

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

Enrique G. Álvarez-Almora, Mario A. Mejía-Delgadillo, Mario A. Mejía-Delgadillo, Alejandro Plascencia-Jorquera, Luis F. Escoboza-García, Juan Rodríguez-García¹ y Juan M. Pinos-Rodríguez². 2012. Engormix.com.

1.-Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California

2.-Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Henos](#)

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 4X4. 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}) ($p \leq 0.05$) 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 ($p \leq 0.05$) en los novillos alimentados con T90d. También la menor ($p \leq 0.05$) 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 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 henificación 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 4X4 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 sem-

brado (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 piló rico). Los novillos permanecieron en corraletas de 7.6 m² con bebederos automáticos y comederos individuales (60X40 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 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. E, México) con aire forzado a 105 °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 °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 °C hasta su análisis. Las muestras se descongelaron y centrifugaron 10 min a 9000 x 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 X 0.32 de diámetro interior X 0.25 µm 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 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 4X4. 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 % FDNI (Phillips et al., 1995; Adogla–Bessa et al., 1999; Hill y Leaver, 1999).

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.

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).

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. * ^{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.

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 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 (Coblenz 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.

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.

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. Ruminant, 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.

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

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.

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 henos 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 nutricional 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 nutricional (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.
- 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. Canilla, T. E. Diaz, 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 stacker 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. Barcena, 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 sub-sampling 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.

Volver a: [Henos](#)