

Changes in the composition value of the stems of sugarcane (*Saccharum* spp.) during the post-harvest storage

Cambios en la composición de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) entera durante el almacenamiento post-cosecha

Aranda-Ibáñez, Emilio M.¹; Salgado-García, Sergio¹; Ramos-Juárez, Jesús A.^{1*}; Hernández-Jiménez, Eunice¹; Vargas-Villamil, Luis¹

¹Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, km 3.5 carretera Cárdenas- Huimanguillo. C.P. 86500. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor por correspondencia: ramosj@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Determine relative and absolute quantitative changes in the chemical composition of whole sugarcane (*Saccharum* spp.), during storage, for use in bovine feed or sugar manufacture.

Methodology: For the relative evaluation, 24 treatments with four replications were studied in a completely randomized design in a 2x2x6 factorial arrangement with two cultivars of sugarcane (Méx 69-290 and Méx 79-481), two types of harvest (burned and green cane) and six storage times (1, 3, 5, 10, 20 and 30 days). The variables to be measured were pH, dry matter (DM), Brix degrees, fiber and sucrose content, reducing sugars and percentage of purity. For the absolute evaluation, a dynamic model was developed for the mechanistic description of the disappearance of the average MS, fiber and sucrose contained in the sugarcane through time. The purpose of the model was to obtain the disappearance rates of these compounds per day and in this way simulate the absolute disappearance of 100 kg of sugarcane.

Results: The Brix, sucrose and fiber were greater for the variety Mex 69-290 in comparison to the variety Mex 79-481. The concentrations of sucrose, purity and pH were higher in the cane harvested green in comparison of the cane harvested burned. The sucrose, purity and the pH decreased with post-harvest storage time. Partial reducers and fiber were increased with the storage time.

Conclusions: According to the results of the present work, it is recommended that both varieties (harvested in green or burned) be stored for a maximum of 10 days and 3 days post-harvest, for an optimum use in bovine feed and in the Agro-industry Sugar, respectively.

Keys words: Feeding of cattle, nutritional quality, time of storage

RESUMEN

Objetivo: Determinar los cambios cuantitativos relativos y absolutos en la composición química de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), entera durante su almacenamiento, para su uso en la alimentación bovina o fabricación de azúcar.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 7, julio, 2019. pp: 71-77.

Recibido: febrero, 2019. **Aceptado:** junio, 2019.

Metodología: Para la evaluación relativa se estudiaron 24 tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 6$, dos cultivares de caña de azúcar (Méx 69-290 y Méx 79-481), dos tipos de cosecha (caña quemada y caña verde) y seis tiempos de almacenamiento (1, 3, 5, 10, 20 y 30 días). Las variables a medir fueron: pH, materia seca (MS), grados Brix, contenido de fibra, sacarosa, azúcares reductores y porcentaje de pureza. Para la evaluación absoluta, se desarrolló un modelo dinámico para la descripción mecanística de la desaparición del promedio de la MS, fibra y sacarosa contenida en la caña de azúcar a través del tiempo. La finalidad del modelo fue obtener las tasas de desaparición de estos compuestos por día y de esta forma simular la desaparición absoluta de 100 kg de caña de azúcar.

Resultados: Los grados Brix, sacarosa y fibra fueron mayores para la variedad Mex 69-290 en comparación de la variedad Mex 79-481. La concentración de sacarosa, pureza y pH fueron mayores en la caña cosechada en verde en comparación de la caña cosechada quemada. La sacarosa, pureza y el pH se redujo con el tiempo de almacenamiento post-cosecha. Los reductores parciales y la fibra se incrementaron con el tiempo de almacenamiento.

Conclusiones. Según los resultados del presente trabajo, se recomienda que, ambas variedades (cosechadas en verde o quemadas), se almacenen por un máximo de 10 días y tres días post-cosecha para un óptimo aprovechamiento en la alimentación bovina y en la Agroindustria Azucarera, respectivamente.

Palabras clave: Alimentación de bovinos, calidad nutricional, tiempo de almacenamiento.

jugo de la caña como de buena calidad son: sacarosa mayor al 12.5%, grado Brix de 18 a 22, pureza de 79 a 89% y azúcares reductores menos de 1%. Es conocido que conforme pasa el tiempo después del corte, los microorganismos epifitos, bacterias y hongos (*Physalospora tucamanensis*) se multiplican y se nutren de la sacarosa; primero la transforman en azúcares reductores y después producen fermentaciones que reduce su eficiencia en la fabricación de azúcar (Martínez et al., 1999). El objetivo de este estudio fue determinar los cambios cuantitativos relativos y absolutos en la composición química de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), entera durante su almacenamiento, para su uso en la alimentación bovina o fabricación de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ingenio Santa Rosalía (ISR), situado en el Centro Integrador Santa Rosalía del Municipio de Cárdenas, Tabasco, México. Se localiza a 12 m de altitud, con una temperatura promedio anual de 26 °C, precipitación promedio anual de 1870 mm, y humedad relativa promedio anual de 83% (García, 1988). Para la evaluación de la calidad de la caña de azúcar se diseñó un experimento donde se evaluaron los cambios relativos y absolutos de los componentes químicos, con respecto a la MS y 100 kg de caña, respectivamente.

Para la evaluación relativa, se estudiaron 24 tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 6$; dos cultivares de caña de azúcar (C, Méx 69-290 y Méx 79-481); dos tipos de cosecha (TC, caña quemada y caña verde); y seis tiempos de almacenamiento (TA, 1,

INTRODUCCIÓN

El manejo de la cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), para usarla en la alimentación bovina, implica una serie de actividades diarias, tales como el corte de la caña, el acarreo, molienda y suministro a los animales (Torres-Salado et al., 2008); sin embargo, en la época de lluvias y vientos del norte, el manejo mencionado anteriormente, no es posible realizarlo diariamente, ya que la humedad afecta el manejo agronómico uniforme del cultivo, dando como resultado que, en estas épocas, no se pueda intensificar la alimentación bovina a base de caña de azúcar. Es importante conocer el cambio en las características químicas de la caña de azúcar durante su almacenamiento, para poder planificar una estrategia de manejo que permita usar la caña de azúcar como alimento base y coadyuve a que la ganadería bovina en el trópico tenga suministro de alimento todo el año. En este sentido, la evaluación del cambio de las características químicas del alimento, con fines prácticos, como el que se plantea en este trabajo, requiere no solo comprender los cambios relativos con fines de determinar la calidad del alimento sino los cambios absolutos para determinar la producción y la eficiencia. Aunado a lo anterior, desde el punto de vista de la agroindustria azucarera, la entrega de la caña al Ingenio para su molienda debe ser dentro de las 24 h después del corte (Salgado et al., 2003). Los intervalos considerados como aceptables para clasificar el

3, 5, 10, 20 y 30 días). La unidad experimental consistió de 1000 kg de caña de azúcar madura de 12 meses, acomodada sobre el piso formando un montículo en un área techada.

En relación a los tipos de cosechas, la caña verde se cortó manualmente y se eliminaron las hojas secas y verdes, se despuntó a la altura de la sección 8 a 10 (y para la caña quemada, previo al corte de la caña, se realizó la quema del cañaveral para eliminar las hojas secas, facilitar el corte y acelerar el proceso de madurez (Salgado et al., 2012).

Para estudiar el tiempo de almacenamiento, en cada unidad experimental se recolectó al azar 10 cañas, las cuales se molieron y obtuvo entre 10 y 14 kg de caña molida, por el método de cuarteo, se seleccionó 1 kg de muestra para realizar los estudios químicos de la caña.

Las variables a medir fueron: pH medido con potenciómetro marca Orión, MS, para lo cual, las muestras se secaron en una estufa de recirculación de aire forzado a temperatura de 65 °C, grados Brix con un brixómetro marca Atago, contenido de fibra, contenido de sacarosa, azúcares reductores, según Rodríguez (1996) en el laboratorio del Ingenio Santa Rosalía. El porcentaje de pureza se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de pureza} = ((\% \text{ de sacarosa} | \text{ grados Brix}) \times 100)$$

Para cada una de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental propuesto, la información fue procesada con el software SAS versión 9.4 (SAS, 2014). Para la evaluación absoluta, se desarrolló un modelo dinámico para la descripción mecánica de la desaparición del promedio de la MS, fibra y sacarosa contenida en la caña de azúcar a través del tiempo. La finalidad del modelo fue obtener las tasas de desaparición de estos compuestos por día y de esta forma simular la desaparición absoluta de 100 kg de caña de azúcar. En esta evaluación se utilizaron los datos obtenidos de la caña verde y quemada para obtener un promedio de la dinámica del proceso.

El modelo desarrollado fue de cuatro variables que describen la desaparición de la masa: a) residual de agua (AR), b) residual de fibra (FR), c) residual de sacarosa (SR) y residual de la MS (MSR) sin sacarosa y fibra (MSmR). Todas las variables de estado son función de sí mismas. A partir del valor de estas variables se describió el residual de la MS (MSR) y el material vegetal (MV), así mismo, la concentración relativa de sacarosa (S), de fibra (F) y de MS. Las ecuaciones diferenciales fueron las siguientes, $dAR/dt=kAR*AR$, $dFR/dt=kFR*FR$, $dSR/dt=kSR*SR$, $dMSmR/dt=kMSmR*MSmR$, donde las ecuaciones auxiliares fueron, $MSR=MSmR+FR+SR$, $MV=AR+MSR$, $S=SR/MV$, $F=FR/MV$ y $MS=MSR/MV$.

Después de desarrollarse el modelo, se utilizó el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo para ajustar los parámetros: tasa de desaparición de agua (kAR), MS sin sacarosa y fibra (kMSmR), sacarosa (kSR) y fibra (kFR). De

igual forma se ajustaron los valores absolutos iniciales de los residuales del agua (AR), sacarosa (SR) y fibra (FR). Finalmente, se ajustó el modelo a los valores de las tres curvas obtenidas experimentalmente que describen el valor relativo de la MS, sacarosa (S) y fibra (F). Se utilizaron los valores ajustados en el modelo desarrollado previamente para simular el comportamiento de las curvas de los residuales absolutos del agua (AR), sacarosa (SR) y fibra (FR). El modelo se desarrolló con el programa Stella VI (Hulbert et al., 2000), se ajustó y simuló con el programa Berkeley Madonna v8.01 (Macey et al., 2000). El método utilizado para la solución numérica fue Euler y para el ajuste de parámetros una variante del método simplex (Macey et al., 2000). El tiempo inicial fue de cero días y el final de 30 d. El intervalo de integración utilizado fue de 0.02 con una tolerancia de 0.001. Para el ajuste triple se consideró una importancia similar de uno para cada serie de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los grados Brix presentaron diferencias altamente significativas para los efectos principales: variedad, tipo de cosecha y tiempo de almacenamiento. El cultivar Méx 69-290 presentó el valor más alto de grado Brix en comparación con el cultivar Méx 79-481 (Cuadro 1), con relación al tipo de cosecha, la caña quemada tuvo mayor valor (Cuadro 2) y para el tiempo de almacenamiento, el valor mayor se registró a los 30 d en relación a los días 1, 3, 5, 10 y 20, donde no existió diferencias entre ellos (Cuadro 3).

Los grados Brix representan la concentración de sólidos solubles en el jugo de caña, el valor del cultivar

Méx 69-290 (18.72%), fue similar al reportado por Salgado *et al.*, (2003) cuando probaron dosis de fertilización en el mismo cultivar. Con la quema del cultivo, los tallos pierden humedad, lo que acelera el proceso de madurez con el consecuente incremento de los sólidos solubles en el jugo de caña; es por ello, que la caña de azúcar, debe entregarse al ingenio antes de

24 horas para conservar su humedad y evitar deterioro (Chen, 1991). Durante el tiempo de almacenamiento de la caña de azúcar, los valores de grados Brix en los primeros 20 d fue en promedio 16.9, al respecto, Preston (1977), citado por (Rincón, 2005), menciona que la cantidad mínima de grado Brix en la caña de azúcar para usarla en la alimentación de los bovinos es

de 12; sin embargo, Ramos *et al.* (2007), indican que en los alimentos fermentados en estado sólido a base de caña de azúcar, cuando los valores de grado Brix son superiores a 18 °Brix, se produce un alimento fermentado con mayor valor nutricional. El incremento en los grados Brix después de los 30 d de almacenamiento, se debe al efecto de concentración al perder humedad los tallos de caña, lo cual coincide con el incremento de la MS a los 30 d de almacenamiento (Cuadro 3). Se ha estimado que en 48 h la caña quemada puede perder 6.6% de su peso (Martínez *et al.*, 1999) y presentar reducción en la extracción del jugo de 11.0% para caña cosechada en verde y de 13.7% en caña quemada (Zossi *et al.*, 2011). Con respecto al contenido de sacarosa, se observaron diferencias altamente significativas para el efecto TA y su interacción C×TA, el cultivar Méx 69-290 presentó el mayor contenido de sacarosa con respecto al cultivar Méx 79-481 (Cuadro 1), la quemada de la caña tuvo menor contenido de sacarosa en comparación a la caña cosechada en verde (Cuadro 2). Se observó una reducción significativa de la sacarosa a través del tiempo de almacenamiento (Cuadro 3).

Cuadro 1. Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en dos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Cultivares de caña de azúcar		±error estándar
	Mex 69-290	Mex 79-481	
Grados Brix	18.72 ^a	16.32 ^b	0.25
Sacarosa, %	11.13 ^a	9.63 ^b	0.20
Pureza, %	64.5 ^a	66.7 ^a	1.40
Azúcares reductores, %	2.27 ^b	3.18 ^a	0.31
Fibra, %	17.83 ^a	16.23 ^b	0.44
PH	4.46 ^a	4.54 ^a	0.06
Materia seca, %	35.3 ^a	30.7 ^b	0.63

^{ab} Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

Cuadro 2. Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en dos tipos de cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Tipos de cosecha		±error estándar
	Caña verde	Caña quemada	
Grados Brix	16.8 ^b	18.2 ^a	0.25
Sacarosa, %	11.04 ^a	9.7 ^b	0.20
Pureza, %	67.9 ^a	63.3 ^b	1.40
Azúcares reductores, %	1.97 ^b	3.5 ^a	0.31
Fibra, %)	15.9 ^b	18.1 ^a	0.44
pH	4.64 ^a	4.37 ^b	0.06
Materia seca, %	31.7 ^b	34.3 ^a	0.63

^{ab} Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

Cuadro 3. Contenido de Grados Brix, sacarosa, pureza, azúcares reductores, fibra, pH y materia seca en el tiempo de almacenamiento de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Variables	Tiempo de almacenamiento, días						±error estándar
	1	3	5	10	20	30	
Grados Brix	17.2 ^b	17.6 ^b	16.9 ^b	16.1 ^b	17.1 ^b	20.2 ^a	0.43
Sacarosa, %	14.7 ^a	14.4 ^a	12.5 ^b	10.8 ^c	5.8 ^d	4.1 ^e	0.35
Pureza, %	85.4 ^a	82.2 ^{ab}	74.6 ^{bc}	67.7 ^c	47.7 ^d	36.1 ^e	2.43
Azúcares reductores, %	0.4 ^c	0.68 ^c	2.07 ^{bc}	2.98 ^b	3.59 ^b	6.6 ^a	0.54
Fibra, %	13.67 ^c	14.2 ^c	16.7 ^c	14.6 ^c	18.9 ^b	25.0 ^a	0.76
pH	5.5 ^a	4.91 ^b	4.46 ^{bc}	4.26 ^c	4.18 ^c	3.69 ^d	0.11
Materia seca, %	30.6 ^{bc}	30.7 ^{bc}	29.5 ^c	28.3 ^c	34.1 ^b	44.7 ^a	1.10

^{ab} Letras diferentes dentro de cada hilera indican diferencias significativas. Tukey (P≤0.05).

El valor de sacarosa del cultivar Méx 69-290 (11.13%) fue similar al reportado por Salgado *et al.* (2003) en el mismo cultivar y más bajo que el reportado por Ramírez *et al.* (2014) en diferentes cultivares de caña cortada a los 16.73 meses (18.09%). También, Vera-Espinosa *et al.* (2016), reportaron valores promedio de sacarosa de 18.01% en ciclo plantilla y 16.05% en ciclo soca en 10 cultivares de caña de azúcar. La caña quemada no sufre mayor deterioro durante las primeras 24 h, pero posteriormente se degrada 3 kg t^{-1} de caña por cada día que transcurra. Por el contrario, la caña cosechada en verde no se deteriora durante las primeras 36 h, pero posteriormente, la caña pierde 1.5 kg de azúcar t^{-1} de caña, resultando está pérdida menor que la observada en la caña quemada Larrondo (1995).

En los azúcares reductores, se observaron diferencias altamente significativas para TC, TA y la interacción $C \times TC$, y significativa para C. El cultivar Méx 69-290 tuvo menor porcentaje de azúcares reductores en relación al cultivar Méx 79-481. La caña quemada presentó mayor porcentaje de azúcares reductores que la caña cosechada en verde. Los azúcares reductores se incrementaron conforme al TA, siendo más alto después de 10 d de almacenamiento (Cuadro 3). El valor de 0.4% de azúcares reductores a las 24 h, es indicativo que las cañas estaban maduras y con buena calidad (Salgado *et al.*, 2003).

La sacarosa al degradarse por la acción de las invertasas ácidas dan origen a los azúcares levulosa y dextrosa (azúcares reductores), los cuales son usados por levaduras y bacterias para la fermentación alcohólica (Rincón, 2005), cuando el

jugo de caña contiene 1% o más de azúcares reductores, representan un impacto negativo para la agroindustria azucarera ya que el objetivo es la producción de azúcar cristizable (Robertson *et al.*, 1996); sin embargo, en la alimentación de rumiantes, la disminución de sacarosa a azúcares reductores, no tiene impacto negativo porque éstos azúcares, representa una fuente de energía altamente utilizable por los microorganismos ruminales (Calsamiglia *et al.*, 2008). De acuerdo a la concentración de sacarosa, el tiempo máximo para almacenar la caña cortada en verde o caña quemada es a los 10 d, ya que, en ese tiempo, la caña de azúcar tiene 10.8% de sacarosa, lo cual permitiría elaborar dietas alimenticias con buena calidad nutrimental (Rincón, 2005; Aranda *et al.*, 2009).

La pureza de la caña de azúcar, presentó diferencias altamente significativas para el efecto C, TA y su interacción $C \times TA$, y fue significativa para TC. No se registraron diferencias entre cultivares (Cuadro 1). La caña quemada presentó menor pureza en comparación a la caña cosechada en verde (Cuadro 2). La pureza se reduce significativamente con el TA, registrando valores más drástica después de 10 d de almacenada (Cuadro 3). La pureza es la relación porcentual entre la sacarosa y la concentración de azúcares totales ($^{\circ}\text{Brix}$), por lo cual, la degradación de la sacarosa influye negativamente en la pureza del jugo (Ramírez, 2014). A los 10 d de almacenamiento de la caña, disminuyó la pureza de la caña en 18% y a partir de los 10 d, la reducción fue más drástica, lo que sugiere que este tiempo, puede ser el máximo para mantener la caña almacenada previa a la elaboración del alimento.

Para el contenido de fibra, se observaron diferencias altamente significativas en los factores C, TC y TA de la caña de azúcar. El cultivar Méx 69-290 presentó mayor porcentaje de fibra que la Méx 79-481 (Cuadro 1). Cuando la caña de azúcar es quemada para su cosecha, se incrementa significativamente el porcentaje de fibra en comparación de la cosechada en verde. El menor porcentaje de fibra se encontró a los 1, 3, 5 y 10 d de almacenamiento, sin diferencia entre ellos; a partir del día 20 de almacenamiento, el porcentaje de fibra se incrementó linealmente, alcanzando el mayor valor de fibra en el día 30 (Cuadro 3). El incremento en la concentración de la fibra en los últimos días de almacenaje de la caña de azúcar, podría considerarse negativo para la producción de alimento para animales ya que disminuye la degradación ruminal (López *et al.*, 2003).

Se observaron diferencias altamente significativas para el pH, en TC, TA, y las interacciones $C \times TA$ y $C \times TC$. No se encontró diferencias en el pH de los cultivares estudiados (Cuadro 1), cuando la caña es quemada se acelera su acidificación significativamente (Cuadro 2) y el TA disminuye el pH (Cuadro 3). La disminución del pH es un indicativo de la producción de ácidos originados por fermentación causada por microorganismos presentes en la caña en verde, además del establecimiento de los microorganismos durante el periodo de almacenaje sobre todo en la caña quemada (Rincón, 2005). Se observó mayor contenido de MS en el cultivar Mex 69-290 con respecto al cultivar Mex 79-481 (Cuadro 1), con relación al tipo de cosecha, la caña quemada tuvo mayor valor de MS que la caña cosechada en verde (Cuadro 2), en relación al

tiempo de almacenamiento, a los 30 d se alcanzó el mayor contenido de MS (Cuadro 3). El incremento de MS después de los 10 d, puede afectar la molienda por el aumento de la dureza de la caña al perder humedad, esto implica tener máquinas picadoras con motores de mayor potencia para la molienda o cambiar y afilar cuchillas con mayor frecuencia para lograr un buen picado y tamaño de partícula. En relación a la valuación absoluta, los valores estimados

de las tasas de desaparición de los residuales para AR, MSmR, SR y FR, fueron 10.17, 0.003, 14.14 y 7.90% por día. Los porcentajes encontrados fueron similares a los reportados por otros autores para las 24 primeras horas (Larrahondo, 1995). El error encontrado durante el ajuste fue de 0.0536809.

La Figura 1 muestra las curvas de desaparición absolutas de los componentes de la caña de azúcar obtenidos por la solución numérica del modelo desarrollado en este trabajo. La simulación muestra que en promedio se pierde 50% del material en una semana, tardando, aproximadamente, dos días menos para la sacarosa y un día mas para la fibra.

Los resultados de la simulación muestran que la desaparición de los compuestos, en términos absolutos, es muy rápida para un proceso industrial a menos que los gastos derivados por una cosecha temprana sean superiores a las pérdidas en calidad y material. Sería importante hacer un estudio de optimización para determinar con precisión el tiempo máximo que se podría retrasar la recolecta de caña. En el caso de la suplementación para la alimentación de rumiantes, la calidad o composición relativa del producto final podría tener un efecto en la toma de decisión del tiempo óptimo de recolecta, debido a otros factores, tales como el costo del proceso de recolección, la forma de recolecta, organización, prioridades en los procesos agroindustriales, etcétera. No habría que olvidar que la caña de azúcar es un cultivo que actualmente está disponible en el campo; sin embargo, la viabilidad del aprovechamiento de la caña en la alimen-

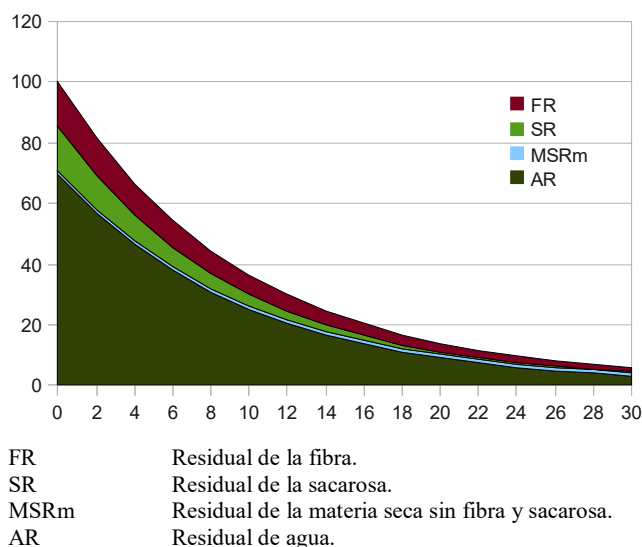


Figura 1. Descripción de la desaparición absoluta de los compuestos de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) simulada por el modelo desarrollado en este trabajo.

tación dependerá también de la optimización de todos los procesos involucrados.

CONCLUSIONES

Para la Agroindustria azucarera, el cultivar Mex 69-290 es mejor en relación al cultivar Mex 79-481, pero para la alimentación de rumiantes, se pueden usar ambos cultivares. Con respecto al tipo de cosecha, para la Agroindustria azucarera, es mejor cortar la caña en verde, y para alimentar rumiantes, se pueden usar la caña cosechada en verde

o quemada. En relación al tiempo de almacenamiento, para la Agroindustria azucarera, se puede usar la caña hasta los tres días después de cortada, mientras que, para los rumiantes, se puede usar la caña hasta los 10 d de cortada. El modelo empleado permitió cuantificar las pérdidas relativas y absolutas de la composición química de la caña de azúcar.

LITERATURA CITADA

Aranda, E. M., Mendoza, G. D., Ramos, J. A., Salgado, S., & Vitti, A. C. (2009). Selectividad de caña de azúcar en bovinos. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(1), 21-26.

Chen, J.C.P.1991. Manual del azúcar de caña: para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados. Edit. NORIEGA-LIMUSA. México, D.F. 1200 p.

Calsamiglia, S., Cardozo, P. W., Ferret, A., & Bach, A. (2008). Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *Journal of animal science*, 86(3), 702-711.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema climático de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hulbert, L., Peterson, S., Wallis, J., & Richmond, B. (2000). Stella research software. Hanover (USA): High Performance Systems Inc.

Larrahondo, J.E. 1995. Calidad de la caña de azúcar. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. p. 337-354.

López, I., Aranda, E. M., Ramos, J. A., & Mendoza, G. D. (2003). Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(4).

Macey, R., Oster, G., & Zanhley, T. (2000). Berkeley user's guide (version 8.01). California. University of California. USA.

Martínez C., A., Castillo M. A. & Milanes R.N. 1999. Deterioro postcosecha de la variedad de caña de azúcar Méx 69-290 en la zona de influencia del ingenio San José de Abajo. *In: XII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 99*. Veracruz, Veracruz. pp. 14-19.

- Ramírez, J., Burbano, O. I., & Valens, C. A. V. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 183-195.
- Ramos, J. A., Elías, A., Herrera, F., Aranda, E., & Mendosa, G. (2007). Processes for the production of an energetic-proteinic animal feed. Effect of final molasses levels on the solid state fermentation of *Saccha-sorghum* and *Saccha-polishing*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 41(2), 131.
- Rincón, C.A. 2005. Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial Forrajero en el Piedemonte Llanero. *Revista CORPOICA*. 6(2): 60-67
- Robertson, M. J., Muchow, R. C., Wood, A. W., & Campbell, J. A. (1996). Accumulation of reducing sugars by sugarcane: effects of crop age, nitrogen supply and cultivar. *Field Crops Research*, 49(1), 39-50.
- Rodríguez, D. N. E. 1996. Manual del laboratorio azucarero. Editorial Pueblo y Educación Cuba, pp. 17-89.
- Salgado García, S., Núñez Escobar, R., & Bucio Alanis, L. (2003). Determinación de la dosis óptima económica de fertilización en caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 21(2).
- Salgado, G.S., Lagunes, E.L.C., Ortiz, G.C.F., Aranda I.E.M. & Bucio A.L. 2012. Caña de azúcar: Producción sustentable. Mundi Prensa-Colegio de Postgraduados. México, D.F. 384 p.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 9.4). Cary NC, USA: SAS Institute Inc. 2014.
- Torres-Salado, N., Aranda, E. M., Mendoza, G. D., Hernández, D., Hernández, A., Landois, L., & Ramos, J. A. (2007). Consumo y producción de leche de vacas de doble propósito, suplementadas con Saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3).
- Vera-Espinosa, J. J., Carrillo-Ávila, E., Flores-Cáceres, S., Arreola-Enríquez, J., Osnaya-González, M., & Castillo-Aguilar, C. D. C. (2016). Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(3).
- Zossi, B.S., Gerónimo, J., Cárdenas, Natalia Sorol & Marcos Sastre (2011). Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán, R. Argentina: caña verde y quemada (Parte 2). *Rev. ind. agric. Tucumán* vol.88 no.1 Las Talitas ene./jun. versión On-line ISSN 1851-3018.

