

EFFECTOS DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIPO DE AMONIFICACIÓN-CONSERVACIÓN SOBRE LA DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO DEL RASTROJO DE MAÍZ EN OVINOS

EFFECTS OF PARTICLE SIZE AND TYPE OF AMMONIATION-PRESERVATION ON THE DIGESTIBILITY AND INTAKE OF CORN CROP RESIDUES IN SHEEP

Ronald Jiménez A.^{1,2}, Felipe San Martín H.³, Héctor Huamán U.³, Miguel Ara G.⁴,
Teresa Arbaiza F.³, Amparo Huamán C.¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto del tamaño de partícula (TP) y tipo de amonificación-conservación (AC) sobre la digestibilidad y consumo de rastrojos de maíz en ovinos. Se usó cuatro ovinos criollos en un arreglo factorial 4 x 4: TP (1, 2, 3 y 4 cm) x AC [no amonificado ni ensilado (SS) y tres tratamientos amonificados con variantes de conservación en silo plástico: aéreo (SA), cubierto con tierra sobre el suelo (SC) y enterrado en poza de compostaje (SE)]. No se encontró efecto de TP, pero los tratamientos con amonificación (SA, SC, SE) obtuvieron mejor digestibilidad y consumo ($p < 0.01$). Además, SA y SE fueron mejores para la digestibilidad de proteína y fibra. Se concluye que la amonificación del rastrojo de maíz picado a un tamaño cercano a los 2 cm y en SA es el más apropiado desde el punto de vista económico, práctico y técnico.

Palabras clave: ovino, tamaño de partícula, rastrojo de maíz, amonificación, digestibilidad, consumo

ABSTRACT

The effect of particle size (PS) and type of ammoniation-preservation (AP) on the digestibility and intake of corn crop residues in sheep was evaluated. Four sheep were used in a 4 x 4 factorial arrangement: PS (1, 2, 3, and 4 cm) and AP [no ammoniated no silage (NA) and three ammoniated treatments with different plastic silage: aerial silage on the soil (AS), silage on the soil covered with ground (SC) and silage interred in a compost pit (SI)]. There was no effect of PS, but ammoniated silage treatments (AS, SC, SI) significantly ($p < 0.01$) improved the digestibility and intake of the corn crop residue. AS and SI performed better in protein and fiber digestibility. It was concluded that the 2 cm-AS combination was considered the most appropriate from an economic, practical and technical viewpoint.

Key words: sheep, particle size, corn crop residues, ammoniated, digestibility, intake

¹ Estación Experimental El Mantaro, Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), ³ Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, ⁴ Laboratorio de Producción Agropecuaria, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima
² E-mail: rjimenez@unmsm.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En diversas regiones se hace imprescindible alimentar a rumiantes con dietas a base de residuos de cosecha (Williams *et al.*, 1997), toda vez que la estacionalidad tiende a generar periodos de baja disponibilidad y calidad de forrajes. Para el caso particular de la Sierra peruana, la estación seca tiende a coincidir con una alta disponibilidad de residuos agrícolas (6 millones TM, aproximadamente) correspondiente mayormente a maíz, cebada y trigo (Ministerio de Agricultura, 1997). En el caso particular del Valle del Mantaro, aproximadamente, el 80% de los residuos de cosecha empleados en la alimentación de rumiantes provienen del maíz (Laforé, 1999).

La mayoría de residuos de cosechas agrícolas, como el rastrojo de maíz, presentan un bajo contenido de proteína (menor a 5%) y un alto contenido de carbohidratos estructurales con un alto componente de lignina (70% de pared celular) (Escobar y Parra, 1980), que hace que estos insumos provean una baja proporción de energía digestible (Flores, 1990) a los herbívoros. Sin embargo, se puede mejorar el aporte de energía a través de procedimientos físicos y químicos, considerando la peculiar fisiología digestiva fermentativa del rumiante (Owen, 1976; Jackson, 1978).

Los ganaderos del Valle del Mantaro reducen el tamaño de la partícula del rastrojo de maíz en los procesos de ensilaje. Este tratamiento físico favorece su consumo (Minson, 1963) y permite mejorar la eficiencia de los tratamientos químicos alcalinizantes, al incrementar la superficie de contacto en el rastrojo (Escobar y Parra, 1980).

Los estudios sobre el uso de urea en rastrojos de cereales, como arroz y trigo, indican mejoras en los niveles de nitrógeno en la dieta de los rumiantes (Fahmy y Orskov, 1984), favoreciendo la síntesis de proteína microbiana y disminuyendo el poder ligante

de la lignina a la hemicelulosa y celulosa dado su efecto alcalino deslignificante (Klopfenstein, 1978), permitiendo un incremento de la digestibilidad (Horton y Steacy, 1979) y consumo (Badurdeen *et al.*, 1994). Sin embargo, los efectos de la amonificación sobre rastrojos de maíz y factores como el tamaño de partícula, temperatura, humedad y tiempo de reacción han sido poco estudiados, por lo que se diseñó el presente estudio a fin de evaluar estas variables sobre los cambios en la digestibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó entre diciembre de 2005 y abril de 2006 en la Estación Experimental El Mantaro, del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), ubicada en el distrito de El Mantaro, Junín, a una altitud de 3320 msnm. La zona tiene una temperatura ambiental diaria promedio que oscila entre 19.9 y -1.8 °C y una precipitación promedio anual de 770 mm.

Tratamientos y Diseño Experimental

Se empleó cuatro ovinos machos criollos de un año de edad para evaluar la digestibilidad *in vivo* y consumo de rastrojo de maíz suministrado en cuatro tamaños de partícula (TP): 1, 2, 3 y 4 cm, en cuatro procedimientos de amonificación-conservación (AC): no ensilado ni amonificado (SS), amonificado en silo plástico y expuesto al medio ambiente (SA); amonificado en silo plástico en el suelo y cubierto con una capa de 5 cm de tierra (SC), y amonificado en silo plástico en una poza de compostaje (lugar donde se eliminan los desechos orgánicos) y cubierto por 20 cm de estiércol de cobayo (SE).

El diseño de campo correspondió al de un arreglo factorial 4 x 4 (TP x AC) con cuatro bloques (ovinos A, B, C y D) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuenciación¹ del diseño experimental

Subperiodo	Ovinos			
1	A	B	C	D
2	D	A	B	C
3	C	D	A	B
4	B	C	D	A

¹ Esta secuencia se repitió para cada tamaño de partícula

La prueba de digestibilidad y consumo fue de siete días por tratamiento, empleándose los cuatro ovinos en periodos secuenciales. Se tuvo periodos de acostumbramiento de 12 días previos al inicio del experimento y de siete días previo a cada periodo.

El rastrojo de maíz fue tratado con urea en solución, en una relación de materia seca/agua/urea de 100/50/5, aplicada mediante aspersión homogénea. Luego se introdujo en sacos plásticos que fueron prensados, sellados y conservados según los tratamientos experimentales correspondientes. Los sacos se abrieron después de 42 días de conservación, tiempo superior a los 28 días recomendados para los climas tropicales (Araujo *et al.*, 2001) y suficientes para completar el proceso de amonificación en climas templados.

Colección y Análisis de Datos

Los ovinos fueron previamente desparasitados y alojados en corrales individuales de 9 m². Cada corral contó con un comedero y un bebedero. Los animales recibieron el rastrojo de maíz según el diseño de campo y agua a discreción. Durante los siete días de evaluación por tratamiento se registró el peso y se tomó una muestra del alimento ofrecido y rechazado.

Cada ovino tuvo una bolsa colectora de heces durante la etapa experimental. Las heces se colectaron dos días después de inicia-

da la colección del alimento rechazado y continuó dos días después de finalizar la colección del alimento rechazado.

El consumo estimado correspondió a la diferencia entre la cantidad total de materia seca ofrecida menos la cantidad de materia seca rechazada durante cada periodo, y expresado en base a consumo diario por ovino. La digestibilidad *in vivo* aparente se determinó a partir de la composición porcentual de nutrientes de alimento ofrecido, rechazado y heces, según la técnica descrita por Lascano *et al.* (1990).

Análisis Estadístico

Se empleó el análisis de varianza para un arreglo factorial (TP x AC) bloqueado por ovino. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron con la prueba de comparación de medias de Duncan. Las variables evaluadas fueron digestibilidad *in vivo* aparente (materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado), consumo y selectividad de estructuras foliares durante el consumo. El análisis se realizó empleando el programa estadístico SAS (SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se hallaron diferencias significativas entre tamaños de partícula del rastrojo de maíz (1 a 4 cm) sobre las variables digestibilidad *in vivo* aparente y selectividad (Cuadro 2). Sobresale una disminución de ambos parámetros cuando el TP es de 3 cm, probablemente atribuido a que el rastrojo empleado para este TP fue de menor calidad que los demás. Por otro lado, en el caso del rastrojo picado a 4 cm, se tiene una alta proporción de tallos unidos a fracciones de vainas y hojas, las cuales pueden ser desprendidos del tallo y consumido por el ovino gracias a la movilidad de sus labios, resultando un consumo mucho más rico en hojas que en el rastrojo picado a 3 cm, que conse-

Cuadro 2. Efecto del tamaño de partícula sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos

	Tamaño de partícula (cm) ¹				CME ²
	1	2	3	4	
Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente (%)					
Materia seca	64.1	66.5	62.2	65.4	27.0
Materia orgánica	66.2	68.5	64.4	67.4	24.4
Proteína cruda	53.2	56.1	51.5	55.3	62.2
Fibra cruda	74.1	75.7	72.6	74.9	18.8
Extracto etéreo	51.3	54.8	46.5	51.1	138.4
Extracto libre de nitrógeno	63.6	66.2	61.7	65.0	29.5
Consumo de materia seca (g/ovino/día)	0.530	0.563	0.510	0.554	0.005
Selectividad de estructuras foliares en alimento ofrecido (%)	69.5	72.9	79.7	80.4	194.6

¹ No se hallaron diferencias significativas

² Cuadrado medio del error

cuentemente favorece el consumo total y digestibilidad.

Tafaj *et al.* (2001) indican que existe un tamaño de partícula que no solo mejora el consumo a causa de favorecer la tasa de pasaje, sino que también puede mejorar la digestibilidad. En el caso de rastrojo de maíz empleado como alimento en ovinos, este tamaño estaría entre 1 y 2 cm, puesto que la digestibilidad tiende a disminuir con partículas menores a 1 cm (Escobar y Parra, 1980) y en partículas mayores a 2 cm (Cuadro 2).

El consumo selectivo describe una tendencia lineal creciente con el aumento del TP. En el Cuadro 3 se observa la reducción de las estructuras foliares del alimento rechazado cuando se incrementa el TP. El costo para reducir el tamaño de partícula en los rastrojos puede ser inversamente proporcional al tamaño si son procesados de forma manual, pero con el uso de maquinaria se puede calibrar la longitud de picado hasta un 1 cm, y sin variación en el costo.

Los resultados indican diferencias significativas ($p < 0.01$) sobre la digestibilidad *in vivo* aparente y consumo a favor de los tratamientos con amonificación con respecto al rastrojo no amonificado (Cuadro 4). Esto confirma que la digestibilidad de la materia seca de rastrojos de maíz puede mejorarse en 10% por efecto de la amonificación (Saenger *et al.*, 1982). Oji *et al.* (1977) señalaron que fue suficiente la aplicación de 3% de amonio respecto a la materia seca durante el proceso de amonificación del rastrojo, valor similar al del presente estudio, considerando que 5% de urea, aplicada en solución, se convierte en, aproximadamente, 2.8% de amonio.

El contenido de proteína cruda en el rastrojo de maíz se vio incrementado en los tres tipos de amonificación-conservación de 5 a 14.4, 12.0 y 13.6% para SA, SC y SE, respectivamente, valores que corresponden con los datos de digestibilidad de proteína cruda (Cuadro 4). Si bien el efecto de la amonificación sobre el rastrojo puede llegar a duplicar su contenido inicial de nitrógeno

Cuadro 3. Variación porcentual de estructuras foliares en rastrojos de maíz ofrecidos (RO) y rechazados (RR) en ovinos, según tipo de amonificación-conservación y tamaño de partícula.

Tamaño de partícula	SS ¹		SA		SC		SE	
	RO	RR	RO	RR	RO	RR	RO	RR
1	55	30	54	39	53	29	46	22
2	53	16	46	17	53	22	53	49
3	43	6	46	12	49	8	44	10
4	44	8	51	13	45	6	48	12

¹ Rastrojo amonificado en silo plástico y SA: expuesto al medio ambiente; SC: en el suelo y cubierto con 5 cm de tierra; SE: en una poza de compostaje y cubierto por 20 cm de estiércol de cobayo; y SS: no ensilado ni amonificado

Cuadro 4. Efecto del tipo de amonificación conservación sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos

	Tipo de amonificación conservación ¹				CME ²
	SS	SA	SC	SE	
Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente (%)					
Materia seca	57.6 ^a	66.8 ^b	65.5 ^b	68.2 ^b	27.0
Materia orgánica	59.2 ^a	68.6 ^b	68.2 ^b	70.4 ^b	24.4
Proteína cruda	21.8 ^a	67.3 ^b	60.4 ^c	66.5 ^b	62.2
Fibra cruda	66.6 ^a	75.7 ^b	73.9 ^b	81.1 ^c	18.8
Extracto etéreo	61.3 ^a	43.3 ^b	62.1 ^a	37.0 ^b	138.4
Extracto libre de nitrógeno	58.5 ^a	64.9 ^b	67.0 ^b	66.2 ^b	29.5
Consumo de materia seca (g/ovino/día)	443.8 ^a	539.0 ^b	594.7 ^b	580.3 ^b	0.005
Selectividad de estructuras foliares en alimento ofrecido (%)	83.0 ^a	71.5 ^b	76.2 ^{ab}	71.6 ^b	194.6

¹ Rastrojo amonificado en silo plástico y SA: expuesto al medio ambiente; SC: en el suelo y cubierto con 5 cm de tierra; SE: en una poza de compostaje y cubierto por 20 cm de estiércol de cobayo; y SS: no ensilado ni amonificado

² Cuadrado medio del error

^{a,b,c} Valores con superíndices diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

(Garret *et al.*, 1974; Oji *et al.*, 1979) o superar este nivel como en el presente estudio, la exposición a una mayor temperatura pudo haber contribuido a diluir la proteína del rastrojo y mejorar la digestibilidad para este

nutriente, pues los silos SA y SE estuvieron expuestos al calor diurno y calor de la poza de compostaje, respectivamente; en cambio, el silo SC mantuvo un aislamiento térmico debido a la capa de tierra.

La amonificación indudablemente ejerce otro de sus principales efectos sobre la fibra, al solubilizar la hemicelulosa y con ello mejorar la digestibilidad de la pared celular (Solaiman *et al.*, 1979). Oji *et al.* (1979) reportaron este efecto en rastrojos de maíz, y se corrobora en el presente estudio, dado que se observó mayores niveles de digestibilidad de fibra en los rastrojos de maíz amonificados (Cuadro 4). No obstante, cabe señalar que nuevamente el factor temperatura mejoró ligeramente los efectos de digestibilidad en el tipo de amonificación-conservación SA, y en mayor grado para SE. La explicación parece estar atribuida a que para SE, la temperatura es elevada y casi constante, mientras que para SA cambia la temperatura entre el día y la noche, y SC tendría un entorno de baja temperatura y constante.

Por el contrario, los efectos de la amonificación del rastrojo de maíz sobre la digestibilidad de lípidos fueron negativos, posiblemente debido a que la temperatura diluye y sedimenta los lípidos del rastrojo; sin embargo, dado su bajo contenido de lípidos, no se estaría afectando de modo significativo el valor nutritivo del rastrojo amonificado.

La digestibilidad de los carbohidratos solubles contenidos en rastrojo de maíz y estimado a través del extracto libre de nitrógeno, también tuvo mejoras por efecto de la amonificación, e incrementó la disponibilidad de carbohidratos para la fermentación ruminal. Asimismo, la amonificación de rastrojos de maíz mejoró el nivel de consumo entre 23 a 34% (Cuadro 4), siendo superior al 15% señalado por Escobar y Parra (1980) para otros rastrojos en ovinos. Los mayores niveles de consumo podrían estar favorecidos por la digestibilidad de carbohidratos, así como por la mayor aceptabilidad del rastrojo, que parece mejorarse cuando el silo posee una cobertura (SC, SE), a diferencia del silo expuesto al ambiente que incorpora en su contenido el olor del plástico.

La interacción de los efectos del tamaño de partícula y del tipo de amonificación-conservación sobre los parámetros de digestibilidad y consumo no fue significativa para los tratamientos evaluados; sin embargo, los cambios en la longitud de partícula del rastrojo de maíz permitieron un mejor proceso de amonificación.

CONCLUSIONES

- La amonificación mejora significativamente la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz en ovinos.
- El procesamiento que combina la amonificación con un tamaño de partícula próximo a los 2 cm y en un silo plástico expuesto al medio ambiente, es un método práctico y económico que favorece la digestibilidad y consumo de rastrojos de maíz en ovinos.

LITERATURA CITADA

1. **Araujo O, Rodríguez N. 2001.** La amonificación de henos como técnica para mejorar su aprovechamiento. *Rev Inv Vet, Perú* 12 (Supl 1): 88-91.
2. **Badurdeen AL, Ibrahim MNM, Schiere JB. 1994.** Methods to improve utilization of rice straw. II. Effects of different levels of feeding on intake and digestibility of untreated and urea ammonia treated rice straw. *Asian-Aust J Anim Sci* 7: 165-169.
3. **Escobar A, Parra R. 1980.** Procesamiento y tratamiento físico-químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo. En: *Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p 93-130.

4. **Fahmy ST, Orskov ER. 1984.** Digestion and utilization of straw. Effect of different supplements on the digestion of ammonia treated straw. *Anim Prod* 88: 75-81.
5. **Flores JA. 1990.** Bromatología animal. 3ª ed. México: Limusa. 930 p.
6. **Garret WN, Walker HG, Kohler GO, Waiss AC Jr, Graham RP, East NE, Hart MR. 1974.** Nutritive value of NaOH and NH₃ treated rice straw. In: Proc Western Section of the American Society of Animal Science. Oregon: American Society of Animal Science. p 317-320.
7. **Horton GM, Steacy M. 1979.** Effect of anhydrous ammonia treatment of the intake and digestibility of cereal straw by steers. *J Anim Sci* 48: 1239-1249.
8. **Jackson MG. 1978.** Treating straw for animal feeding. *Anim Prod Health Paper* N° 10. Rome: FAO.
9. **Klopfenstein T. 1978.** Chemical treatment of crop residues. *J Anim Sci* 46: 841-848.
10. **Laforé ME. 1999.** Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario en el Valle del Mantaro. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nacional Mayor de San Marcos. 90 p.
11. **Lascano EC, Borel R, Quiroz R, Zorrilla A, Chávez C, Wernli C. 1990.** Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En: Ruiz M, Ruiz A (eds). Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación. Costa Rica: IICA-RISPAL. p 159-168.
12. **Ministerio de Agricultura. 1997.** Estadística agraria mensual. Lima: Oficina de Información Agraria.
13. **Minson DJ. 1963.** The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage – a review. *J Brit Grassland Soc* 18: 976-982.
14. **Oji UI, Mowat DN, Winch JE. 1977.** Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. *J Anim Sci* 44: 798-802.
15. **Oji UI, Mowat DN, Buchanan-Smith GC. 1979.** Nutritive value of thermo-ammoniated and steam-treated maize stover. I. Intake, digestibility and nitrogen retention. *Anim Feed Sci Technol* 4: 177-186.
16. **Owen E. 1976.** Farm wastes: straw, and another fibrous materials. In: Duckham AN, Jones JGW, Roberts EH (eds). Food production and consumption: the efficiency of human food chain and nutrient cycles. Amsterdam: North Holland Publ. p 299-318.
17. **Saenger PF, Lemenager RP, Hendrix KS. 1982.** Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. *J Anim Sci* 54: 419-425.
18. **SAS. 2000.** SAS/STAT® User's Guide (Release 8.1). Cary, NC. USA. SAS Inst. Inc.
19. **Solaiman SG, Horn GW, Owens FN. 1979.** Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *J Anim Sci* 49: 802-808.
20. **Tafaj M, Steingass H, Drochner W. 2001.** Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants. 2. Passage, digestibility and feed intake. *Arch Tierernahr* 54: 243-59.
21. **Williams TO, Fernández-Rivera S, Kelley TG. 1997.** The influence of socioeconomic factors on the availability and utilization of crop residues as animal feeds. In: Renard C (ed). Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems. Wallingford, UK: CAB International. p 25-29.