



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

EFECTO DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS A BASE DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR

Aranda-Ibáñez, E.M.^{1,4,5}; Ramos-Juárez, J.A.^{1*}; Lázaro-Que, C.J.²; Vargas-Villamil, L.M.¹; Hernández-Mendo, O.³; Salgado-García, S.¹

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México. ²Delegación de SAGARPA Villahermosa Tabasco. ³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo Texcoco Estado de México. ⁴Línea prioritaria de investigación Biotecnología microbiana, vegetal y animal. ⁵Línea prioritaria de investigación Agroecosistemas sustentables.

* Autor responsable: ramosj@colpos.mx

RESUMEN

Con el fin de mejorar el valor nutritivo de alimentos a base de residuos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar (RCMCA), se evaluaron cuatro niveles de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (0%, 3%, 6% y 9%) y cuatro tiempos de conservación (0, 20, 40 y 60 días) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se registró interacción en todas las variables estudiadas, resaltando que el pH fue mayor a medida que se incrementó el nivel de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, independientemente de los días de conservación. La materia seca (MS) disminuyó conforme transcurrió el tiempo de conservación, independientemente de los niveles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El contenido de proteína cruda (PC) en todos los tratamientos fue mayor de 10%. El contenido de FDN y FDA disminuyeron con la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y los días de conservación estudiados. La degradación *in situ* de la materia seca (DIMS), de la fibra detergente neutro (DIFDN), de la fibra detergente ácida (DIFDA), así como la tasa de degradación y fracción soluble, aumentaron con los niveles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, concluyendo que el contenido de PC en los RCMCA fue mayor a 10% en todos los tratamientos. La adición de hidróxido de calcio disminuye el contenido de FDN, FDA y mejora la degradación de la materia seca y componentes fibrosos de los RCMCA, además de aumentar el contenido de cenizas.

Palabras claves: hidróxido, calcio, residuos mecanizados de caña; incubación ruminal

INTRODUCCIÓN

La cosecha mecanizada de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) genera grandes cantidades de residuos fibrosos (hojas, vainas, cogollos etcétera) que están disponibles en el periodo de seca y constituyen una fuente potencial de alimentos para los rumiantes (Martin, 2004). La presencia del polímero de lignina en las paredes



celulares de los residuos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar (RCMCA) puede limitar la degradación efectiva de los polisacáridos presentes en ella (Sun *et al.*, 2006). La mayoría de los enlaces entre lignina, hemicelulosa y celulosa son de tipo éster o éter, susceptibles a ser hidrolizados con tratamientos alcalinos (Wang *et al.*, 2012). El hidróxido de sodio (NaOH) es una de las sustancias alcalinas más utilizada, pero su manejo se considera peligroso (Chaudhry, 1998); por el contrario, el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es menos peligroso, disponible y económico. Con tal fin se evaluaron tratamientos para conservar y mejorar el valor nutritivo de alimentos a base de RCMCA con la adición de hidróxido de calcio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el *Campus* Tabasco del Colegio de Postgraduados (km 21 Carretera Cárdenas-Coatzacoalcos, Tabasco, México), con clima cálido húmedo, abundantes lluvias en verano, temperatura promedio de 26 °C y precipitación de entre 2000-2500 mm (INEGI, 2010). En campo se recolectaron 250 kg de RCMCA de la variedad de caña CP 20-86, la cual fue molida con una criba de cuatro mm y se mezcló con los ingredientes indicados en el Cuadro 1.

Se tomaron cinco kilos de cada mezcla y se embalaron herméticamente en bolsas negras de polietileno, extrayendo el aire con una aspiradora (Koblenz®). El diseño utilizado fue completamente al azar, con arreglo factorial 4×4, tomando los niveles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (0%, 3%, 6% y 9%) como primer factor y al tiempo de conservación (0, 20, 40 y 60 días) con tres repeticiones como segundo; cada bolsa representó una unidad experimental. El procesamiento de los datos se realizó mediante el paquete estadístico R, Foundation for statistical computing, versión 2.10.1 (2009). Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), según la AOAC (2000), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), según Van Soest *et al.* (1991), nitrógeno amoniacal (N-NH_3), según McCullough *et al.* (1967), ácido láctico (SIGMA, 1990), y el pH se midió con un potenciómetro J.T Baker, modelo pH10. La degradación *in situ* de la materia seca (DIMS) se determinó por la metodología de Ørskov *et al.* (1980); se utilizaron tres semovientes canulados en rumen, con un peso vivo promedio de 729±98 kg. Los horarios estudiados fueron: 3:15, 7:15, 12:30, 19:45, 31:45 y 78:45 horas y cada semoviente

(toro) se tomó como una repetición. Para comparar la DIMS entre tratamientos (T1-T16) en cada tiempo de incubación, se utilizó un análisis de varianza en un arreglo factorial de dos factores (Montgomery, 2004), tomando los tratamientos como un factor y el tiempo de incubación ruminal como el otro. A los residuales de las bolsas del horario 31:45 h, utilizadas en la determinación de la DIMS, se les determinó el porcentaje de FDN y FDA con la metodología de Van Soest *et al.* (1991) para obtener la degradación *in situ* de la fibra detergente neutra y fibra detergente ácido. En las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Tukey (1953). Las pruebas estadísticas se consideraron significativas cuando $P<0.05$; el paquete estadístico utilizado fue STATGRAPHICS Centurión XV. 15.2.06 (StatPoint, 2007) (Figura 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró interacción en el contenido de MS (Cuadro 2), la cual disminuyó conforme transcurrieron los días de conservación, independientemente de los niveles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, atribuido a la utilización de los carbohidratos solubles como fuentes energéticas en los procesos metabólicos de los lactobacilos, aunque también pudiera deberse a la pérdida de los AGV, debido a la temperatura que se utilizó para el secado de las muestras, como ha sido reportado por Freitas *et al.* (2007). Cavali *et al.* (2010) mencionan que la disminución de la MS durante el ensilaje de la caña de azúcar se debe principalmente a la producción de gases (CO_2) durante el proceso de fermentación.

De manera semejante, se determinó interacción con el contenido de cenizas, la cual aumentó en sus valores

| Cuadro 1. Ingredientes utilizados para hacer los alimentos a base de ¹ RCMCA. | | | | |
|--|-----------|------|------|------|
| Ingredientes % | Alimentos | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Caña molida | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Pulido de arroz | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ² Vitafert | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Urea | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sal mineral | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Sulfato de magnesio | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| ¹ RCMCA | 43.2 | 40.2 | 37.2 | 34.2 |
| ³ Ca (OH) ₂ | 0 | 3 | 6 | 9 |

¹ Residuos de la cosecha mecánica de caña de azúcar.
² Producto biológico obtenido por fermentación líquida compuesto de bacterias lácticas y levaduras.
³ Hidroxido de calcio.



Figura 1. A-B: Recolección de paja de caña de azúcar. C: Tratamiento de la paja con hidróxido de calcio. D: Embolsado para digestión.

en forma directa por la adición del Ca(OH)_2 (Cuadro 2). Con respecto al contenido de PC, se registró también un incremento a los 20 días de conservación en los niveles 0%, 3% y 6% de Ca(OH)_2 , lo cual pudiera estar relacionado con la dis-

Cuadro 2. Efecto de niveles de Ca(OH)_2 y días de conservación en el contenido de materia seca (MS), cenizas y proteína cruda (PC) de alimentos elaborados con RCMCA.

| Niveles de Ca(OH)_2 (%) | Días de conservación | MS (%) | Cenizas (%) | PC (%) |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 0 | 0 | 61.43 ^{de} | 16.59 ^l | 11.71 ^{bcd} |
| 0 | 20 | 60.43 ^g | 18.38 ^{hi} | 15.93 ^a |
| 0 | 40 | 61.57 ^{de} | 17.28 ^k | 16.11 ^a |
| 0 | 60 | 56.67 ⁱ | 17.84 ^j | 16.16 ^a |
| 3 | 0 | 63.17 ^b | 20.16 ^B | 10.48 ^e |
| 3 | 20 | 62.63 ^{bc} | 18.20 ^{ij} | 11.22 ^d |
| 3 | 40 | 62.67 ^{bc} | 22.42 ^f | 11.84 ^{bc} |
| 3 | 60 | 59.53 ^h | 18.80 ^h | 11.32 ^{cd} |
| 6 | 0 | 64.33 ^a | 22.48 ^f | 11.47 ^{cd} |
| 6 | 20 | 61.47 ^{de} | 25.62 ^e | 12.30 ^b |
| 6 | 40 | 61.73 ^{de} | 26.49 ^d | 11.79 ^{bcd} |
| 6 | 60 | 61.30 ^{ef} | 28.14 ^c | 11.35 ^{cd} |
| 9 | 0 | 64.30 ^a | 35.89 ^a | 11.48 ^{cd} |
| 9 | 20 | 61.50 ^{de} | 27.93 ^c | 11.50 ^{cd} |
| 9 | 40 | 62.13 ^{cd} | 29.77 ^b | 11.39 ^{cd} |
| 9 | 60 | 60.57 ^{fg} | 29.86 ^b | 11.35 ^{cd} |
| | | EE±0.0054*** | EE±0.0036*** | EE±0.0041*** |

abcdefghi Medias con distinto superíndice en la misma columna difieren a $P < 0.05$ (Tukey, 1953), *** $P < 0.001$

minución de la MS, como ha sido anotado por Rodríguez *et al.* (2001); sin embargo, cuando se adicionó 9% de Ca(OH)_2 , no se encontraron diferencias en el contenido de PC entre los días de conservación (Cuadro 2). El contenido de FDN y FDA disminuyó con la adición de Ca(OH)_2 en todos los niveles y todos los tiempos de conservación evaluados (Cuadro 3). Lo anterior podría estar relacionado a la hidrólisis alcalina sobre la fracción fibrosa. Por otra parte, la disminución de la fracción fibrosa durante los días de conservación en todos los niveles de Ca(OH)_2 estudiados, podría atribuirse a que los lactobacilos utilizan la hemicelulosa y celulosa solubilizada.

En este sentido, Balieiro Neto *et al.* (2007) indicaron que existe un efecto del óxido de calcio sobre la fracción fibrosa del ensilaje de caña de azúcar, debido al rompimiento de los enlaces moleculares de tipo éster entre el ácido fenólico y la hemicelulosa y la celulosa. Por su parte, Cavali (2010) evaluó niveles de óxido de calcio (0, 0.5, 1, 1.5 y 2%) en ensilaje de caña de azúcar y encontró una disminución lineal de la fracción fibrosa por efecto de los niveles de óxido de calcio, y mencionó que este efecto se debe al rompimiento de los enlaces éster entre los ácidos fenólicos y glucosídicos de la pared celular, exponiendo más la hemicelulosa y celulosa a los microorganismos.

El pH inicial (día 0) fue de 5.47, 10.75, 12.90 y 13.24 para los diferentes niveles de Ca(OH)_2 y mostró disminución con los días de conservación hasta valores de 4.58, 7.65, 8.50,

Cuadro 3. Efecto de niveles de Ca(OH)_2 y días de conservación en el contenido de FDN y FDA en alimentos elaborados con RCMCA.

| Nivel de Ca(OH)_2 (%) | Días de conservación | FDN (%) | FDA (%) |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 0 | 61.31 ^a | 33.34 ^a |
| 0 | 20 | 53.36 ^b | 29.43 ^b |
| 0 | 40 | 53.33 ^b | 29.23 ^b |
| 0 | 60 | 53.44 ^b | 28.26 ^c |
| 3 | 0 | 52.40 ^c | 29.37 ^b |
| 3 | 20 | 51.53 ^d | 28.35 ^c |
| 3 | 40 | 45.57 ^e | 25.28 ^e |
| 3 | 60 | 44.42 ^f | 24.51 ^f |
| 6 | 0 | 42.40 ^g | 27.44 ^d |
| 6 | 20 | 37.31 ^h | 23.71 ^g |
| 6 | 40 | 31.64 ⁱ | 21.38 ^h |
| 6 | 60 | 31.69 ⁱ | 20.23 ⁱ |
| 9 | 0 | 36.77 ^h | 17.23 ^j |
| 9 | 20 | 25.44 ^j | 16.44 ^k |
| 9 | 40 | 25.31 ^j | 16.62 ^{jk} |
| 9 | 60 | 24.38 ^k | 13.41 ^l |
| | | EE±0.0051*** | EE±0.0051*** |

abcdefghijkl Medias con diferentes superíndice en la misma columna difieren a $P < 0.05$ (Tukey, 1953). *** $P < 0.001$

y 11.43. Esta misma tendencia fue reportada por Cavali *et al.* (2010) en un estudio donde probaron niveles de óxido de calcio (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) en ensilaje de caña de azúcar. La concentración de ácido láctico aumentó principalmente con los niveles 0%, 3% y 6% de Ca(OH)_2 (Cuadro 4).

La reducción del pH se debió a una neutralización parcial del ambiente alcalino por los ácidos orgánicos formados durante el proceso de fermentación, principalmente el ácido láctico (Molina, 1983; Pina *et al.*, 2009). En este sentido, en estudios realizados con caña de azúcar fermentada, Rodríguez (2001) y Ramos *et al.* (2006) indicaron que existe alta correlación entre pH y las concentraciones de amoníaco y ácido láctico ya que, a medida que se incrementa la concentración de amoníaco, el pH se eleva, mientras que al aumentar la de ácido láctico, éste disminuye. La concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) aumentó, registrando su mayor valor con 3% de hidróxido de calcio, lo cual fue coincidente con lo anotado por Bolsen *et al.* (1983) al evaluar paja de trigo en ensilaje, tratada con 5% de Ca(OH)_2 durante 60 días de conservación. La adición de Ca(OH)_2 al 9% en los diferentes días de conservación registró los mayores valores de pH y las menores concentraciones de N-NH_3 .

Cuadro 4. Efecto de niveles de Ca(OH)_2 y días de conservación en el pH, ácido láctico y N-NH_3 en los alimentos elaborados con RCMCA.

| Nivel Ca(OH)_2 (%) | Días de conservación | pH | Ácido láctico (%) | N-NH_3 (%) |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 0 | 5.47 ^h | 2.92 ^f | 0.24 ^h |
| 0 | 20 | 3.56 ^j | 5.17 ^c | 4.43 ^f |
| 0 | 40 | 4.26 ⁱ | 6.35 ^a | 4.75 ^e |
| 0 | 60 | 4.58 ⁱ | 6.05 ^b | 5.10 ^d |
| 3 | 0 | 10.76 ^d | 1.63 ^h | 0.31 ^h |
| 3 | 20 | 7.25 ^g | 4.59 ^d | 8.36 ^b |
| 3 | 40 | 7.71 ^g | 4.09 ^e | 8.72 ^a |
| 3 | 60 | 7.65 ^g | 5.77 ^b | 7.39 ^c |
| 6 | 0 | 12.90 ^a | 1.22 ⁱ | 0.22 ^h |
| 6 | 20 | 10.39 ^d | 2.00 ^g | 1.50 ^g |
| 6 | 40 | 9.28 ^e | 2.70 ^f | 1.72 ^g |
| 6 | 60 | 8.50 ^f | 4.34 ^{de} | 4.57 ^{ef} |
| 9 | 0 | 13.24 ^a | 1.53 ^h | 0.21 ^h |
| 9 | 20 | 12.26 ^b | 1.44 ^{hi} | 0.22 ^h |
| 9 | 40 | 12.26 ^b | 1.66 ^h | 0.26 ^h |
| 9 | 60 | 11.43 ^c | 1.39 ^{hi} | 0.27 ^h |
| | | EE±0.0035*** | EE±0.0019*** | EE±0.0019*** |

abcdefghij Medias con distinto superíndice en la misma columna difieren a $P < 0.05$. *** $P < 0.001$

Autores como Bolsen *et al.* (1983) mencionan que un pH elevado es indicativo de una fermentación restringida, lo que se refleja en una baja concentración de ácidos orgánicos y amoníaco, tendencia semejante a lo observado en la presente evaluación, con los tratamientos de Ca(OH)_2 al 9% en todos los tiempos de conservación. Se tiene conocimiento de que pH en rangos de 3.8 a 4.1 es un indicador de buena conservación del ensilaje, lo cual concuerda con el tratamiento testigo (sin Ca(OH)_2); sin embargo, la adición de 9% de Ca(OH)_2 elevó el pH hasta 13.24 en el día cero y posteriormente descendió a 11.43 en el 60. El pH final alcalino en este tipo de procesos donde se utiliza Ca(OH)_2 , no se relaciona con una fermentación inadecuada (Cavali *et al.*, 2010), ya que la disminución del pH y la producción de ácido láctico en relación con el tiempo de conservación, son una evidencia de la fermentación y la acción microbiana por la adición del cultivo de lactobacilos (vitafert). En este proceso el objetivo de la adición de un álcali fue buscar una degradación de las estructuras de la fibra de los RCMCA y romper los enlaces éter de los enlaces lignocelulósicos de las paredes celulares, además de la conservación del material, lo cual quedó evidenciado por la disminución del contenido de la FDN, FDA (Cuadro 3), además del incremento en la degradación in situ de la MS, FDN, FDA. (Cuadro 5, 6 y 7) (Balieiro Neto *et al.*, 2007).

Cuadro 5. Efecto de niveles de Ca(OH)_2 y días de conservación en la degradación *in situ* de la MS (%) en los alimentos elaborados con RCMCA.

| Tratamientos | Horarios (horas) | | | | | |
|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | 3:15 | 7:15 | 12:30 | 19:45 | 31:45 | 78:45 |
| T1 0-0 | 28.13 ^a | 32.70 ^a | 35.74 ^a | 40.37 ^a | 46.21 ^a | 52.63 ^b |
| T2 0-20 | 34.28 ^c | 33.11 ^a | 39.40 ^b | 41.15 ^a | 50.25 ^c | 54.43 ^c |
| T3 0-40 | 34.38 ^c | 35.23 ^b | 39.50 ^b | 44.34 ^b | 49.95 ^b | 50.47 ^a |
| T4 0-60 | 32.50 ^b | 36.33 ^b | 40.83 ^c | 43.33 ^b | 48.31 ^b | 51.09 ^a |
| T5 3-0 | 30.75 ^b | 37.56 ^c | 41.11 ^c | 48.18 ^c | 56.12 ^d | 63.92 ^e |
| T6 3-20 | 35.37 ^c | 35.83 ^b | 41.22 ^c | 48.94 ^c | 59.23 ^e | 64.05 ^e |
| T7 3-40 | 38.06 ^d | 38.38 ^{cd} | 42.44 ^d | 48.74 ^c | 60.38 ^e | 66.71 ^f |
| T8 3-60 | 31.50 ^b | 32.26 ^a | 43.22 ^d | 48.87 ^c | 57.02 ^d | 61.56 ^d |
| T9 6-0 | 32.64 ^b | 39.21 ^d | 46.20 ^e | 52.26 ^d | 66.38 ^f | 75.69 ^g |
| T10 6-20 | 39.00 ^d | 45.18 ^e | 50.96 ^f | 53.72 ^d | 72.17 ^g | 78.91 ^h |
| T11 6-40 | 40.87 ^e | 47.79 ^f | 51.02 ^f | 58.38 ^f | 76.43 ^h | 83.68 ^j |
| T12 6-60 | 45.53 ^f | 50.64 ^g | 50.18 ^f | 56.66 ^e | 71.46 ^g | 83.18 ^j |
| T13 9-0 | 40.85 ^e | 47.80 ^f | 54.12 ^g | 56.75 ^e | 75.35 ^h | 80.72 ⁱ |
| T14 9-20 | 40.69 ^e | 50.03 ^g | 55.22 ^g | 58.70 ^f | 78.49 ⁱ | 86.46 ^k |
| T15 9-40 | 46.96 ^f | 52.49 ^h | 58.13 ^h | 61.26 ^g | 79.45 ⁱ | 86.46 ^k |
| T16 9-60 | 45.23 ^f | 53.74 ^h | 57.65 ^h | 60.23 ^g | 79.06 ⁱ | 86.90 ^k |
| EE± | ±0.20 ^{***} | ±0.20 [*] | ±0.20 [*] | ±0.20 ^{**} | ±0.20 ^{***} | ±0.20 ^{***} |

Medias con letras distintas en una misma columna difieren, prueba de Tukey (1953).

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001; ¹Tratamientos: Nivel de Ca(OH)_2 -Días de conservación.Cuadro 6. Efecto de niveles de Ca(OH)_2 y días de conservación en la DIFDN y DIFDA en horario de 31:45 h de alimentos elaborados con RCMCA.

| Nivel de Ca(OH)_2 (%) | Días de conservación | DIFDN (%) | DIFDA (%) |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 0 | 27.95 ^g | 12.45 ^k |
| 0 | 20 | 24.41 ^{hi} | 11.83 ^k |
| 0 | 40 | 23.88 ^{hi} | 12.52 ^k |
| 0 | 60 | 22.14 ⁱ | 6.07 ^l |
| 3 | 0 | 33.58 ^f | 25.03 ⁱ |
| 3 | 20 | 38.03 ^e | 27.98 ^h |
| 3 | 40 | 32.60 ^f | 21.06 ^j |
| 3 | 60 | 24.89 ^h | 11.60 ^k |
| 6 | 0 | 39.45 ^{de} | 39.79 ^e |
| 6 | 20 | 43.26 ^c | 42.76 ^d |
| 6 | 40 | 45.42 ^{bc} | 47.84 ^b |
| 6 | 60 | 34.88 ^f | 33.75 ^g |
| 9 | 0 | 40.78 ^d | 36.03 ^f |
| 9 | 20 | 46.16 ^b | 45.30 ^c |
| 9 | 40 | 48.60 ^a | 49.60 ^a |
| 9 | 60 | 46.51 ^{ab} | 37.29 ^f |
| | | EE±0.0157 ^{***} | EE±0.0114 ^{***} |

abcdefghijkl Medias con diferentes superíndice en la misma fila difieren a P<0.05 (Tukey, 1953).

***P<0.001

El Cuadro 7 muestra cómo la tasa de degradación y la de fracción soluble se incrementaron con la adición del Ca(OH)_2 . A este respecto, Cavali (2010) encontró también que la fracción soluble del ensilaje de caña de azúcar aumenta linealmente con niveles de óxido de calcio (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%), al igual que la degradación *in vitro* de la MS. Por su parte, Silva *et al.* (2004) observaron un aumento en la digestibilidad del bagazo de caña con la adición de Ca(OH)_2 y concluyeron que esto estuvo relacionado con la hidrólisis alcalina por la ruptura de los enlaces intermoleculares de puente de hidrogeno, aumentando con ello la digestión de celulosa y hemicelulosa.

CONCLUSIONES

El Contenido de PC en los RCMCA fue mayor a 10% en todos los tratamientos estudiados. La adición de Ca(OH)_2 disminuyó el contenido de FDN, FDA y mejoró la degradación de la materia seca y de los componentes fibrosos de los RCMCA. También incrementó el contenido de cenizas. Se observó buen aspecto de conservación en el producto final.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Off. Agric. Chem., Washington, D.C., U.S.A.
- Baleiro-Neto G., Siqueira G.R., Reis A.R., Nogueira J.R., Piza T.M., Piza T.A.P. 2007. Calcium oxide as additive on the sugarcane ensilage. Rev. Bras. Zootec. 36:1231-1239.
- Bolsen K.K., Tetlow R.M., Wilson R.F. 1983. The effect of calcium and sodium hydroxides and of sodium acrylate on the fermentation and digestibility *in vitro* of ensiled whole-crop wheat and barley harvested at different stages of maturity. Anim. Feed Sci. Technol. 9:37-47.
- Cavali J., Pereira G.O., Valadares C.S., Santos E.M., Pinto de Carvalho G.G., Santos M.V., Porto O.M., Rodríguez F.J. 2010. Bromatological and microbiological characteristics of sugarcane silages

Cuadro 7. Efecto de los niveles de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y días de conservación sobre la fracción soluble e insoluble potencialmente degradable y tasas de degradación de alimentos elaborados con RCMA.

| Tratamientos | Parámetros | | | |
|--------------|--------------|-------|-------------------------|-------|
| | Fracción (%) | | | |
| | *SO | *IPD | *Kd (h^{-1}) | Error |
| T1 0-0 | 28.46 | 71.54 | 0.0064 | 3.43 |
| T2 0-20 | 30.90 | 69.10 | 0.0066 | 4.29 |
| T3 0-40 | 32.62 | 67.38 | 0.0054 | 5.16 |
| T4 0-60 | 32.28 | 67.72 | 0.0055 | 4.84 |
| T5 3-0 | 30.30 | 69.70 | 0.0109 | 4.48 |
| T6 3-20 | 31.66 | 68.34 | 0.0109 | 4.90 |
| T7 3-40 | 32.52 | 67.48 | 0.0117 | 4.84 |
| T8 3-60 | 30.49 | 69.51 | 0.0103 | 5.35 |
| T9 6-0 | 30.01 | 69.99 | 0.0181 | 4.01 |
| T10 6-20 | 32.56 | 67.44 | 0.0213 | 5.08 |
| T11 6-40 | 32.19 | 67.81 | 0.0268 | 4.64 |
| T12 6-60 | 35.14 | 64.86 | 0.0223 | 5.37 |
| T13 9-0 | 33.21 | 66.79 | 0.0248 | 5.53 |
| T14 9-20 | 31.95 | 68.05 | 0.0306 | 4.61 |
| T15 9-40 | 34.41 | 65.59 | 0.0322 | 5.71 |
| T16 9-60 | 33.69 | 66.31 | 0.0323 | 5.75 |

*SO=Soluble; *IPD=Insoluble potencialmente degradable; *Kd=Tasa de degradación (h^{-1}); *Hidróxido de calcio; Tratamientos: Nivel de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /Días de conservación.

- treated with calcium oxide. Rev. Bras. Zootec. 39(7):1398-1408
- Chaudhry A.S. 1998. In vitro in sacco digestibility of wheat Straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. Anim. Feed Sci. Technol. 74:301-313.
- Freitas A.W.P., Rocha F.C., Fagundes J.L., Fonseca R. 2007. Nutritional quality of sugar cane treated with calcium oxide. J. Anim. Sci. 85(Suppl.1), 347.
- INEGI. 2010 <<http://www.inegi.gob.mx>> / Consultado: 22 Abril de 2012
- Martín P.C. 2004. La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos. Editorial EDICA, La Habana.
- McCullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. Clin. Chem. 17:297-304.
- Molina E., Boza J., Aguilera J.F. 1983. Nutritive value for ruminants of sugar cane bagasse ensiled after spray treatment with different levels of NaOH. Anim. Feed Sci. Technol. 9:1-17.
- Montgomery D.C. 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2a Ed. Limusa Wiley, México, D.F.
- Ørskov E.R., Hovell F.D., Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Trop. 5:195-213.
- Pina D.S., Tedeschi L.O., Valadares S.C., Azevedo J.A., Detmann E., Anderson R. 2009. Influence of calcium oxide level and time of exposure to sugarcane on in vitro and in situ digestive kinetics. Anim. Feed Sci. Technol. 153:101-112.
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agric. 40 (1) 51-58.
- Rodríguez Z., Boucourt R., Elías A., Madera M. 2001. Dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam.). Rev. Cubana Cienc. Agric. 35:147.
- SIGMA. 1990. Lactate, quantitative, enzymatic determination of lactate in whole blood at 340 nm (Procedure No. 826-uv) USA. 31 p.
- Silva V.M., Pereira V.L., Lima G.S. 2004. Producción, conservación y utilización de alimentos para caprinos y ovinos. <http://www.ipa.br/OUTR/CAPR/teproag.htm> /Consultado: 07 de Mayo de 2012/.
- Stapoint Inc. 2007. STATGRAPHICS Centurion XV versión 15.2.06. <<http://www.statgraphics.com>>
- Software R. 2009. Foundation for statistical computing, versión 2.10.1.
- Sun X., Andrew I., Joblin K., Harris P., McDonald A., Hoskin S. 2006. Polysaccharide compositions of leaf cell walls of forages chicory (*Cichorium intybus* L.) Plant Science. 170:18-27.
- Tukey J. 1953. The Problem of Multiple Comparisons. Unpublished manuscript. Princeton University.
- Van Soest P.J., Robertson J.P., Lewis B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3583-3597
- Wang Z., Ruyu L., Xu J., Marita J.M., Hatfield D.R., Qu R., Cheng J.J. 2012. Sodium hydroxide pretreatment of genetically modified switchgrass for improved enzymatic release of sugars. Bioresour. Technol. 110:364-370.

