

DIGESTIÓN DEL HENO DE TRIGO EN COMPARACIÓN CON LA DE ALFALFA Y BALLICO EN NOVILLOS

DIGESTION OF WHEAT HAY AS COMPARED TO ALFALFA AND RYEGRASS IN STEERS

Mario A. Mejía-Delgadillo¹, Enrique G. Álvarez-Almora^{1*}, Juan M. Pinos-Rodríguez², Juan F. Ponce-Medina¹, Alejandro Plascencia-Jorquera¹, Luis F. Escoboza-García¹, Juan Rodríguez-García¹

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. 21100. Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. (digestibilidad@yahoo.com). ²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

RESUMEN

El cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) es el de mayor importancia en el valle de Mexicali, México. Con base en su composición química, la planta completa de trigo es considerada de calidad similar a la alfalfa (*Medicago sativa*) o al ballico (*Lolium multiflorum*). Por ello, se comparó la digestión del heno de trigo para grano cosechado en dos estados de crecimiento (45 y 90 d) con henos de alfalfa (floración media) y ballico (120 d después de sembrado). Cuatro novillos Holstein (326±20 kg PV) con cánulas ruminales y duodenales se usaron en un diseño cuadro latino 4×4. Los tratamientos (henos) fueron: 1) alfalfa, 2) ballico, 3) trigo cosechado a 45 d (T45d) y 4) trigo cosechado a 90 d (T90d). Los novillos alimentados con T45d y T90d consumieron menos N (0.10 y 0.11 kg d⁻¹) (p≤0.05) que aquellos alimentados con alfalfa y ballico (0.16 y 0.19 kg d⁻¹). El flujo duodenal de FDN (1.49 kg d⁻¹) fue mayor (p<0.05) y el de N (0.15 kg d⁻¹) menor (p≤0.05) en los novillos alimentados con T90d. También la menor (p≤0.05) digestión ruminal (336 g kg⁻¹) y total (517 g kg⁻¹) de materia orgánica (MO) fue para T90d. La digestión ruminal y total de MO y de FDN del T45d fue similar (p>0.05) a la de alfalfa y ballico, y superior al trigo cosechado a los 90 d. Se concluye que la digestión del heno de trigo cosechado a los 45 d fue similar a los henos de alfalfa y ballico, pero superior al trigo cosechado a los 90 d.

Palabras clave: digestión, fermentación ruminal, flujo duodenal, trigo.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum*) es el cultivo más importante en la región del valle de Mexicali, México: 91 000 ha sembradas y 6.5 t ha⁻¹

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: Abril, 2010. Aprobado: Noviembre, 2010.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 45: 13-21. 2011.

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum*) is a major crop in the Valley of Mexicali, México. Based on its chemical composition, the entire wheat plant is considered of a quality similar to that of alfalfa (*Medicago sativa*) or to ryegrass (*Lolium multiflorum*). Digestion of wheat hay, grown for grain and harvested at two stages of growth (45 and 90 d), was compared with alfalfa hay (at intermediate flowering) and ryegrass hay (120 d after sowing). Four Holstein steers (326±20 kg BW) with ruminal and duodenal cannulas were used in a Latin square 4×4 design. The treatments (hays) were the following: 1) alfalfa, 2) ryegrass, 3) wheat harvested 45 d after sowing (T45d), 4) wheat harvested at 90 d (T90d). The steers fed T45d and T90d consumed less (p≤0.5) N (0.10 and 0.11 kg d⁻¹) than those fed alfalfa and ryegrass (0.16 and 0.19 kg d⁻¹). NDF duodenal flow (1.49 kg d⁻¹) was greater (p≤0.05) and that of N (0.15 dg d⁻¹) was lower (p≤0.05) in steers fed T90d. Also, the lowest (p≤0.5) ruminal (336 g kg⁻¹) and total (517 g kg⁻¹) digestion of organic matter (OM) was for T90d. Ruminal and total OM and NDF digestion of T45d was similar (p>0.05) to that of alfalfa and ryegrass and higher than wheat harvested at 90 d. It is concluded that digestion of wheat hay harvested at 45 d was similar to alfalfa and ryegrass hays, but superior to wheat harvested at 90 d.

Key words: digestion, ruminal fermentation, duodenal flow, wheat.

INTRODUCTION

Wheat (*Triticum aestivum*) is the most important crop in the region of the Valley of Mexicali, México: 91 000 ha yielding 6.5 t ha⁻¹ of grain yearly (SAGARPA, 2007). In México, most of the production of this grain is processed into flour, but use of the grain

de rendimiento anual de grano (SAGARPA, 2007). En México, la mayor parte de la producción de este grano se usa para producir harinas, pero su uso para la finalización de bovinos ha aumentado considerablemente debido al encarecimiento del maíz y sorgo. Hay estudios relacionados con el valor nutritivo de la planta de trigo en pastoreo (Horn *et al.*, 2005) y con ensilajes (Owens *et al.*, 2009). La planta de trigo produce forraje de calidad que depende de su etapa de madurez (Weinberg *et al.*, 2009). La henuficación de la planta completa de trigo en la etapa anterior a la emergencia del primordio floral permite obtener forraje para alimentar el ganado, pero su valor nutricional no se ha documentado. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar la digestión del heno de trigo, cosechado a 45 y 90 d, con henos de ballico (*Lolium multiflorum*) y alfalfa (*Medicago sativa*) en novillos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en la unidad de digestión y metabolismo de rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, B. C., México. El clima de la región es desértico, con temperatura media anual de 22 °C (INEGI, 1993), enero es el mes más frío (temperatura media y mínima de 13 y -2 °C) y julio el mes más caliente (temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33 °C).

Tratamientos, animales y alimentación

El diseño experimental fue un Cuadro latino 4×4 con los siguientes tratamientos: 1) heno de alfalfa (floración media), 2) heno de ballico (cosechado 120 d después de sembrado), 3) heno de trigo cosechado a los 45 d de sembrado (T45d) y 4) heno de trigo cosechado a 90 d de la siembra (T90d). Los forrajes fueron picados (20 mm de longitud) en una picadora para forraje (Azteca, Aguascalientes, México).

Se usaron cuatro novillos Holstein (326±20 kg peso vivo, PV) con cánulas tipo T en rumen y duodeno proximal (6 cm del esfínter pilórico). Los novillos permanecieron en corraletas de 7.6 m² con bebederos automáticos y comederos individuales (60×40 cm). Cada novillo recibió diariamente (8:00 y 17:00 h) una cantidad de forraje correspondiente a 2.2 % de su PV, para evitar un efecto del consumo de materia seca (MS) en la digestión y la tasa de pasaje. El óxido de cromo se usó como marcador

for fattening cattle has increased considerably due to rising prices of corn and sorghum. There are studies related to the nutritive value of the wheat plant in grazing (Horn *et al.*, 2005) and in silage (Owens *et al.*, 2009). The wheat plant produces quality forage, but this depends on its stage of maturity (Weinberg *et al.*, 2009). Making hay from the whole wheat plant in the stage previous to the emergence of floral primordia results in forage for feeding cattle, but its nutritional value has not been documented. For this reason, the objective of this study was to compare digestion of wheat hay harvested at 45 d and at 90 d with hays of rye grass (*Lolium multiflorum*) and alfalfa (*Medicago sativa*) by steers.

MATERIALS AND METHODS

Location

This study was conducted in the ruminant digestion and metabolism unit of the Instituto de Ciencias Agrícolas of the Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Valley of Mexicali, B. C., México. The climate of the region is desert, with a mean annual temperature of 22 °C (INEGI, 1993); the coldest month is January (mean and minimum temperatures 13 and -2 °C), and July is the hottest month (maximum, minimum and average temperatures of 45, 20, and 33 °C).

Treatment, animals and feeding

The experimental design was a 4×4 Latin square with the following treatments: 1) alfalfa hay (intermediate flowering); 2) ryegrass hay (harvested 120 d after sowing), 3) hay made from wheat harvested 45 d after sowing (T45d), 4) hay made from wheat harvested 90 d after sowing (T90d). The forages were chopped (20 mm long) in a forage chopper (Azteca, Aguascalientes, México).

Four Holstein steers (326±20 kg BW) with type T cannulas in rumen and proximal duodenum (6 cm from the pyloric sphincter) were used in this study. The steers remained in individual cages (7.6 m²) with automatic waterers and feedbunks (60×40 cm). Daily (08:00 and 17:00 h) each steer received an amount of forage equivalent to 2.2 % of its BW in order to avoid an effect of dry matter (DM) intake on digestion and rate of passage. Chromic oxide was used as external marker of digesta adding to the diet enough amount so that each steer could eat about 20 g d⁻¹.

externo de la digesta y se adicionó a la dieta la cantidad necesaria para que cada novillo consumiera cerca de 20 g d^{-1} .

Muestreo

Los novillos tuvieron 14 d de adaptación a la dieta antes de iniciar el experimento. El experimento consistió de cuatro periodos de 14 d cada uno: los primeros 10 d para adaptación y los otros 4 d para recolección de muestras. Durante cada muestreo (día 1, 10:30, 16:30; día 2, 9:00, 15:00; día 3, 7:30, 13:30 y día 4 6:00, 12:00 h) se recolectaron 500 mL de líquido duodenal y aproximadamente 200 g (base seca) de heces (Zinn *et al.*, 1980). Al final de cada periodo de recolección, se mezclaron las ocho muestras de cada novillo dentro de cada período, se usó una alícuota del 10 % para su análisis.

En las muestras de alimento, duodenales o fecales se hicieron los análisis descritos a continuación. Para la MS, las muestras fueron secadas en una estufa (Felisa, D. F., México) con aire forzado a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante; las muestras secas fueron trituradas en un molino (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA) con una criba (2 mm diámetro).

La cuantificación de cenizas (combustión a $600 \text{ }^\circ\text{C}$) y nitrógeno (Kjeldhal) se realizó de acuerdo con los procedimientos de AOAC (2000). La fibra insoluble en detergente ácido (FDA) e insoluble en detergente neutro (FDN) fueron cuantificadas por el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991). El óxido crómico (Hill y Anderson, 1958) y purinas (Zinn y Owens, 1986) se determinaron para calcular el nitrógeno bacteriano.

El último día de recolección de cada periodo, 4 h después de la alimentación, se recolectó una muestra de líquido ruminal, se filtró a través de cuatro capas de gasa quirúrgica y el pH se midió inmediatamente (OAKTON, Vernon Hills, IL, USA). Para determinar ácidos grasos volátiles (AGV), una alícuota de 80 mL de líquido ruminal se mezcló en una proporción 4:1 con una solución 25 % de ácido meta-fosfórico (peso/volumen) y se almacenó a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su análisis. Las muestras se descongelaron y centrifugaron 10 min a $9000 \times \text{g}$ para determinar AGV según Hess *et al.* (2003), con un cromatógrafo de gases (XL, Perkin Elmer Instruments; Shelton, CT) con un detector de ionización por flama y columna capilar (Elite-FFAP, Perkin Elmer Instruments; 30 m longitud \times 0.32 de diámetro interior \times $0.25 \mu\text{m}$ de grosor de cobertura).

Para cuantificar el contenido total de líquidos, sólidos y FDN en el rumen, al finalizar el último muestreo de cada periodo se vació el rumen con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L, 4 h después de ofrecer el alimento por la mañana (Huhtanen y Khalili, 1991). Después de mezclar el contenido total extraído del rumen, se tomó una alícuota (1 kg) para determinar la proporción de fibra indigestible e inmediatamente

Sampling

The steers had a 14 d period of adaptation to the diet before beginning the experiment. The experiment consisted of four periods of 14 d each: the first 10 d were adaptation and the other 4 d were for sample collection. During each sampling (day 1, 10:30, 16:30; day 2, 9:00, 15:00; day 3, 7:30, 13:30; and day 4, 6:00, 12:00 h), 500 mL of duodenal fluid and approximately 200 g (dry weight) of feces were collected (Zinn *et al.*, 1980). At the end of each period of collection, the eight samples of each period from each steer were mixed, and an aliquot of 10 % was taken for analysis.

The following analyses were performed on the feed, duodenal or fecal samples. For dry matter (DM), the samples were dried in a forced air oven (Felisa, D. F., México) at $105 \text{ }^\circ\text{C}$ to constant weight; the dry samples were ground in a mill (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA) with a 2 mm diameter sieve.

Quantification of ash (combustion $600 \text{ }^\circ\text{C}$) and nitrogen (Kjeldhal) was done following AOAC (2000) procedures. Insoluble acid detergent fiber (ADF) and insoluble neutral detergent fiber (NDF) were quantified by the procedure of Van Soest *et al.* (1991). Chromic oxide (Hill and Anderson, 1958) and purines (Zinn and Owens, 1986) were determined to calculate bacterial nitrogen.

The collection on the last day of each period, 4 h after feeding, a sample of ruminal fluid was collected, filtered through four layers of surgical gauze, and pH was measured immediately (OAKTON, Vernon Hills, IL, USA). To determine volatile fatty acids (VFA), an aliquot of 80 mL of ruminal fluid was mixed with a solution of 25 % metaphosphoric acid in a proportion of 4:1 (weight/volume) and stored at $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ until analysis. The samples were thawed and centrifuged 10 min at $9000 \times \text{g}$ to determine VFA following Hess *et al.* (2003) using a gas chromatograph (XL, Perkin Elmer Instruments, Shelton, CT) with a flame ionization detector and a capillary column (elite-FFAP, Perkin Elmer Instruments; 30 m long \times 0.32 mm inner diameter \times $0.25 \mu\text{m}$ thickness of coating).

To quantify the total contents of liquids, solids and NDF in the rumen, at the end of each sampling of each period, the rumen was emptied 4 h after offering feed in the morning with a conventional dry-wet vacuum cleaner with a capacity of 50.0 L (Huhtanen and Khalili, 1991). After mixing the total content extracted from the rumen, an aliquot (1 kg) was taken to determine the proportion of indigestible fiber, and the contents were immediately returned to the ruminal cavity. On average, the procedure took 18 ± 5 min per steer. Based on the Mertens and Ely (1979) model, the rate of passage (kp) of the NDF was calculated with the following formula: $Kp = ((NDFI * (1 - RDNDF)) / (S * (RNDF/100))) / 24$, where $NDFI$ = total

se regresó a la cavidad ruminal; en promedio, todo el procedimiento se realizó en 18 ± 5 min por cada novillo. Con base al modelo de Mertens y Ely (1979), la tasa de pasaje (kp) de la FDN se calculó con la siguiente fórmula: $Kp = ((FDNI * (1 - DRFDN)) / (S * (RFDN/100))) / 24$, donde, $FDNI$ = consumo diario total de FDN, $DRFDN$ = digestibilidad ruminal de FDN (%), S = sólidos en rumen (g), $RFDN$ = FDN en rumen, como porcentaje del total de los sólidos ruminales. La tasa ruminal de digestión de FDN se determinó con la relación: $DRFDN = Kd / (Kd + Kp)$. Con la determinación de purinas (Zinn y Owens, 1986) como marcador microbiano, se calculó la materia orgánica microbiana y el N microbiano que llegan a duodeno.

Análisis estadísticos

El diseño fue un Cuadro Latino 4×4 . Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED (SAS, 2006) donde el animal fue considerado un factor aleatorio dentro del modelo. Para comparar las medias de los tratamientos se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$; SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de MS, MO, PC, cenizas y FDN se presenta en el Cuadro 1. La composición química de los henos de trigo se encuentra dentro de los valores reportados en estudios previos. En toda la planta de trigo se han reportado valores (base seca) de 9 a 18 % PC y de 40 a 64 % FDN1 (Phillips *et al.*, 1995; Adogla-Bessa *et al.*, 1999; Hill y Leaver, 1999).

Una excepción son los valores reportados por Coblenz *et al.* (2000 y 2002) para PC (hasta 23 %), FDN (mayores a 41 %) y cenizas (menores a 11 %), que difieren de los encontrados en el presente estudio. Es posible que tales diferencias se deban a factores como especie y madurez de la planta, año y al sistema de cosecha (Coblenz *et al.*, 2000). Como se esperaba, el consumo de MS en los novillos fue similar. Sin embargo, los novillos alimentados con henos de ballico y alfalfa tuvieron consumos de N mayores ($p \leq 0.05$) que aquellos que consumieron henos de trigo (Cuadro 2).

Los flujos duodenales de MS y MO fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos. El mayor ($p \leq 0.05$) flujo duodenal de FDN se observó en novillos alimentados con T90d, en comparación con aquellos alimentados con T45d, alfalfa o ballico. Debido a que no existieron diferencias en el

daily NDF intake; $RDNDF$ = ruminal digestibility of NDF (%), S = solids in the rumen (g), $RNDF$ = NDF in rumen as a percentage of the total ruminal solids. The ruminal rate of digestion of NDF was determined with the equation $RDNDF = Kd / (Kd + Kp)$. By determining purines (Zinn and Owens, 1986) as microbial markers, the microbial organic matter and microbial N that reach the duodenum were calculated.

Statistical analysis

The design was a 4×4 Latin square. The data were analyzed using the MIXED procedure (SAS, 2006), in which the animal was considered a random factor in the model. To compare treatments means, the Tukey test ($p \leq 0.05$; SAS, 2006) was used.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of DM, OM, PC, ash and NDF are shown in Table 1. The chemical composition of the wheat hays is found within the values reported in previous studies. In the whole wheat plant values (dry base) of 9 to 18 % PC and 40 to 64 % NDF1 (Phillips *et al.*, 1995; Adogla-Bessa *et al.*, 1999; Hill and Leaver, 1999) have been reported.

An exception are the values reported by Coblenz *et al.* (2000 and 2002) for PC (up to 23 %), NDF (above 41 %) and ash (below 11 %). These differ from those found in our study. It is possible that these differences are due to factors such as species and maturity of the plant, year and harvesting system (Coblenz *et al.*, 2000). As expected, the DM intake by the steers was similar. However,

Cuadro 1. Análisis químico de heno de ballico, alfalfa y trigo cosechado 45 y 90 d después de la siembra (valores expresados en porcentaje de la materia seca).

Table 1. Chemical analysis of hays made of ryegrass, alfalfa and wheat harvested at 45 and 90 d after sowing (values expressed in percent of dry matter).

| | Alfalfa | Ballico | T45d | T90d |
|-------------------------|---------|---------|------|------|
| Materia seca | 93.2 | 90.2 | 94.8 | 91.9 |
| Materia orgánica | 87.8 | 86.5 | 84.3 | 87.5 |
| Cenizas | 12.2 | 13.5 | 15.7 | 12.5 |
| Fibra detergente neutro | 33.6 | 34.0 | 35.1 | 35.7 |
| Proteína cruda | 15.3 | 19.3 | 10.7 | 9.2 |

T45d: trigo 45 d después de la siembra; T90d: trigo 90 d después de la siembra ❖ T45d: wheat 45 d after sowing; T90d: wheat 90 d sowing.

Cuadro 2. Consumo y flujo de nutrientes en novillos alimentados con ballico, alfalfa y trigo cortado a los 45 y 90 d después de la siembra.**Table 2. Consumption and nutrients flow in steers fed ryegrass, alfalfa and wheat cut 45 d and 90 d after sowing.**

| | Alfalfa | Ballico | T45d | T90d | EEM |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Consumo, kg d ⁻¹ | | | | | |
| Materia seca | 7.1 | 6.9 | 7.2 | 6.9 | 0.20 |
| Materia orgánica | 6.3 | 6.2 | 6.0 | 6.2 | 0.33 |
| Fibra detergente neutro | 2.2 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 0.22 |
| Nitrógeno | 0.16 ^a | 0.19 ^a | 0.10 ^b | 0.11 ^b | 0.01 |
| Flujo duodenal, kg d ⁻¹ | | | | | |
| Materia seca | 5.3 | 5.0 | 5.0 | 5.3 | 2.47 |
| Materia orgánica | 4.0 | 3.8 | 3.7 | 4.0 | 1.01 |
| Fibra detergente neutro | 0.99 ^b | 0.90 ^b | 0.89 ^b | 1.49 ^a | 0.19 |
| Nitrógeno | 0.19 ^a | 0.13 ^b | 0.19 ^a | 0.15 ^b | 0.07 |
| Nitrógeno microbiano | 0.054 | 0.051 | 0.055 | 0.049 | 0.004 |

^{a, b} medias con distinta literal en una hilera indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). EEM: error estándar de la media. T45d: trigo 45 d después de la siembra; T90d: trigo 90 d después de la siembra. \ast ^{a, b} means in a row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$). EEM: mean standard error. T45d: wheat 45 d after sowing; T90d: wheat 90 d after sowing.

consumo de MS, MO y FDN, el consumo menor ($p \leq 0.05$) de N en los novillos alimentados con los henos de trigo se atribuye al contenido menor de este componente en tales henos. Hubo diferencia ($p \leq 0.05$) en el flujo duodenal de N. Los novillos consumiendo alfalfa y T45d tuvieron flujos mayores de este nutriente en comparación con los que recibieron ballico y T90d.

La madurez de T45d (Coblentz *et al.*, 2000) pudo causar que el flujo duodenal de N en los novillos alimentados con T45d fuese 46 % mayor que el de los novillos alimentados con T90d. Al aumentar la madurez del trigo se eleva el contenido de pared celular y lignificación, mientras que disminuye el contenido de N y su digestión. Así aumenta la resistencia de la pared celular al ataque microbiano y flujo duodenal de proteína microbiana (Owens *et al.*, 2009), efecto que no se confirmó en el presente experimento.

La digestión ruminal y duodenal de MO fueron similares en los tratamientos (Cuadro 3), y la digestión total de MO de T90d fue menor ($p \leq 0.05$), que la de T45d, alfalfa y ballico, las cuales mostraron digestiones totales similares de MO. El contenido de FDN fue similar entre los henos experimentales, pero la digestibilidad ruminal de FDN de alfalfa, ballico y T45d fue 39, 40 y 49 %, mayor ($p \leq 0.05$) que la de T90d, por lo cual el flujo duodenal de este compuesto fue el más alto ($p \leq 0.05$) en T90d.

the steers fed ryegrass and alfalfa hays had higher N intake ($p \leq 0.05$) than those that were fed wheat hays (Table 2).

Duodenal flows of DM and OM were similar ($p > 0.05$) among the treatments. The highest ($p \leq 0.05$) duodenal flow of NDF was observed in steers fed T90d, compared with those fed T45d, alfalfa or ryegrass. Because there were no differences in DM, OM or NDF consumption, the lower ($p \leq 0.05$) N intake of steers fed wheat hays is attributed to the lower content of this component in these hays. There were differences ($p \leq 0.05$) in duodenal N flow. The steers fed alfalfa and T45d had higher flows of this nutrient compared with those fed ryegrass and T90d.

The maturity of T45d (Coblentz *et al.*, 2000) may be the cause that duodenal N flow in the steers fed T45d was 46 % higher than that of the steers fed T90d. As the wheat matures, the cell wall content and lignifications increase, while the content of N and digestion decrease. This increases the resistance of the cell wall to microbial attack and duodenal flow of microbial protein (Owens *et al.*, 2009), an effect that was not confirmed in this experiment.

Ruminal and duodenal digestion of OM were similar in the treatments (Table 3), and total OM digestion of T90d was lower ($p \leq 0.05$) than T45d, alfalfa or ryegrass, which showed similar total digestion of OM. Although the content of NDF

Cuadro 3. Digestión ruminal, duodenal y total (g kg⁻¹ MS) en novillos alimentados con heno de ballico, alfalfa o trigo cortado a 45 y 90 d después de la siembra.**Table 3. Ruminal, duodenal and total digestion (g kg⁻¹ DM) in steers fed ryegrass, alfalfa or wheat (harvested at 45 d and 90 d) hay.**

| | Alfalfa | Ballico | T45d | T90d | EEM |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| Digestión ruminal | | | | | |
| Materia orgánica | 354 | 369 | 404 | 336 | 45.5 |
| Fibra detergente neutro | 545 ^a | 552 ^a | 587 ^a | 393 ^b | 59.9 |
| Nitrógeno | 256 ^b | 463 ^a | 151 ^c | 162 ^c | 73.1 |
| Digestión duodenal | | | | | |
| Materia orgánica | 362 | 402 | 344 | 266 | 81.8 |
| Nitrógeno | 636 | 619 | 563 | 595 | 53.4 |
| Digestión total | | | | | |
| Materia orgánica | 593 ^a | 622 ^a | 617 ^a | 517 ^b | 43.0 |
| Fibra detergente neutro | 552 ^a | 579 ^a | 610 ^a | 328 ^b | 88.0 |
| Nitrógeno | 566 ^a | 571 ^a | 467 ^b | 443 ^b | 47.1 |

^a, ^b, ^c medias con distinta literal en una hilera indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). EEM: error estándar de la media. T45d: trigo 45 d después de la siembra; T90d: trigo de 90 d después de la siembra. ^a, ^b, ^c means in a row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$). EEM: mean standard error. T45d: wheat 45 d after sowing; T90d: wheat 90 d after sowing.

De igual forma, la digestión total de alfalfa, ballico y T45d de MO, FDN y N fue 68, 77 y 86 % mayor ($p \leq 0.05$) que la de T90d (Cuadro 3). Según Cervantes *et al.* (2000), hay una relación directa entre la composición química de henos, el consumo, el flujo duodenal y la digestión, lo cual puede explicar en parte las diferencias en FDN, sólidos y líquidos del contenido ruminal encontradas en el presente experimento.

Respecto a la digestión ruminal de N, el ballico tuvo los valores mayores ($p \leq 0.05$), seguido de alfalfa y por último de T45d y T90d. Posiblemente la variación en madurez y especies evaluadas influyó para que la digestión total de N fuese 28 y 29 % mayor ($p \leq 0.05$) para alfalfa y ballico, con respecto al T90d. Los flujos duodenales menores de MO y N en los novillos alimentados con T90d se puede atribuir a características físicas de la partícula de este heno, ya que durante la evacuación ruminal el contenido ruminal presentaba cierta estratificación de las partículas, mientras que en novillos alimentados con alfalfa, ballico y T90d, el contenido ruminal era relativamente homogéneo. López-Soto *et al.* (2006) indican resultados similares y que los cambios en digestión ruminal de nutrientes se puede atribuir a un aumento de la tasa de pasaje debido a cambios en la estructura de la partícula. Esto indica la posibilidad de que los forrajes de baja calidad,

was similar among the experimental hays, ruminal digestion of NDF of alfalfa, ryegrass and T45d was 39, 40 and 49 %, higher ($p \leq 0.05$) than that of T90d, causing the duodenal flow of this compound to be the highest ($p \leq 0.05$) in T90d.

In the same manner, total digestion of OM, NDF and N in alfalfa, ryegrass and T45d was 68, 77, and 86 % higher ($p \leq 0.05$) than that of T90d (Table 3). According to Cervantes *et al.* (2000), there is a direct relationship of the chemical composition of the hays to consumption, duodenal flow and digestion, which can partly explain the differences in NDF, solid and liquid ruminal contents found in this experiment.

Regarding ruminal N digestion, ryegrass had the highest values ($p \leq 0.05$), followed by alfalfa and finally T45d and T90d. Possibly, the variation in maturity and the species assessed had an influence in that the total N digestion was 28 and 29 % higher for alfalfa and ryegrass than for T90d. The lower duodenal flows of OM and N in steers fed T90d can be attributed to the physical characteristics of the particles of this hay, since during ruminal evacuation, ruminal content had a certain degree of particle stratification, while that of steers fed alfalfa, ryegrass and T90d was relatively homogeneous. López-Soto *et al.*, (2006) report similar results, mentioning that changes in ruminal

como en T90d, tengan características físicas de su fibra diferentes a forrajes de mejor calidad, como T45d, alfalfa y ballico. La digestibilidad ruminal de la FDN de los henos de gramíneas generalmente es mayor que el de las pajas (Bowman *et al.*, 1991). Además, hay valores mayores de digestibilidad de la MO y FDN en el tubo digestivo cuando se comparan henos de gramíneas con pajas (Bourquin y Fahey, 1994).

Algunas características ruminales fueron diferentes ($p \leq 0.05$) en los novillos que consumieron los henos (Cuadro 4). El contenido ruminal (expresado en kg de contenido y de líquidos) de T45d fue el más alto ($p \leq 0.05$), mientras que los novillos alimentados con T90d tuvieron la mayor cantidad de sólidos. Respecto a la FDN del contenido ruminal, los novillos alimentados con ballico y T90d tuvieron los valores mayores ($p \leq 0.05$), comparados con los alimentados con alfalfa y T45d. La proporción molar menor ($p \leq 0.05$) de ácido acético y la mayor ($p \leq 0.05$) de ácido butírico se observaron en el fluido ruminal de novillos alimentados con ballico, comparados con el de los alimentados con alfalfa, T45d y T90d. Las diferencias en la fermentación ruminal, especialmente en proporción molar menor de ácido acético y mayor de ácido butírico en los novillos alimentados con heno de ballico en comparación con alfalfa y henos de trigo, también se pueden atribuir a diferencias estructurales entre forrajes (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2002), lo cual refleja patrones de fermentación relacionados con la

nutrient digestion can be attributed to an increase in the rate of passage as a consequence of changes in the particle structure. This indicates the possibility that low quality forages, such as T90d, have fiber with physical characteristics different from those of better quality, such as T45d, alfalfa and ryegrass. Ruminal digestibility of NDF of grass hays is generally higher than that of straws (Bowman *et al.*, 1991). Likewise, there are higher digestibility values of OM and NDF at the digestive tube when grass hays are compared with straws (Bourquin and Fahey, 1994).

Some ruminal characteristics were different ($p \leq 0.05$) in steers that were fed the hays (Table 4). The ruminal content (expressed in kg of content and fluids) of T45d was the highest ($p \leq 0.05$), whereas the steers fed T90d had the highest content of solids ($p \leq 0.05$). Regarding NDF in ruminal content, steers fed ryegrass and T90d showed the highest values as compared with those fed alfalfa and T45d. The lowest molar proportion ($p \leq 0.05$) of acetic acid and the highest ($p \leq 0.05$) of butyric acid were observed in the ruminal fluid of steers fed ryegrass, relative to those fed alfalfa, T45d and T90d. The differences in ruminal fermentation, especially in a lower molar proportion of acetic acid and a higher proportion of butyric acid in the steers fed ryegrass hay, compared with those fed alfalfa and wheat hays, can also be attributed to structural differences among forages (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2002), reflecting patterns of fermentation related to carbohydrate degradation

Cuadro 4. Características del contenido ruminal en novillos alimentados con henos de ballico, alfalfa, y trigo cortado a 45 y 90 d después de la siembra.

Table 4. Characteristics of rumen content of steers fed hay of ryegrass, alfalfa, and wheat harvested at 45 d and 90 d after sowing.

| | Alfalfa | Ballico | T45d | T90d | EEM |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| Materia seca, % | 10.5 | 9.4 | 9.9 | 10.7 | 0.69 |
| Contenido, kg | 46.0 ^b | 48.0 ^b | 51.7 ^b | 63.1 ^a | 3.81 |
| Líquidos, kg | 41.2 ^b | 43.5 ^b | 46.6 ^b | 56.3 ^a | 3.60 |
| Sólidos, kg | 4.8 ^a | 4.5 ^a | 5.1 ^a | 6.7 ^b | 0.42 |
| Fibra detergente neutro, g kg ⁻¹ | 432 ^b | 444 ^a | 379 ^b | 497 ^a | 29.1 |
| pH | 6.15 | 5.97 | 5.91 | 6.04 | 0.27 |
| Ácido acético, mol 100 mol ⁻¹ | 72.6 ^a | 69.0 ^b | 72.2 ^a | 73.4 ^a | 1.10 |
| Ácido propiónico, mol 100 mol ⁻¹ | 18.6 | 16.9 | 17.7 | 16.8 | 0.70 |
| Ácido butírico, mol 100 mol ⁻¹ | 8.8 ^b | 14.1 ^a | 10.1 ^b | 9.8 ^b | 0.70 |
| Relación acetato:propionato | 3.9 | 4.1 | 4.1 | 4.4 | 0.22 |

^{a, b} medias con distinta literal en una hilera indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). EEM: error estándar de la media. T45d: trigo 45 d después de la siembra; T90d: trigo 90 d después de la siembra. * ^{a, b} means in a row with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$). EEM: mean standard error. T45d: wheat 45 d after sowing; T90d: wheat 90 d after sowing.

degradación y fermentación de carbohidratos en el rumen (Plascencia y Zinn, 1996).

En efecto, incrementos en la proporción molar de butirato por planta completa de trigo ensilado en comparación con ballico ensilado fueron reportados por Owens *et al.* (2009). Ellos concluyen que las diferencias en los patrones de fermentación entre trigo y ballico se debieron a que el trigo contiene mayor cantidad de fibra (paja).

El análisis de los resultados del presente estudio indica que el trigo cortado a 45 d fue consumido y digerido similarmente a los heno de alfalfa y ballico. Contrariamente, el trigo cortado a 90 d mostró niveles de digestión menores a alfalfa y ballico. Las diferencias entre T45d y T90d pueden explicarse por la madurez, la cual influye sustancialmente sobre la calidad y digestibilidad del heno (Beck *et al.*, 2009). Las limitaciones de calidad nutrimental que evidenció T90d en comparación con alfalfa y ballico se pueden atribuir a las diferencias químicas en la pared celular (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2002). Los cereales, como el trigo en su estado maduro, contienen paredes celulares secundarias rígidas y resistentes a la degradación microbiana, mientras que los pastos como ballico o las leguminosas como alfalfa contienen mayor proporción de carbohidratos estructurales con una mayor digestibilidad. Sin embargo, estos forrajes productores de grano en su fase joven también tienen excelente calidad nutrimental (Rao *et al.*, 2000; Weinberg *et al.*, 2009), como se ha mostrado en rumiantes.

CONCLUSIONES

La digestión del heno de trigo cosechado 45 d después de la siembra fue comparativamente similar al heno de alfalfa y ballico. Por tanto, la digestión del heno trigo cosechado antes de emerger su primordio floral es similar a la de forrajes convencionales como alfalfa y ballico.

LITERATURA CITADA

- Adogla-Bessa, T., E. Owen, and A. T. Adesogan. 1999. Ensiling of whole crop wheat with cellulose-hemicellulase based enzymes 3. Comparing effects of urea or enzyme treatment on forage composition and stability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82: 51-61.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. 2200 p.

and fermentation in the rumen (Plascencia and Zinn, 1996).

Indeed, increases in the molar proportion of butyrate in whole plant wheat silage, compared with ryegrass silage were reported by Owens *et al.* (2009). They conclude that the differences in fermentation patterns between wheat and ryegrass were due to the higher content of fiber (straw) in wheat.

The analysis of the results of the present study indicates that intake and digestion of wheat harvested at 45 d was similar to intake and digestion of alfalfa and ryegrass hay. In contrast, wheat harvested at 90 d had lower levels of digestibility than alfalfa and ryegrass. The differences between T45d and T90d can be explained by maturity, which substantially affects quality and digestibility of the hay (Beck *et al.*, 2009). The limitations in nutrimental quality that were evident in T90d, compared with alfalfa and ryegrass, can be attributed to the differences in cell wall chemistry (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2002). Cereals, such as wheat in its mature stage, contain rigid secondary cell walls that are resistant to microbial degradation, while grasses, such as ryegrass, and legumes, such as alfalfa, contain a higher proportion of structural carbohydrates that are more digestible. However, these grain-producing forages in their juvenile stage are also of excellent nutrimental quality (Rao *et al.*, 2000; Weinberg *et al.*, 2009), as has been shown in ruminants.

CONCLUSIONS

Digestion of wheat hay harvested 45 d after sowing by steers was similar to that of alfalfa and ryegrass. Therefore, digestion of wheat hay harvested before emergence of floral primordia is similar to that of conventional forages such as alfalfa and ryegrass.

—End of the English version—



- Bowman, J. G., C. W. Hunt, M. S. Paterson, and J. A. Paterson. 1991. Effects of grass maturity and legume substitution on large particle size reduction and small particle flow from the rumen of cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 369-378.
- Bourquin, L. D., and G. C. Fahey. 1994. Ruminal digestion and glycosyl linkage patterns of cell wall components from leaf and stem fractions of alfalfa, orchard grass, and wheat straw. *J. Anim. Sci.* 72: 1362-1373.

- Cervantes, R. M., E. C. Álvarez, O. N. Torrentera, G. D. Mendoza, S. S. Espinoza, F. A. Velderrain, y S. González M. 2000. Época de corte y composición nutricional, sitio y grado de digestión de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en novillos. *Agrociencia* 34: 413-422.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. S. Weyers, K. F. Harrison, Z. B. Johnson, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg, and D. S. Hubbell, III. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern Arkansas. *J. Dairy Sci.* 83: 2499-2511.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. V. Skinner, D. W. Kellogg, and J. B. Humphry. 2002. Comparisons of *in situ* dry matter disappearance kinetics of wheat forages harvested by various techniques and evaluated in confined and grazing steers. *J. Dairy Sci.* 85: 854-865.
- Hess, H. D., L. M. Monsalve, C. E. Lascano, J. E. Carulla, T. E. Díaz, and M. Kreuzer. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on *in vitro* ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Aust. J. Agric. Res.* 54: 703-717.
- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64: 587-603.
- Hill, J., and J. D. Leaver. 1999. Energy and protein supplementation of lactating dairy cows offered urea treated whole-crop wheat as the sole forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82: 177-193.
- Horn, G. W., P. A. Beck, J. G. Andrae, and S. I. Paisley. 2005. Designing supplements for stocker cattle grazing wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 83: E69-78E
- Huhtanen, P., and H. Khalili. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. *Animal Feed Sci. Technol.* 33: 275-287.
- INEGI, 1993. Cuaderno estadístico del municipio de Mexicali, Baja California. 121 p.
- López-Soto, M. A., E. Arellano-González, A. Barreras-Serrano, V. M. González-Vizcarra, D. May-García, A. Plascencia-Jorquera, y R. A. Zinn. 2006. Influencia de una enzima fibrolítica y el proceso de maceración en un forraje de baja calidad sobre la digestión y función ruminal en vacas Holstein secas. *Vet. Mex.* 37: 275-289.
- Mertens, D. R., and L. O. Ely. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *J. Anim. Sci.* 49: 1085-1095.
- Owens, D., M. McGee, T. Boland, and P. O'Kiely. 2009. Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. *J. Anim. Sci.* 87: 658-668.
- Phillips, W. A., G. W. Horn, and M. E. Smith. 1995. Effect of protein supplementation on forage intake and nitrogen balance of lambs fed freshly harvested wheat forage. *J. Anim. Sci.* 73: 2687-2693.
- Pinos-Rodríguez, J. M., S. S. González, G. D. Mendoza, R. Bárcena, M. A. Cobos, A. Hernández, and M. E. Ortega. 2002. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. *J. Anim. Sci.* 80: 3016-3020.
- Plascencia, A., and R. A. Zinn. 1996. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. *J. Anim. Sci.* 74: 310-316.
- Rao, S. C., S. W. Coleman, and J. D. Volesky. 2000. Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the southern plains. *Crop Sci.* 40: 1308-1312.
- SAGARPA, SIAP. 2007. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación; servicio de información agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> (Consultado: enero, 2009).
- SAS. 2006. for Mixed Models, Second edition. SAS Institute, Cary, NC. USA. 814 p.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Weinberg, Z. G., Y. Chen, and R. Solomon. 2009. The quality of commercial wheat silages in Israel. *J. Dairy Sci.* 92: 638-644.
- Zinn, R. A., C.P. Bull, R. W. Hemken, F. S. Button, C. Enlow, and R. W. Tucker. 1980. Apparatus for measuring and subsampling digesta in ruminants equipped with reentrant intestinal cannulas. *J. Anim. Sci.* 51: 193-201.
- Zinn, R. A., and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66: 157-166.