

USO DE ASERRÍN DE PINO (*Pinnus patula*) COMO FUENTE DE FIBRA EN DIETAS PARA BORREGOS EN CEBO

[USE OF PINE SAWDUST (*Pinnus patula*) AS A FIBER SOURCE IN LAMB FINISHING RATIONS]

¹C. E. Guerra-Medina*, ²M. A. Cobos-Peralta, ³O. D. Montañez-Valdez, ⁴M. Pérez-Sato

¹División de Desarrollo Regional, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro. Jalisco, México. E-mail: enriqueg74@hotmail.com ; ²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillos, México, E-mail: cobos@colpos.mx; ³Departamento de Desarrollo Regional. Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara. Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande. Jalisco, México, E-mail: oziel.montanez@cusur.udg.mx; ⁴Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica. Plantel de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México, E-mail: marcosps@colpos.mx
*Corresponding author

RESUMEN

En raciones para ovinos de cebo, se incluye 5 a 40% de fuentes fibrosas que pueden ser pajas de cereales, se han utilizado fuentes alternas como aserrín de encino (*Quercus ilex*) o de pino (*Pinnus patula*), sin embargo no se ha dado seguimiento. Con la finalidad de utilizar una fuente alterna de fibra en dietas para borregos en cebo, se evaluaron dos tratamientos durante cuatro periodos de 14 días cada uno. Los tratamientos fueron una dieta con 30% de aserrín de pino (DA) y una dieta con 30% de rastrojo de maíz (RM). Las variables evaluadas fueron ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS), pH ruminal, concentración de ácidos grasos volátiles y concentración de nitrógeno amoniacal. Se utilizó un diseño completamente al azar y los datos se analizaron mediante el procedimiento de mediciones repetidas. La GDP promedio (246.07 g d⁻¹), la concentración de ácido propiónico (27.3 mol/100 mol) y el pH ruminal promedio (6.28) fue mayor (p<0.05) en los borregos del tratamiento DA, mientras que la concentración promedio de nitrógeno amoniacal fue mayor (p<0.05) en el tratamiento RM (33.6 mM) y no hubo diferencias en CMS (p>0.05) entre tratamientos. Los resultados indican la posibilidad de utilizar hasta 30% de aserrín de pino como fuente de fibra en dietas para borregos en cebo.

Palabras clave: Sustitutos de fibra; ganancia de peso; fermentación ruminal

SUMMARY

Rations for sheep include 5 to 40% of fibrous sources that can be used as cereal straws, alternate sources of oak (*Quercus ilex*) or pine (*Pinnus patula*) sawdust have been used; however its effectiveness has not been researched in depth. With the objective of using an alternative source of fiber in diets for sheep in feedlots, two treatments were assessed for four periods of 14 days each. There were two treatments, one with 30% pine sawdust (SD) and another with 30% corn straw (CS). The variables evaluated were average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI), ruminal pH, concentration of volatile fatty acids, and concentration of ammonia. A Completely Randomized Design was used and the data were analyzed using the procedure of repeated measurements. The ADG (246.07 g d⁻¹), concentration of propionic acid (27.3 mol/100 mol), and the average ruminal pH (6.28) was higher (p<0.05) in the SD treatment, while the average concentration ammonia was higher (p<0.05) in the CS treatment (33.6 mM). There no were differences in DMI (p>0.05) between treatments. The results indicate the possibility of using until 30% of pine sawdust as a source of fiber in diets for sheep in feedlots.

Key words: Fiber substitute; average gain; ruminal fermentation

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción para carne de ovino en corral, los forrajes pueden constituir de 5 a 40% del total de la dieta, en este caso los forrajes se incluyen poniendo atención en la fibra necesaria para mantener las funciones del rumen y evitar trastornos del tubo digestivo, Mertens (1997). Sin embargo en México, el aumento de estos sistemas, ha ocasionado que el abasto de subproductos agrícolas como el rastrojo de maíz, paja de avena, de trigo y de cebada sea insuficiente, ocasionando un incremento considerable en su costo; además, estos no están disponibles durante todo el año, escaseando considerablemente en época de lluvias.

En la década de 1960 y 1970 se realizaron diversas investigaciones con la finalidad de incluir fuentes alternas de fibra en dietas para rumiantes, algunas fueron vainas de arroz, White y Reynolds (1969); papel, Hansen *et al.* (1969); periódico, Daniels *et al.* (1970); aserrín de encino (*Quercus ilex*), El-Sabban *et al.* (1972) o de pino (*Pinus patula*), Slyter y Kamstra (1974), concluyendo que al incluir hasta 15% de aserrín de pino en la dieta de bovinos el consumo de alimento no disminuyó; sin embargo con niveles mayores se reducía el consumo y la eficiencia productiva en los animales.

En México, se procesan anualmente más de ocho millones de metros cúbicos de madera, de la cual 70% se destina a la industria del aserradero. El principal producto de desecho de esta industria es el aserrín, con una producción anual de 2, 800, 000 m³, SEMARNAP (2000). Aunque dicho subproducto tiene ciertas aplicaciones como la producción de tabique, combustible, cama para corrales, producción de papel, actualmente no existen alternativas para su uso masivo. En un estudio Mateo-Sánchez *et al.* (2002) aislaron un cultivo de bacterias ruminales capaces de degradar aserrín de pino, lo cual sugiere que además de aportar la fibra necesaria a la dieta, también puede ser utilizado como fuente de energía si es que existen las condiciones ruminales adecuadas para la actividad de bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas.

A pesar de que en la actualidad la utilización de aserrín puede tener gran impacto en la alimentación de rumiantes para producción de carne debido al alto costo de fuentes comunes de fibra, no se ha dado continuidad a estos estudios. La presente investigación tuvo como objetivo utilizar aserrín de pino (*Pinus patula*) en dietas para ovinos en cebo como fuente alterna de fibra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y dietas experimentales

Para realizar el estudio se utilizaron 10 borregos machos criollos, enteros con peso vivo promedio de 24.0 ± 2.0 kg, alojados en jaulas individuales de 2.15 x 1.05 m con comedero y bebedero individual. Previo al periodo experimental los animales fueron tratados contra parásitos internos y externos, aplicando 10 mg de ivermectina por vía subcutánea y 0.5 ml de un complejo vitamínico por vía intramuscular (cada ml contiene vitamina A 300, 000 UI, vitamina D 45, 000 UI, vitamina E 150 mg). Los borregos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos evaluados que fueron: T1 = dieta con 30% de aserrín de pino (*Pinus patula*) (DA) y T2 = dieta con 30% de rastrojo de maíz (RM), con cinco borregos por tratamiento. La alimentación fue *ad libitum* y se proporcionó en dos partes iguales a las 8:00 h y 16:00 h durante toda la fase experimental. Para que los animales fueran considerados alimentados *ad libitum*, se asignó 15% más de alimento en un periodo de 24 h. La duración del experimento fue de 66 días divididos en un periodo de adaptación a las dietas experimentales de 10 días y posteriormente se realizó la toma de datos cada 14 días por cuatro periodos.

Las dietas se formularon con el programa computacional Used Feed Formulation Done Again (UFFDA), Pesti y Miller (1993), para ovinos machos enteros con un peso promedio inicial de 20-25 kg y una ganancia diaria de peso esperada de 200 g, de acuerdo con los requerimientos nutritivos del NRC de ovinos, NRC (2007). El heno de alfalfa y el rastrojo de maíz se molieron utilizando un molino de martillos con criba de 10 mm, el grano de maíz con criba de 3mm; la pasta de soya y el aserrín se utilizaron tal cual.

Tabla 1. Composición de la dieta experimental (g/kg MS) ofertada a ovinos en engorda.

Ingrediente	DA	RM
Maíz molido	420.0	450.0
Pasta de soya	150.0	120.0
Heno de alfalfa	100.0	100.0
Aserrín de pino	300.0	0.0
Rastrojo de maíz	0.0	300.0
Mezcla mineral ^a	20.0	20.0
Urea	10.0	10.0
Total	1000.0	1000.0

^aCalcio, 130 g; Fósforo, 50 g; Sodio, 109 g; Cloro, 200 g; Hierro, 4.30 g; Magnesio, 3.33 g; Manganeso, 200 mg; Cobre, 80 mg; Cobalto, 66.60 mg; Yodo, 4.0 mg; Zinc, 8.0 mg kg⁻¹

Ganancia diaria de peso, consumo voluntario, eficiencia alimenticia

Para evaluar la GDP, se pesó a cada uno de los borregos por la mañana, antes de ofrecer el alimento con una báscula marca Torrey®, al inicio, a los 10 días y posteriormente cada 14 días por cuatro periodos. La GDP se obtuvo por la diferencia de peso entre el número de días transcurridos entre las dos pesadas. El CMS se estimó de manera individual, por la diferencia de peso entre el alimento ofrecido y rechazado 24 horas después, el promedio se obtuvo de los cinco animales por tratamiento. La eficiencia alimenticia se obtuvo mediante la ecuación GDP/CMS de forma individual en cada periodo por tratamiento.

pH ruminal, ácidos grasos volátiles, N amoniacal

Para determinar el pH ruminal, se obtuvieron 200 ml de líquido de la parte media ventral del rumen, por medio de una sonda esofágica, cuatro horas después de ofrecer el alimento a cada uno de los animales por tratamiento. El líquido obtenido se filtró con tela de manta para evitar el paso excesivo de partículas de alimento. La lectura de pH se hizo con un potenciómetro portátil marca ORION®. Del líquido ruminal obtenido para medir pH se tomaron 2.0 ml, se depositaron en viales de plástico y se centrifugaron a 14000 x g por 10 minutos. Del sobrenadante se tomaron 1.5 ml y se depositaron en viales de 2.0 ml que contenían 0.35 ml de ácido metafosfórico al 25%. La determinación de AGV fue de acuerdo a Erwin *et al.* (1961), se hizo en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer®, Modelo Claurus 500 con columna capilar Elite FFAP. El gas acarreador utilizado fue hidrógeno con flujo 5.5 ml por minuto. Se inyectó 1 µl de muestra, con temperatura de inyector y detector de 250 °C por minuto hasta una temperatura final de 140 °C, dando un tiempo de corrida de 8 minutos, Kung y Hession (1995). Para la determinación de nitrógeno amoniacal se tomaron 50 ml del líquido ruminal extraído en cada periodo, se centrifugó a 10 000 x g por 15 minutos; del sobrenadante se depositaron 4.0 ml más 1.0 ml de ácido metafosfórico al 25% en viales de plástico de 10.0 ml. De esta solución se depositaron 1.0 ml en un tubo de vidrio de 13 x 100 mm que contenía 7.5 ml de fenol y 7.5 ml de hipoclorito de sodio, se agitó en un vórtex y se incubó a 37 °C por 30 minutos. Después se tomó la lectura de absorbancia en un espectrofotómetro marca Perkin Elmer® a una longitud de onda de 630 nm, McCullough (1967).

Análisis químicos

Las muestras de alimento fueron secadas a 60 °C por 48 h en una estufa de secado y posteriormente molidas a través de un molino con criba de 1 mm para sus posteriores análisis químicos. A las dietas experimentales se determinó materia seca, cenizas,

nitrógeno proteínico por el método de microkjeldahl, AOAC (1985), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), Van-Soest *et al.* (1991).

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar, utilizando cinco repeticiones por tratamiento. Se emplearon estadísticas descriptivas con la media y el error estándar. El análisis se hizo mediante el procedimiento de mediciones repetidas, SAS (2001); analizando las variables CMS, GDP, eficiencia alimenticia, concentración de AGV, pH ruminal y N amoniacal.

RESULTADOS

Composición química de las dietas

Los resultados obtenidos en el análisis químico proximal de las dietas experimentales se muestran en la Tabla 2. El contenido de proteína cruda (%N x 6.25) fue similar en ambos tratamientos, 16.61% y 16.13% para DA y RM respectivamente., mientras que las fracciones de FDN y FDA mostraron valores diferentes entre ambas dietas por la fuente de fibra utilizada. La DA tuvo 40.78% y 32.53% para cada fracción y la dieta RM fue de 32.26% y 25.91% de manera respectiva.

Tabla 2. Composición química de las dietas experimentales (% BS¹).

	DA	RM
Materia seca	86.74	89.12
Proteína cruda (%N * 6.25)	16.61	16.13
Extracto etéreo	1.41	1.76
FDN	40.78	32.26
FDA	32.53	25.91
Cenizas	5.48	7.36

¹: Base seca

Ganancia diaria de peso, consumo voluntario, eficiencia alimenticia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la GDP fue mayor (P<0.05) en los borregos que consumieron la DA, teniendo una diferencia promedio de + 42.86 g animal⁻¹ día⁻¹ con respecto al tratamiento RM y superior a los 200 g previstos en la formulación. El CMS fue similar entre tratamientos (P>0.05), indicando que al incluir hasta 30% de aserrín de pino (*Pinus patula*) en la ración de ovinos en engorda no disminuye el CMS. La diferencia en GDP se atribuye a la mejor eficiencia alimenticia que tuvieron los

borregos del tratamiento DA ($P < 0.05$), indicando que hubo mejor utilización del alimento consumido para GDP como lo muestra la Tabla 3.

pH ruminal, ácidos grasos volátiles, N amoniacal

Los resultados obtenidos muestran que el pH del líquido ruminal fue mayor en los borregos que consumieron la DA ($P < 0.05$). Con respecto a la proporción molar de ácidos grasos volátiles, no hubo diferencias en la proporción de ácido acético ($P > 0.05$), ni en la de ácido butírico ($P > 0.05$), pero si se encontró una mayor proporción de ácido propiónico en los borregos que consumieron la DA ($P < 0.05$). La concentración promedio de nitrógeno amoniacal fue mayor ($P < 0.05$) en los borregos que consumieron RM sugiriendo que hubo mayor degradación ruminal de la proteína proveniente del alimento (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Composición química de las dietas

De acuerdo con los resultados obtenidos, la dieta con 30% de aserrín tuvo 8.52% más FDN que la dieta con rastrojo de maíz, lo anterior se debe a que el aserrín de pino (*Pinnus patula*) tiene mayor contenido de esta fracción. Mateo-Sánchez *et al.* (2002) indican que el aserrín de pino (*Pinnus patula*) tiene 94% MS, 0.62% PC ($N \times 6.25$), 0.35% cenizas y los resultados son similares a lo reportado por Schultz y Taylor (1990). McClure y Lipinsky (1981) mencionan que la fracción fibrosa de *Pinnus patula* está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, ésta última puede representar de 27 a 30%, en el resto se encuentran sustancias como olerosina, que está compuesta por resinas, y algo muy importante de mencionar es que *Pinnus patula* no contiene taninos. Esto confirma que el aserrín de *Pinnus patula* es una fuente exclusiva de carbohidratos estructurales, con un aporte casi nulo de proteínas o minerales, pero que puede ser una fuente importante de fibra en dietas integrales para borregos en cebo y cumplir las funciones de la fibra en este tipo de dietas, como estimular la función ruminal. Los valores de FDN observados en ambas dietas están dentro de los valores adecuados para mantener las funciones del rumen, Mertens (1997), dado que no se observaron problemas de diarrea en los animales.

Ganancia diaria de peso, consumo voluntario y eficiencia alimenticia

La inclusión de 30% de aserrín de pino a la dieta de borregos en engorda, mejoró la GDP ($P < 0.05$) en 42.86 g animal⁻¹ día⁻¹, estos resultados difieren con lo reportado por diversos autores, Sánchez (1976); El-Sabban *et al.* (1972); Slyter y Kamstra (1974), quienes mencionan que el aserrín de pino disminuye la ganancia de peso de rumiantes por su alto contenido de

FDN y FDA. Con relación a la dieta con 30% de rastrojo de maíz, se han realizado estudios similares donde la GDP de borregos fue de 211.55 g, Mora (2001).

El CMS no se afectó ($P > 0.05$) por la inclusión de 30% de aserrín de pino. Los resultados obtenidos difieren de lo indicado por El-Sabban *et al.* (1972); Slyter y Kamstra (1974), quienes concluyen que 10.0 a 15.0% de aserrín en la dieta no afecta el CMS de los animales; sin embargo si se incluyen niveles superiores, puede disminuir la respuesta de esa variable. Fahey y Berger (1998) mencionan que una alta concentración de FDA en forrajes se asocia con una baja digestibilidad ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se relaciona con un menor consumo de alimento; sin embargo aunque la FDN de la DA fue mayor que la dieta RM el consumo voluntario de alimento no se vio afectado. Estos resultados sugieren que puede incluirse 30% de aserrín de pino en dietas para borregos en cebo sin afectar el CMS. De acuerdo con los resultados obtenidos el CMS no fue un factor que influyera sobre la mayor GDP observada en los borregos que consumieron la dieta con aserrín de pino. Sin embargo al comparar la eficiencia alimenticia entre tratamientos, los borregos que consumieron la DA tuvieron mejor eficiencia ($P < 0.05$), indicando que el aprovechamiento del alimento consumido fue mejor, teniendo una mejor respuesta en la GDP con un consumo de materia seca similar. Esta mejor eficiencia puede explicarse por la respuesta observada en la dinámica ruminal que se discute en seguida.

pH ruminal, ácidos grasos volátiles, N amoniacal

De acuerdo con los análisis de la dinámica ruminal, los borregos que consumieron la DA mantuvieron el pH ruminal superior a 6.2 cuatro horas después de ofrecer el alimento ($P < 0.05$), este comportamiento es muy importante para mantener el funcionamiento adecuado en la dinámica ruminal y la actividad de los microorganismos ruminales, al respecto Ørscov (1989) menciona que valores de pH ruminal inferiores a 6.2 pueden afectar el crecimiento y actividad de algunas bacterias, principalmente por la disminución en la disponibilidad de bicarbonato, además pueden presentarse problemas metabólicos como diarreas en los animales. La mejor respuesta en el pH, favoreció la dinámica ruminal observando mayor proporción de ácido propiónico ($P < 0.05$) en los borregos que consumieron la DA y no se afectó la proporción de ácido acético y butírico ($P > 0.05$). De acuerdo con esto, en rumiantes para producción de carne una menor proporción de ácido acético y mayor de ácido propiónico, está relacionada generalmente con una mayor eficiencia de utilización de la energía y por tanto mejor respuesta en GDP, Goodrich *et al.* (1984); Weimer (1998).

Lo anterior puede explicarse debido a que en rumen una mayor proporción de ácido propiónico está relacionada con la mayor actividad de bacterias amilolíticas como *Bacteroides amylophilus*, *Streptococcus bovis* y *Bacteroides ruminicola*, que fermentan glucosa para su crecimiento, Church (1993) y *Selenomonas ruminantium* que transforma succinato a propionato, Russell y Jeraci (1984). Este tipo de bacterias predominan en el rumen cuando el animal consume dietas ricas en almidón y reducen su crecimiento cuando se agota este sustrato, lo cual ocurre en las primeras cuatro a seis horas después de la ingestión del alimento, Church (1993), por eso en este estudio la toma de muestras para analizar la dinámica ruminal fue cuatro horas después de ofrecer el alimento por la mañana.

Streptococcus bovis es una bacteria que prolifera en el rumen cuando la dieta es rica en carbohidratos de fácil fermentación, en este caso la DA contenía como única fuente de almidón el grano de maíz. Los productos del metabolismo de esta bacteria son ácido propiónico y lactato en menor proporción, que puede causar ligera disminución en el pH ruminal, que se observó en el pH ruminal de los borregos que consumieron la DA, pero no fue inferior a 6.2; si el pH disminuye a valores inferiores a 6.0 se desarrollan bacterias homofermentativas (productoras de ácido láctico), la proliferación de estas bacterias en las que se encuentra

Lactobacillus sp. ocurre cuando el pH ruminal disminuye a valores de 5.0 a 5.5, Slyter (1976) y se presenta la acidosis ruminal que afecta la dinámica ruminal y la respuesta productiva de los animales, Owens *et al.* (1998). Otro factor que pudo influir en la mayor GDP de los borregos que consumieron la DA es la concentración de N-NH₃ observada en rumen.

Church y Pond (1992) mencionan que las fuentes de nitrógeno en rumen proceden de la degradación de la proteína de la dieta y el NNP que pueden ser utilizadas por los microorganismos para la síntesis de proteína microbiana. Los resultados obtenidos indican que hubo mayor degradación de la proteína proveniente del alimento en los borregos que consumieron la dieta RM, al respecto Forbes y France (1993) mencionan que la cantidad de N amoniacal en fluido ruminal indica el grado de degradación de la proteína a nivel ruminal proveniente del alimento, sugiriendo que hay menor cantidad de proteína que escapa a la degradación ruminal y que pudiera ser absorbida a nivel intestinal, de acuerdo con esto los borregos que consumieron la DA tuvieron mayor proteína disponible a nivel intestinal. Nolan (1993) menciona que la concentración óptima de nitrógeno amoniacal en rumen va de 25 a 90 mM por lo que los valores obtenidos con ambos tratamientos se encuentran en ese intervalo.

Tabla 3. Efecto de la inclusión de aserrín de pino en dietas para borregos en engorda sobre variables productivas y fermentación ruminal

	Dieta		
	DA	RM	EEM
Ganancia diaria de peso (g animal ⁻¹ d ⁻¹).	246.07 ^a	203.21 ^b	19.58
Consumo de materia seca (g animal ⁻¹ d ⁻¹).	1642.10	1683.30	175.20
Eficiencia alimenticia (GDP/CMS)	0.137 ^a	0.120 ^b	0.004
pH ruminal	6.28 ^a	6.19 ^b	0.06
N-NH ₃ (mM)	32.3 ^b	33.6 ^a	0.46
AGVs	mol/100 mol		
Acético	62.8	65.3	3.23
Propiónico	27.3 ^a	22.8 ^b	1.1
Butírico	9.9	11.9	0.52

^{a, b} = medias con literales diferentes en una hilera, son diferentes (p<0.05).

EEM = error estándar de la media

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, la inclusión de 30% de aserrín de pino (*Pinus patula*) en la dieta de borregos en cebo, en sustitución de rastrojo de maíz como fuente de fibra, mejoró la ganancia diaria de peso y se tuvo una respuesta similar en consumo voluntario de alimento,

por lo que se observó mejor eficiencia alimenticia. También el pH ruminal fue mayor, mostrando mejor respuesta en la cinética ruminal por una mayor proporción de ácido propiónico, resultados similares en la proporción de ácido acético y butírico, además de una menor concentración ruminal de nitrógeno amoniacal, indicando menor degradación ruminal de la proteína. Por lo anterior, el aserrín de pino puede

incluirse en 30% de la ración de borregos en cebo, como sustituto de rastrojo de maíz, teniendo resultados favorables en la respuesta productiva y cinética ruminal.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a C. E. Guerra Medina para la realización de sus estudios de doctorado en Ganadería en el Colegio de Postgraduados.

REFERENCIAS

- AOAC. 1985. Official Methods of Analysis (14th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Church, D. C. 1993. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Church, D. C., Pond, W. G. 1992. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México.
- Daniels, L. B., Campbell, J. R., Martz, F. R., Hedrick, H. B. 1970. An evaluation of newspaper as feed for ruminants. *Journal of Animal Science*. 30: 593-597.
- El-Sabban, F. F., Long, T. A., Baumgardt, B. R. 1972. Utilization of oak sawdust as a roughage substitute in beef cattle finishing rations. *Journal of Animal Science*. 32:749-755.
- Erwin, E. S., Marco, G. M., Emery E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*. 44:1768-1771.
- Fahey, G. C., Berger, L. L. 1998. Carbohydrate nutrition in ruminants. In: *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Church, D. C. (ed.) Prentice Hall, N. J. pp: 269-297.
- Forbes, J. M., France, J. 1993. *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International, UK. pp 123-130.
- Goodrich, R. D., Garret, J. E., Gast, D. R., Larson, D. A. 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*. 58:1484-1498.
- Hansen, K. R., Furr, R. D., Sherrod, L. B. 1969. A comparison of roughage sources in feedlot rations. *Journal of Animal Science*. 28: 136-138.
- Kung, L., Hession, O. 1995. Preventing in vitro lactate accumulation in ruminal fermentation by inoculation with *Megasphaera elsdenii*. *Journal of Animal Science*. 73:250-256.
- Mateo-Sánchez, J. M., Cobos-Peralta, M. A., Trinidad, S. V., Cetina, A., Vargas, H. J. 2002. Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín. *Agrociencia*. 36:523-529.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chemists*. 17:297-304.
- McClure, T. A., Lipinsky, M. 1981. *CRC Handbook of biosolar resources*. CRC. Press. Florida, USA.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80:1463-1481.
- Mora, J. G. 2001. Respuesta productiva y fermentación ruminal en borregos alimentados con grano de sorgo tratado con amilasas. Tesis de maestría. Especialidad de Ganadería. Colegio de Postgraduados. México. 43 p.
- Nolan, J. V. 1993. Nitrogen kinetics. In: Forbes, J. M., France, J. (Ed). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International, UK. pp 140-163.
- NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants*. (7th Ed.). National Academy Press. Washington. DC, USA.
- Ørscov, E. R. 1989. La fermentación en el rumen. In: *XXII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Montecillo, México. pp 37-64.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J, Gill, D. R. 1998. Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*. 76: 275-286.
- Pesti, G. M., Miller, B. R. 1993. *Animal feed formulation, economics and computer applications*. AVI Book, Van Nonstrand Reinhold. Georgia, USA.
- Rusell, J. B., Jeraci, J. 1984. Effect on carbon monoxide on fermentation of fiber, starch and aminoacids by mixed rumen microorganisms

- in vitro*. Applied Environment Microbiology. 48:211-217.
- Sánchez, J. E. 1976. Utilización del aserrín de pino (*Pinus ponderosa*) como sustituto de rastrojo de maíz en raciones para ganado de engorda. Técnica Pecuaria en México. 31:79-84.
- SAS. 2001. Institute Inc., SAS/STAT. Software, VER. 8.00, Cary, NC27512-8000. USA.
- Schultz, T. P., Taylor F. W. 1990. In: Biomass Handbook. Gordon and Breach Science Publishers. NY. pp 154-192.
- SEMARNAP. 2000. Guía forestal. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México.
- Slyter, A. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. Journal of Animal Science. 43:910-928.
- Slyter, A. L., Kamstra, L. D. 1974. Utilization of pine sawdust as a roughage substitute in beef finishing rations. Journal of Animal Science. 38:693-696.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 74:3583-3597.
- Weimer, P. J. 1998. Manipulating ruminal fermentation: A microbiological ecological perspective. Journal of Animal Science. 76:3114-3122.
- White, T. W., Reynolds, W. L. 1969. Various sources and levels of roughage in steer rations. Journal of Animal Science. 29: 1001-1005.

Submitted July 9, 2009 – Accepted December 7, 2009
Revised received January 19, 2010