

# Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes

*Assessment of Ammonification of Residues of Crop Zea mays as an Alternative for Feeding Ruminants*

CARLOS SAAVEDRA BENÍTEZ

Zootecnista, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia  
csaavedra@unisalle.edu.co

MIGUEL ALEJANDRO OMAÑA

Zootecnista, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia  
momaña@unisalle.edu.co

ALEXANDER NAVAS PANADERO

MVZ, MSc. en Agroforestería Tropical. Docente investigador, Facultad Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia  
anavas@unisalle.edu.co

ÁLVARO SUÁREZ

Médico veterinario zootecnista, MSc, PhD. Docente investigador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia  
alsuarez@unisalle.edu.co

## RESUMEN

Los residuos de cosecha amonificados tienen potencial en la alimentación de rumiantes. En este estudio se utilizó un cultivo de *Zea mays* destinado a la producción de grano y se evaluó la calidad nutricional de las plantas en diferentes etapas o estados fenológicos (grano lechoso, grano pastoso y después de la cosecha de la mazorca) y el residuo de cosecha amonificado. De cada estado y del residuo amonificado se tomaron muestras para determinar la calidad nutricional (MS, PC, FDN, FDA y DIVMS); además, se realizó un análisis del costo de producción del material amonificado. Se encontraron diferencias en la calidad nutricional del forraje de *Z. mays*, se observó la pérdida de la calidad conforme avanza el estado fenológico del cultivo y la recuperación en un grado aceptable del residuo de cosecha a través del proceso de amonificación. Se halló que en el residuo amonificado la PC incrementó de 3,4 % a 6,85 %; que la FDN se redujo de 86 % a 80,2 %; al igual que la FDA, de 62,3 % a 54,1 %; mientras que la DIVMS se incrementó de 29 % a 43,3 % respecto al residuo de cosecha. Por otra parte, el costo de pro-

RECIBIDO: 23/07/2013 APROBADO: 02/09/2013

— Cómo citar este artículo: Saavedra, C., Omaña, M. A., Navas Panadero, A. y Suárez, A. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes. *Revista Ciencia Animal*, (6), 99-108.

ducción de un kilogramo de material amonificado fue de \$174. La amonificación del residuo de cosecha del cultivo de *Zea mays* es una alternativa de alimentación de rumiantes que puede ser considerada por los productores especialmente en épocas críticas.

**Palabras clave:** urea, nutrición, calidad nutricional.

## ABSTRACT

Residues of crops subject to ammonification have potential in the feeding of ruminants. This study used a crop of *Zea mays* for the production of grain, and the nutritional quality of the plants at different phenological stages (milky grain, pasty grain and after the corn harvest) and the residues of crops subject to ammonification were evaluated. Samples were taken from each stage and from the ammoniated residue so as to determine nutritional quality (MS, PC, FDN, FDA and DIVMS); an analysis was also made of the cost of production of the ammoniated material. Differences were found in the forage nutritional value of *Z. mays*, quality loss was observed with each phenological stage of the crop and the recovery to an acceptable degree of crop residue through the ammonification process. It was found that PC in the residue subject to ammonification increased from 3.4% to 6.85%; that FDN decreased from 86% to 80.2%, as did FDA from 62.3% to 54.1%; that DIVMS increased from 29% to 43.3% with respect to crop residue. On the other hand, the cost of production of a kilogram of ammoniated material was \$174. The ammonification of residues of the *Zea mays* crop is an alternative for feeding ruminants that may be considered by producers, especially at critical times.

**Keywords:** Urea, Nutrition, Nutritional Quality.

## Introducción

Los sistemas de alimentación de rumiantes en América Latina se basan principalmente en el uso de pasturas en monocultivo, las cuales son vulnerables a los cambios climáticos. En el trópico se presentan periodos críticos por condiciones de sequía o lluvias, los cuales afectan la base forrajera y el desempeño de los animales.

Muchos de los sistemas de producción de bovinos en América Latina son de pequeños productores; estos, al igual que los de mayor extensión, tienen pérdidas energéticas debido a que no se integra la producción pecuaria y la agrícola. La pérdida de eficiencia conlleva a una baja seguridad alimentaria de la población, altos niveles de pobreza, mal uso de la tierra e impactos negativos sobre los recursos naturales (agua, tierra y biodiversidad), lo

que contribuye con el cambio climático (Steinfeld, 2006).

El incremento en la demanda de alimentos concentrados para animales ha generado una competencia creciente por los cultivos destinados prioritariamente a la alimentación humana (IFPRI, 2009); según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) en el 2002 se destinaron para alimentación animal casi un tercio de la producción mundial de cereales, que equivale a 670 millones de toneladas (Steinfeld, 2006). Otro problema es la disposición de los residuos de cosecha, los cuales, en muchos casos, son quemados o dispuestos en fuentes de agua, lo cual genera contaminación ambiental y pérdidas energéticas en los sistemas de producción.

La integración de la producción pecuaria y agrícola, por ejemplo, a través de la utilización de residuos de cosecha para alimentación animal es una alternativa económica y viable para los productores, especialmente en periodos críticos donde la base forrajera es limitante para la producción. Los residuos de cosecha cumplen un papel fundamental en la producción animal, y los países en desarrollo son los principales en hacer uso de este tipo de material (Williams *et al.*, 1997), especialmente en épocas de sequía cuando comúnmente hay mayor disponibilidad de material residual de los cultivos (Escobar y Parra, 1980).

La mayor parte de residuos de cosechas como el maíz son considerados materiales de baja calidad nutricional, con menos del 5% de proteína (Escobar y Parra, 1980) y con una digestibilidad reducida (Steinfeld, 2006). La recuperación de la calidad nutricional de los residuos de cosecha mediante la amonificación es una opción para los productores, quienes pueden utilizarlos en la alimentación de los animales rumiantes, ya que este proceso mejora significativamente el consumo y la digestibilidad de los residuos (Jiménez *et al.*, 2006).

## Materiales y métodos

El proyecto se desarrolló en la finca El Paraíso, ubicada en el municipio de Paratebueno (Cundinamarca); esta se encuentra a una altitud de 256 msnm, presenta una precipitación promedio de 3900 mm al año, con un patrón conformado por una época lluviosa (abril a noviembre) y una seca (diciembre a marzo), la temperatura media anual es de 27°C y la humedad relativa es del 75%.

En este caso, se utilizó un cultivo de *Zeamays* de una hectárea destinado a la producción de grano; se tomaron muestras de plantas en diferentes estados fenológicos (grano lechoso, grano pastoso y la planta después de la cosecha de la mazorca), además muestras de las bolsas donde se realizó el proceso de amonificación del residuo de cosecha.

Para el proceso se utilizó por cada 100 kg de residuo de cosecha (material semiverde), 50 litros de agua, 3 kg de urea y 3 kg de harina de frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*). La urea se disolvió en el agua para ser utilizada sobre el material, mientras que el residuo de cosecha se picó y se obtuvo un tamaño de partícula entre 3 cm y 5 cm de longitud; este material se esparció sobre el suelo, posteriormente se le agregó la harina de frijol y se roció con la solución de urea. Una vez la mezcla estuvo lista, se colocó el material en bolsas negras de basura, este estuvo almacenado por treinta días, tiempo en el cual perdió el olor a amoníaco, y, posteriormente, se tomó la muestra para evaluar el material amonificado.

### Tratamientos

Los tratamientos evaluados corresponden a material de plantas completas de *Z. mays* en diferente estado fenológico (tabla 1). Se evaluó la calidad nutricional de los diferentes tratamientos, se determinó proteína cruda (PC) usando el método de Kjeldhal (AOAC, 1996), la fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácido (FDN y FDA) mediante la técnica de Van Soest, *et al.* (1991) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) a través de la técnica de Tilley y Terry (1963).

Para determinar los cambios en la calidad nutricional a través del tiempo (estado

Tabla 1. **Tratamientos**

1	Material en grano lechoso
2	Material en grano pastoso
3	Residuo de cosecha (después del aprovechamiento del grano)
4	Residuo amonificado

Fuente: elaboración propia.

fenológico), se tomaron muestras compuestas de 500 g de forraje verde de diferentes plantas para cada estado (lechoso, pastoso y posterior a la cosecha de la mazorca), mientras que para evaluar el material amonificado se tomó una muestra compuesta de 500 g una vez culminó el tiempo del proceso, la cual fue tomada de 10 bolsas (200 kg material amonificado). De igual manera, se realizó el análisis de los costos de producción de una tonelada de material amonificado para determinar el beneficio de la recuperación de los residuos de cosecha de maíz.

## Resultados y discusión

### Calidad nutricional

Se encontraron diferencias en la calidad nutricional del forraje de *Z. mays* conforme avanza el estado fenológico de la planta (tabla 2). También se observa que la mejor calidad y el momento ideal de cosecha del cultivo forrajero es cuando el material tiene el grano en estado lechoso, encontrándose la proteína cruda, las fibras y la digestibilidad en estado ideal para el cultivo.

Tabla 2. Calidad nutricional de *Zea mays* en diferentes estados fenológicos, Paratebueno, Cundinamarca

Tratamientos	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)
Material en grano lechoso	32,5	4,99	58,4	36,8	63,7
Material en grano pastoso	54,0	3,52	78,9	36,3	49,0
Residuo de cosecha	49,6	3,41	86,0	62,3	29,0
Residuo amonificado	27,0	6,85	80,1	54,1	43,3

MS: materia seca, PC: proteína cruda, FDN%: fibra detergente en detergente neutro, FDA: fibra en detergente ácido, DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Fuente: elaboración propia.

Se observa un deterioro de la calidad nutricional conforme avanza el estado fenológico, y se percibe la menor calidad nutricional en los residuos de cosecha que comúnmente son utilizados por algunos productores para ensilar o suplementar a los animales. Este material tiene bajo impacto en la productividad de los animales ya que no aporta muchos nutrientes y puede afectar el consumo voluntario.

Los resultados muestran una recuperación en la calidad nutricional de los residuos de cosecha de *Z. mays*, a partir de ser sometidos al proceso de amonificación con urea, se encuentra así un incremento en la proteína cruda y la digestibilidad, mientras que las fibras presentan una reducción.

Si bien la calidad nutricional del material amonificado no alcanza la del forraje cosechado al momento óptimo, sí presenta una recuperación considerable en relación con el residuo de cosecha, lo que posibilita que este material amonificado

pueda ser utilizado en periodos forrajeros críticos (épocas de sequía o lluvia), cuando la base forrajera se ve considerablemente afectada y los animales no disponen de forraje, además también puede ser una alternativa de alimentación animal para pequeños o medianos productores que destinan el grano para la alimentación humana, bien sea para el autoconsumo o la venta.

### **Materia seca**

En este estudio se encontraron cambios en la materia seca conforme el cultivo avanza en su estado fenológico, incrementándose en grano lechoso, grano pastoso y residuo de cosecha, respectivamente, lo que concuerda con lo encontrado por Wattiaux (1996), quien evidencia un aumento de materia seca en los forrajes maduros. El tratamiento amonificado presentó menor porcentaje de materia seca frente a los otros tratamientos (27%), debido a que el material en el momento de la amonificación es

hidratado (Pabón *et al.*, 1987; Rodríguez *et al.*, 2002). Ruiz *et al.* (2006) obtuvieron resultados con la misma tendencia, pero con menor porcentaje de materia seca en material amonificado cuando utilizaron cascarilla de avena.

### **Proteína cruda**

El proceso de amonificación incrementó el porcentaje de proteína cruda del residuo de cosecha en un 100%, siendo aun superior al forraje en el momento óptimo de cosecha (grano lechoso), esto se puede explicar por la incorporación de nitrógeno de la urea a través del proceso, lo que incrementa posiblemente la fracción A de la proteína, razón por la cual se recomienda utilizar este material en especies rumiantes.

El incremento en la proteína cruda concuerda con lo encontrado por Ventura *et al.* (2002), quienes amonificaron soca de sorgo y obtuvieron un incremento del 80% de la proteína cruda en relación con el residuo de cosecha, esta tendencia también fue reportada por Benito *et al.* (2001), quienes mencionan incrementos del 2,98% al 9,03% en proteína cruda de paja de cebada amonificada.

### **Fibra detergente neutra y fibra detergente ácida**

En este estudio se presentaron diferencias en el porcentaje de la fibra deter-

gente neutra entre los tratamientos; se observó una reducción en la FDN del residuo amonificado en relación con la del residuo de cosecha (80,1% y 86,0%, respectivamente), esto concuerda con lo encontrado por Rodríguez *et al.* (2002), quienes reportan una reducción en la FDN del 78,78% al 75,52% en *Bracharia humidicola* amonificada; de igual manera, Fuentes *et al.* (2001) encontraron una reducción en la FDN del 46,75% al 40,75% en rastrojo de maíz amonificado.

La misma tendencia se encontró en la fibra detergente ácida entre los tratamientos; se observó una reducción en la FDA, entre el residuo de cosecha y el material amonificado (62,3 y 54,1, respectivamente). Los resultados encontrados no concuerdan con lo reportado por Rodríguez (1995), quien halló diferencias en la FDA, según el método (urea y amonio acuoso) utilizado en la amonificación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); el material amonificado con urea presentó un incremento en la FDA (del 39,9% al 50,5%), mientras que cuando utilizaron amonio acuoso se redujo su porcentaje (del 39,9% al 35,3%).

Elizalde *et al.* (1992) observaron un incremento en los valores de FDA al avanzar la edad del cultivo, lo cual se encuentra ligado a la fracción lignina de la fibra, y que disminuye la proporción de la celulosa y la digestibilidad. Según Klofens-

tein (citado en Rodríguez *et al.*, 2002) la amonificación tiene un impacto sobre la disminución de la pared celular, que es atribuida a la solubilización de la celulosa, esto puede explicar los resultados encontrados en este estudio.

### **Digestibilidad in vitro de la materia seca**

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca en este estudio tuvo el mismo comportamiento que la proteína, disminuyó a través del tiempo; se encontraron diferencias en los estados fenológicos, el residuo de cosecha tuvo menor digestibilidad. Se observa así cómo el tratamiento del residuo amonificado incrementó su digestibilidad en comparación con el residuo de cosecha (43,3 % y 29,0 %).

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Fuentes *et al.* (2001), quienes estudiaron tres tamaños diferentes de partícula de residuos de maíz amonificados, obteniendo un incremento en la di-

gestibilidad de 7,27 puntos porcentuales en el tratamiento de mayor tamaño de partícula amonificado en comparación con el material sin tratar.

Estudios similares, realizados por Cuesta y Laredo (citados en Cuesta y Conde, 2002), utilizando amonio acuoso en tamos de arroz, evidencian el mismo efecto al incrementar el porcentaje de digestibilidad del material amonificado frente al tratamiento sin adición de amonio (64,4 % y 58,2 %, respectivamente).

### **Relación costo-beneficio**

Los costos de recuperación de residuos de cosecha de *Z. mays* por tonelada mediante el proceso de amonificación se presentan en la tabla 3. Se observa que el costo de producción por tonelada es de \$174 000, lo que corresponde a \$174 por kilogramo de material.

Los costos de recuperación de material fibroso a través del proceso de amonifi-

Tabla 3. Costos de amonificación del residuo de cosecha de *Zea mays*

Producto	Cantidad	Costo unitario (\$)	Cantidad/t de residuo	Costo (\$)/t
Urea	1 kg	1 500	30 kg	45 000
Harina de frijol	1 kg	600	30 kg	18 000
Bolsa plástica	1 bolsa	220	50	11 000
Mano de obra	1 jornal/día	25 000	4 jornales	100 000
Total				174 000
Costo/kg				174

Fuente: elaboración propia.

cación se reducen cuando se elabora un volumen mayor, lo cual es una alternativa viable para épocas críticas donde hay escasez de forraje y los rumiantes reducen la producción (leche, carne, etc.), incluso en algunas ecosistemas, estas épocas son extremas y se incrementa la mortalidad de los animales.

El costo por kilogramo del material amonificado es menor (\$174) al costo de un kilogramo de ensilaje de maíz (\$240), lo que para algunos productores puede ser una alternativa económica interesante si disponen del material fibroso para amonificar. Se debe tener en cuenta que cuando el material ensilado ha sido cosechado en el momento óptimo, el ensilaje tiene mejor calidad nutricional; de lo contrario, como se observó en este estudio, la calidad nutricional se reduce.

## Conclusiones

La amonificación de residuos de cosecha de *Z. mays* permitió recuperar la calidad nutricional de este recurso a niveles aceptables, y esta se convirtió en una alternativa de alimentación de rumiantes en épocas críticas, en las cuales la base forrajera se reduce notablemente afectando la producción e, incluso, incrementando la mortalidad de los animales.

La amonificación puede ser utilizada en zonas productoras de maíz destinadas para la alimentación humana, de tal for-

ma que se haga un mejor manejo de los residuos de cosecha y se reduzcan los problemas de contaminación ambiental o el inadecuado manejo de los residuos.

El manejo de residuos de cosecha a través de la amonificación es una opción de alimentación de rumiantes para pequeños productores quienes pueden incorporar los residuos de cosecha mejorando su calidad nutricional, cerrando ciclos de energía y mejorando la eficiencia del sistema.

## Referencias

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1996). *Official methods of analysis of the AOAC* (14<sup>th</sup> ed.). Gaithersburg, USA: AOAC Editions.
- Benito, M., San Martín, F., Carcelen, F. y Arbaiza, T. (2001). Proteína sobrepasante en ovinos con residuo de cosecha amonificado. *Rev. Inv. Vet.*, 12(1). Recuperado el 10 de diciembre del 2012 de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12\\_n1/prote\\_sobrepasan.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12_n1/prote_sobrepasan.htm)
- Cuesta, A. y Conde, A. (2002). *Potencial de subproductos agroindustriales y su mejoramiento a través de tratamientos químicos*. Recuperado el 5 de enero del 2013 de <http://www.udca.edu.co/zoociencia/documentos/nutricion.pdf>
- Elizalde, V., Teuber, N., Hargreaves, A., Lanuza, F. y Scholz, A. (1992). Efecto del estado fenológico, al corte de una pradera Ballica perenne con trébol blanco,

- sobre el rendimiento de materia seca, la capacidad fermentativa y la calidad del ensilaje. *Agric.Téc.*, 52(1), 38-47.
- Escobar, A. y 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* (pp. 93-130). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S. y Ortiz De La Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad "In Vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192. Recuperado el 17 de julio del 2012 de [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v12n02\\_189.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v12n02_189.pdf)
- Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). (2009). *Los biocombustibles y la seguridad alimentaria*. Recuperado el 30 de julio del 2012 de <http://www.ifpri.org/sites/default/files/bioenergybrosp.pdf>
- Jiménez, R., San Martín, F., Huaman, H., Ara, M., Arbaiza, T. y Huaman, A. (2006). Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz en ovinos. *RevInvVet*, 21(1), 19-25. Recuperado el 1 de agosto de 2012 de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172010000100003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172010000100003)
- Pabón, R., Toro, O. y Sánchez, H. (1987). Efecto de la amonificación sobre el valor nutritivo del ensilaje de maíz. *Acta Agron.*, 37(4), 66-83.
- Rodríguez, L. (1995). *Opciones para la amonificación de dos tipos de forrajes (Erythrina poeppigiana y Saccharum officinarum) utilizando urea y amonio acuoso, para la conservación y mejoramiento de su valor nutritivo en la alimentación bovina* (tesis de pregrado inédita). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Departamento de Ingeniería Agronómica, Costa Rica.
- Rodríguez, N., Araujo, O., González, B. y Vergara, J. (2012). Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 10(1), 7-13. Recuperado el 11 de diciembre del 2012 de <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-1/100102.pdf>
- Ruiz, O., Castillo, Y., Aguilera, J., Arzola, C., Rodríguez, C., Jiménez, J. et al. (2006). Cascarilla de avena tratada con urea y un aditivo enzimático en el consumo, la digestibilidad y la cinética ruminal de novillos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40, 433-438.
- Steinfeld, H. et al. (2006). *La larga sombra del ganado. Incremento del uso de cereales forrajeros 2006*. Roma, Italia: FAO.
- Tilley, J. y Terry, R. (1963). *Manual de laboratorio*. Estados Unidos: Universidad de Nebraska.
- Van Soest, P., Robertson, J. y Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral deter-

- gent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. Recuperado de <http://download.journals.elsevier-health.com/pdfs/journals/0022-0302/PIIS0022030291785512.pdf>
- Ventura, M., Barrios, A., Morales, I., Toro, C., Barreto, K. y Noguera, F. (octubre de 2002). Efecto de la "amonificación seca" sobre el valor nutricional de la soca de sorgo (*sorghum bicolor*). *Revista Científica, XII(2)*, 513-516. Recuperado el 13 de diciembre del 2012 de [http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/articulo\\_33.pdf](http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/articulo_33.pdf)
- Wattiaux, M. (1996). *Nutrición y alimentación*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Williams, T., Fernández, S. y Kelley, T. (1997). The influence of socioeconomic factors on the availability and utilization of crop residues as animal feeds. En C. Renard (ed.), *Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems* (pp.25-29). Wallingford, UK: CAB International.