulados a nivel ruminal. Las horas de incubación fueron 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, y 48 h en cebada y lupino, y en el caso del maíz se prolongó a 72 h. Se usaron 8 repeticiones para cada grano y tiempo de incubación. Las evaluaciones de desaparición de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente ácido (FDA), se hicieron mediante la confección de curvas de degradación ruminal. Los diferentes métodos de procesamiento tienen marcadas diferencias en la degradación de estos granos. El tratamiento de mayor degradabilidad en los tres granos tanto para la MS como para la PC, fue el molido de lupino (99% y 98,9%), cebada (96,4% y 91%) y maíz (89,8% y 69,2%), respectivamente. El trata-

miento aplastado y molido en cebada y maíz presentó una degradación similar pero numéricamente, el aplastado fue inferior al molido tanto para la MS como para la PC. Los tratamientos de menor degradabilidad fueron el entero seguido por el tratado con NaOH al 2% para los tres granos en estudio. El tratamiento con NaOH tuvo buenos resultados en la cebada y el maíz, al compararlo con el grano entero, alcanzando valores de digestibilidad de MS de 68,3% vs 10,2%, para grano de maíz tratado con NaOH y entero, respectivamente, y de 70% vs 11,3% en cebada para los mismos tratamientos. Sin embargo, con el grano de lupino no se logró un aumento satisfactorio en la tasa de digestibilidad de MS del grano tratado con NaOH (37,5%) al compararlo con el grano entero (31,7).

Palabras claves: degradabilidad ruminal, materia seca, proteína cruda.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1970. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 11th ed. Washington DC, USA. 1015 p.
- BARNES, B.J. AND ORSKOV, E.R. 1982. Cereales para rumiantes, técnicas de elaboración y conservación. Revista Mundial de Zootecnia 42: 38-44.
- BEAUCHEMIN, K.A.; MC ALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I. AND CHENG, K.J. 1994. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. Journal of Animal Science 72: 236-246.
- CAÑAS, R.C. 1995. Alimentación y nutrición animal. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. p. 71-416.
- CERDA, D.; MANTEROLA, H.; SIRAH, L. E ILLANES, R. 1987. Validación y estudios comparativos de métodos estimadores de la digestibilidad aparente de los alimentos para rumiantes. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Avances en Producción Animal 12: 77-86.
- CONTRERAS, G. 1994. Digestibilidad *in situ* de avena y maíz grano bajo dos condiciones ruminales inducidas mediante la alimentación. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile. 78 p.
- HERRERA-SALDANA, R.E.; HUBER, J.T. AND POORE, M.H. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. Journal of Dairy Science 73: 2386-2393.
- HIRONAKA, R.; BEAUCHEMIN, K.A. AND LYSYK, T.J. 1992. The effect of thickness of steam rolled barley on its utilization by beef cattle. Canadian Journal of Animal Science 72: 279-286.
- JOY, T.M.; DE PETERS, E.J.; FADEL, J.G. AND ZINN, R.A. 1997. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. Journal of Dairy Science 80: 2087-2097.
- MAGNASCO, P.A. 1995. Digestibilidad *in situ* en bolsa de nylon de trigo, triticale y cebada grano. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile. 29 p.
- MATHINSON, G.W.; HIRONAKA, R.; KERRIGAN, B.K.; VLACH, I.; MILLIGAN, L.P. AND WEISENBURGER, R.D. 1991. Rate of starch degradation, apparent digestibility and rate and efficiency of steer gain as influenced by barley grain volume-weight and processing method. Canadian Journal of Animal Science 71: 867-878.
- MCCARTHY, R.D.; KLUSMEYER, T.H.; VICINI, J.L.; CLARK, J.H. AND NELSON, D.R. 1989. Effect of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. Journal of Dairy Science 72: 2002-2016.
- MORA, S. 1980. Adaptación, producción y utilización del lupino en Chile. Agro Sur 8(1): 43-56.
- ORSKOV, E.R. AND MC DONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science 92: 499-503.
- ORSKOV, E.R.; BARNES, B.J. AND LUKINS, B.A. 1980. A note on the effect of different amounts of NaOH application on digestibility by cattle of barley, oats, wheat and maize. Journal Agricultural Science. Cambridge 94(2): 271-273.

- ORSKOV, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science* 63: 1624-1633.
- ORSKOV, E.R. 1990. Alimentación de los rumiantes. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España. p. 50-126.
- SAS INSTITUTE, INC. 1990. Procedure guide, release. 7th. ed. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 45 p.
- THEURER, C.B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science* 63: 1649-1662.
- VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 46: 829-834.
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; FARR, B.I. AND RODE, L.M. 1997. Comparison of barley, hullless barley and corn in the concentrate of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80: 2885-2895.