

Caracterización de cultivares de caña de azúcar según componentes energéticos (Tucumán, Argentina)

Jorge V. Díaz, Santiago Ostengo¹, Diego D. Costilla¹, Marcos A. Golato², Matías Aybar Guchea¹, Silvia Zossi³, Ernesto R. Chavanne¹, Dora Paz³, Marcelo Ruiz³, y María I. Cuenya¹

RESUMEN

El bagazo y el residuo agrícola de cosecha (RAC) obtenidos de la caña de azúcar son considerados fuentes de energía que pueden contribuir a disminuir el uso de combustibles fósiles. El propósito de este trabajo fue caracterizar los tres cultivares de caña de azúcar más usados en Tucumán de acuerdo al rendimiento en fibra (bagazo) y RAC, y determinar la calidad de este último para ser utilizado como combustible en calderas de vapor. Los cultivares TUC 95-10, TUCCP 77-42 y LCP 85-384 se evaluaron en un ensayo implantado con un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. En cada parcela se tomaron muestras de 15 tallos con hojas y despuntes para determinar el contenido de fibra (%) del tallo y la proporción de RAC (%) para estimar las toneladas por hectárea de RAC seco (TRACH) y fibra (TFH). Los parámetros de eficiencia energética, que determinan la calidad del RAC, se analizaron por separado para despuntes y hojas. Se realizaron las siguientes determinaciones: ceniza (%), carbono fijo (%), sólidos volátiles (%) y poder calorífico superior (PCS). No se encontraron diferencias significativas entre los cultivares para TRACH y TFH. Con respecto a los parámetros de eficiencia energética del RAC, se registraron diferencias significativas en los despuntes de los cultivares estudiados en cenizas, sólidos volátiles y carbono fijo. Los resultados de este estudio muestran la importancia de describir los genotipos de caña de azúcar con respecto a características asociadas a la calidad energética, ya que en el contexto actual, la producción de energía constituye un aspecto cada vez más importante para el sistema productivo de la caña de azúcar.

Palabras clave: residuo agrícola de cosecha (RAC), poder calorífico, bagazo, fibra.

ABSTRACT

Characterization of sugarcane cultivars according to energy components (Tucumán, Argentina)

Bagasse (stalk fiber) and agricultural harvest residue (AHR) obtained from sugarcane are considered energy sources that can contribute to reduce the use of non-renewable fuels. The purpose of this work was to characterize the main sugarcane cultivars grown in Tucumán according to the yield performance of fiber and AHR and their energetic quality components to be used as fuel in boilers steam. Three cultivars of sugar cane (TUC 95-10, TUCCP 77-42 and LCP 85-384) were evaluated in a trial implanted according to a design in complete blocks with three repetitions. Samples of 15 stalks with tops and leaves were taken from each plot to determine fiber content of the stalks (%) and the AHR proportion (%) in order to estimate the tonnes per hectare of AHR (TAHR) and fiber (TFH). Energy parameters that determine the AHR quality were analyzed separately for tops and leaves. These parameters were: ash (As%), fixed carbon (FC%), volatile solids (VS%) and higher calorific value (HCV). For TAHR and TFH, there were no significant differences between cultivars. However, TUC 95-10 showed higher values. Regarding energy parameters of AHR, statistically significant differences were recorded in the tops of the varieties studied in As%, VS% and FC%. The results of this study show the importance of characterizing sugarcane genotypes regarding different traits in a current context where sugarcane is considered as an energy crop.

Key words: Agricultural harvest residue, bagasse, cultivars, calorific value, cogeneration.

Fecha de recepción: 02/10/2019 - Fecha de aceptación: 19/05/2020

¹ Sección Caña de Azúcar. EEAOC. e-mail: diazjorgevictor@gmail.com

² Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales. EEAOC

³ Sección Química de los productos Agroindustriales. EEAOC

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar adquiere cada vez mayor importancia como un cultivo que produce, además de azúcar, energía renovable. El residuo agrícola de cosecha (RAC) y el bagazo resultante de la molienda contribuyen a disminuir el uso de combustibles no renovables, ya que son utilizados, entre otros fines, como combustible en calderas de vapor (Ripoli *et al.*, 2000).

El RAC está constituido por hojas secas, hojas verdes y entrenudos superiores inmaduros. El conjunto de entrenudos inmaduros y las hojas de esos entrenudos reciben el nombre de “despunte”. Franco *et al.* (2013) reportan diferencias importantes en la composición química de las hojas y los despuntes, motivo por el cual resulta interesante estudiarlos por separado.

Luego de la cosecha, el RAC queda sobre el suelo y produce efectos importantes sobre la erosión, la temperatura y la humedad edáfica (Morandini *et al.*, 2009; Digonzelli *et al.*, 2011; Fernández de Ullivari *et al.*, 2012), y sobre la actividad de los microorganismos del suelo (Tortora *et al.*, 2013), entre otros aspectos. Dependiendo de las condiciones, resulta conveniente dejar el RAC sobre el suelo, incorporarlo o retirarlo del campo.

En Tucumán, el 94,1% de la cosecha se realiza en forma mecánica y en verde (Ostengo *et al.*, 2018), ya que la quema de la caña de azúcar en pie o en los apilados y de los residuos de cosecha es ilegal.

Por otro lado, aproximadamente la mitad del área con caña de azúcar en Tucumán se encuentra en la región de la Llanura Deprimida (Sanzano y Fadda, 2009). En gran parte de esta región, debido a la presencia de una capa freática cercana a la superficie se presentan situaciones de exceso de humedad, lo que motiva que retirar el RAC del campo luego de la cosecha sea la opción más conveniente.

Lo anteriormente expuesto genera la necesidad de manejar el RAC producido. Romero *et al.* (2009) reportan una producción de entre 7 y 16 t/ha de RAC seco en un estudio con cuatro cultivares en Tucumán.

Por otro lado, diversos parámetros determinan la calidad del RAC como combustible, por ejemplo cenizas (Cz), carbono fijo (CF), sólidos volátiles (SV) y poder calorífico superior (PCS) (Zamora *et al.*, 2015). El CF y los SV influyen en la energía de la biomasa y contribuyen a la velocidad de la reacción (Mistretta *et al.*, 2014). Las cenizas influyen negativamente en el proceso de combustión (Magasiner and Kock, 1987) y el PCS representa la cantidad de calor liberada por la combustión completa (Hugot, 1964).

Zamora *et al.* (2015), estudiando caracteres energéticos en el RAC del cultivar LCP 85-384, reportan un poder calorífico superior (PCS) de 16.313 KJ/Kg, 14,04% de cenizas en base seca (Cz), 69,2% de sólidos volátiles en base seca (SV) y 16,75% de carbono fijo en base seca (CF). Golato *et al.* (2017), estudiando el mismo cultivar, obtienen un PCS de 16.581 KJ/Kg y 13,89% de Cz.

El Programa de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) liberó, en los últimos 10 años, cultivares que se están difundiendo aceleradamente en Tucumán y que es importante caracterizar en cuanto a su producción de componentes energéticos y a la calidad de los mismos. Uno de ellos es TUC 95-10, cultivar liberado en el año 2011 y que ya ocupa el segundo lugar entre las

variedades plantadas en Tucumán (Ostengo *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo fue determinar la producción de caña, fibra y RAC y las principales características energéticas de este último en los tres cultivares de caña de azúcar más utilizados en Tucumán.

MATERIALES Y MÉTODOS

LCP 85-384, TUC 95-10 y TUCCP 77-42 ocupan respectivamente el primer, segundo y tercer lugar entre los cultivares de caña de azúcar utilizados en Tucumán. Estos cultivares fueron implantadas en un ensayo en la localidad de Cevil Pozo (26°50'49"LS - 65°07'14"LO), departamento Cruz Alta (Tucumán, Argentina), en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela experimental estuvo constituida por tres surcos de 10 metros de longitud. En la edad de soca 3, al final de la época de cosecha (setiembre), se tomó de cada parcela una muestra al azar de 15 tallos con sus respectivas hojas y despuntes. En cada muestra se evaluó el peso fresco de los tallos y se determinó el porcentaje de fibra (Fibra %), de acuerdo a la metodología descrita por Diez *et al.* (2000).

Las muestras de hojas y despuntes fueron llevadas a estufa hasta peso constante (peso seco) y por diferencia de peso se calculó el porcentaje de humedad. El peso seco del RAC se estimó a partir de los pesos secos de las hojas y de los despuntes. A partir del peso seco del RAC y del peso fresco de los tallos se estimó el porcentaje de RAC (RAC %)

Las parcelas experimentales fueron cosechadas, peladas, despuntadas manualmente y pesadas en su totalidad para estimar la producción de caña (fresca) por hectárea (TCH).

La producción de RAC seco por ha (TRACH) se estimó a partir de TCH y RAC %. Asimismo, la producción de fibra por ha (TFH) se estimó a partir de TCH y Fibra %.

Además, en las muestras de hojas y despuntes se determinaron los siguientes parámetros de calidad energética: humedad (H %), porcentaje de cenizas en base seca (Cz %), porcentaje de carbono fijo en base seca (CF %), porcentaje de sólidos volátiles en base seca (SV %) y poder calorífico superior en base seca (PCS), según procedimientos descritos por Zamora Rueda *et al.* (2015).

Para cada variable se realizó un análisis de la varianza y un test de comparación de medias (LSD Fisher). Se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de producción por hectárea de caña, fibra, RAC, hojas y despuntes. Los resultados obtenidos en las variables TCH y TRACH están en el orden de los reportados por Romero *et al.* (2009).

Tabla 1. Valores promedio de variables de producción para cada cultivar.

Variedad	t Caña/ha	% Fibra	%RAC	t Fibra/ha	t RAC/ha
TUC 95-10	106,25 a	12,43 a	13,92 a	13,21 a	14,79 a
TUCCP 77-42	87,20 a	12,24 a	14,14 a	10,67 a	12,33 a
LCP 85-384	84,68 a	12,06 a	16,60 a	10,21 a	14,06 a
Promedio	92,71	12,24	14,89	11,36	13,73

Letras distintas indican diferencia significativa (test LSD Fisher, $p < 0,05$)

Para los parámetros mencionados no se encontraron diferencias significativas entre los cultivares. Sin embargo, para el caso de TFH, TUC 95-10 superó a TUC-CP 77-42 y a LCP 85-384 en un 23% y un 29%, respectivamente.

En la Tabla 2 se resumen los resultados obtenidos para las variables de calidad energética determinadas en las muestras de hojas y despunttes.

Tabla 2. Valores promedio de las variables asociadas a la calidad energética del RAC en las hojas y despunttes de los cultivares analizados.

Variedad	Humedad [%]	Cenizas [%]	CF [%]	SV [%]	PCS [kJ/kg]
Hojas					
TUC 95-10	4,68 a	11,69 a	16,28 a	72,74 a	16.833 a
TucCP 77-42	3,83 a	12,11 a	16,21 a	71,68 a	16.500 a
LCP 85-384	5,31 a	11,81 a	15,78 a	72,22 a	16.848 a
Promedio	4,61	11,87	16,09	72,21	16.727
Despunttes					
TUC 95-10	17,27 a	7,51 a	18,98 ab	73,50 a	17.337 a
TucCP 77-42	21,13 a	8,08 a	18,35 b	73,57 a	17.599 a
LCP 85-384	21,12 a	5,94 b	19,24 a	74,82 b	17.537a
Promedio	19,84	7,18	18,86	73,96	17.491

Letras distintas indican diferencia significativa (test LSD Fisher, $p < 0,05$)

Como puede apreciarse, no se observaron diferencias entre los cultivares estudiados en las hojas. Tampoco se presentaron diferencias significativas en los despunttes para las variables humedad y poder calorífico superior.

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre los cultivares para las variables cenizas, carbono fijo y sólidos volátiles en los despunttes. LCP 85-384 mostró menor porcentaje de cenizas que TUC 95-10 y mayor porcentaje de sólidos volátiles que las otras dos variedades. Esto indicaría que el RAC de LCP 85-384 se quemaría con mayor facilidad que el de TUC 95-10 y TUC-CP 77-42. En cuanto a carbono fijo, LCP 85-384 mostró un porcentaje mayor al de TUCCP 77-42. Esto indicaría que el RAC de LCP 85-384 alcanzaría una mayor temperatura de combustión que el RAC de TUCCP 77-42 en el hogar de una caldera de vapor.

Los resultados anteriormente expuestos son similares a los citados por Zamora *et al.*, (2015) y Golato *et al.* (2017). Estos autores trabajaron sobre la variedad LCP 85-384 y tomaron muestras de RAC del suelo. En lo referente a cenizas, los autores mencionados obtuvieron resultados mayores a los reportados en el presente trabajo. Zamora *et al.* (2015) reportan 14,04% de Cz mientras que Golato *et al.* (2017) obtienen 13,89%. En el presente estudio el promedio es de 11,87% de Cz en las hojas y de 7,18% de Cz en los despunttes. Las diferencias se deben muy probablemente al tipo de muestreo, ya que los autores mencionados tomaron las muestras de RAC depositado en el suelo, las cuales contenían seguramente mayor cantidad de material inorgánico. En el presente estudio se trabajó sobre el RAC potencial, con lo cual se obtienen muestras con menos impurezas de suelo.

CONCLUSIONES

Los resultados promedio obtenidos de TRACH para LCP 85-384, TUCCP 77-42 y TUC 95-10 oscilaron entre 12,33 y 14,79 [t RAC/ha].

Los valores promedio de TFH para estos cultivares variaron entre 10,21 y 13,22 [t Fibra/ha]. En este aspecto TUC 95-10 superó a TUCCP 77-42 y a LCP 85-384 en un 23% y un 29%, respectivamente.

En cuanto a la calidad del RAC como combustible, no se encontró un efecto varietal en las hojas; aunque sí en los despunttes.

El desputte de LCP 85-384 presentó mejores características para su uso como combustible, ya que tuvo menor contenido de cenizas (5,94%) y mayor contenido de sólidos volátiles (74,82%) que los despunttes de los otros cultivares estudiados; además presentó mayor porcentaje de carbono fijo (19,24%) que TUCCP 77-42.

Los valores promedio de H, Cz, CF, SV y PCS, para las variedades analizadas, fueron: 4,61%, 11,87%, 16,09%, 72,21% y 16.727 [kJ/kg] para las hojas; y de 19,84%, 7,18%, 18,86%, 73,96% y 17.491 [kJ/kg] para el desputte, respectivamente.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la caracterización de los cultivares con respecto al nivel de producción y calidad de los componentes energéticos puede constituir una herramienta útil para un manejo más eficiente de los mismos en la agroindustria de la caña de azúcar.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C.W. Robledo. 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Diez, O.; S. Zossi; E. Chavanne y G. Cárdenas. 2000. Calidad industrial de las variedades de caña de azúcar de maduración temprana LCP 85-384 y LCP 85-376 en Tucumán. Análisis de sus principales constituyentes físico-químicos. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 77 (2): 39-48.
- Digonzelli, P. A.; M.J. Tonatto; E. R. Romero; G. A. Sanzano; J. Fernández de Ullivarri; J. A. Giardina y J. Scandaliaris. 2011. Assessing a sustainable sugar cane production system in Tucumán, Argentina. Part II: soil water and thermal regime, stalks population dynamics and sugarcane production. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 88 (2): 1-10.
- Fernández de Ullivarri J.; P. A. Digonzelli; M. Medina; F. Pérez Alabarce; M. F. Leggio Neme y A. Marto. 2012. Efecto del residuo de la cosecha en verde de la caña de azúcar sobre la humedad del suelo en el este de Tucumán, R. Argentina. Avance Agroindustrial 33 (2): 17-32
- Franco H. C. J.; M. T. B. Pimenta; J. L. N. Carvalho *et al.* 2013. Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. Sci. Agric. 70 (5): 305-312.
- Golato, M. A.; E. A. Feijóo; F. J. Franck Colombres; D. Paz y G. J. Cárdenas. 2017. Estudio preliminar del aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha de la caña de azúcar como combustible

- adicional para calderas bagaceras de Tucumán (Argentina). *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 94 (2): 21-31.
- Hugot, E. 1964. Manual para ingenieros azucareros. 2ª impresión: Editorial Continental, México.
- Magasiner, R. and J. Kock. 1987. Design criteria for fibrous fuel fired boilers. *Energy World*, Agosto-Septiembre: 4-12.
- Mistretta, M. G.; G. H. Zamora Rueda, F. Peralta *et al.* 2014. Metodologías termogravimétricas para la determinación del contenido de cenizas en bagazo y en residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar (RAC) de Tucumán. In XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Renovables y Ambiente. VI Latin América Regional Conference. ASADES.
- Morandini, M.; C. F. Hernández; H. C. Rojas Quinteros y A. G. Sanzano. 2009. Efecto de la conservación de residuos de cosecha de la caña de azúcar en la temperatura de un suelo Argiudol típico de la Llanura Chacopampeana sub húmeda-húmeda (Tucumán - Argentina)
- Ostengo, S.; M. A. Espinosa; J. V. Díaz; E. R. Chavanne; D. D. Costilla y M. I. Cuenya. 2018. Relevamiento de la distribución de variedades y de otras tecnologías aplicadas en el cultivo de caña de azúcar en la provincia de Tucumán: campaña 2016/2017. *Gac. Agroindustrial EEAOC* 81.
- Ripoli, T. C.; W. F. Molina y M. L. C. Ripoli. 2000. Energy potential of sugar cane biomass in Brazil. *Scientia Agrícola* 57: 677-681.
- Romero, E. R.; J. Scandaliaris; P. A. Digonzelli *et al.* 2009. Effect of variety and cane yield on sugarcane potential trash. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 86 (1): 9-13.
- Sanzano, G. A. y G. S. Fadda. 2009. Características de los suelos para caña de azúcar: recomendaciones de manejo. En: Manual del Cañero. Romero, E. R; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris J. (Eds.). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Argentina, pp. 23-34.
- Tortora, M. L.; L. Vera; N. Grellet Naval; J. Fernández de Ullivarri; P. A. Digonzelli y E. R. Romero. 2013. Efecto de la cobertura con residuo agrícola de cosecha sobre el desarrollo de microorganismos de importancia agronómica y ambiental. *Avance Agroind.* 34 (4) 33-36.
- Zamora Rueda, G. H.; M. G. Mistretta y F. L. Peralta. 2015. Caracterización energética del residuo agrícola de la cosecha de la caña de azúcar (RAC) de Tucumán. *Energías renovables y medio ambiente.* 36: 49-55.