

Artículo original

Determinación de los residuos agrícolas cañeros para la producción de energía renovable

Determination of the agricultural residuals cane in soil for the production of renewable energy

Nivaldo López Álvarez, Fernando Milanés Alarcón, Marlen Robaina Camacho

Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. Autopista Nacional km 231/2. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo-e: nlopez@unah.edu.cu

Recibido: 12/octubre/2017

Aceptado: 24/julio/2018

Resumen: El trabajo tuvo como objetivo determinar la cantidad de residuos agrícolas cañeros necesarios para la producción de energía renovable. Se ejecutó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Julio Rodríguez, perteneciente a la Unidad Empresarial de Base – Atención a Productores Agropecuarios Gregorio A. Mañalich. Se determinó inmediatamente después del corte, en condiciones de campo, la cantidad de residuos agrícolas cañeros que queda en el área cosechada, por variedades, por cepas, por rendimiento, y se estableció una media general. Los resultados obtenidos muestran que la variedad donde más residuos agrícolas cañeros se obtuvo (t/ha) fue la SP 70 2284, la cepa de mejores resultados fue la de frío y que a mayor rendimiento agrícola mayor cantidad de residuos agrícolas cañeros. Se obtuvieron 32.58 t/ha de residuos agrícolas cañeros en las áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa. Según su poder calórico se puede producir una cantidad de energía de 474 984 MJ/ha. Por ello es recomendable realizar el estudio en otras cepas sobre todo en las de ciclo corto. Esto ayuda a determinar el potencial energético renovable de una región donde se cultive la caña de azúcar y contribuir al desarrollo local.

Palabras y frases cortas clave: residuos, caña, cepas, variedades, energía

Abstract: The work has as objective to evaluate the quantity of agricultural residuals canein, for the production of renewable energy. The same one you development in the Basic unit of Cooperative Production Julio Rodríguez, belonging to the Managerial unit of Base - Attention to Agricultural Producers Gregorio A. Mañalich.it was evaluated immediately, after the cut under field conditions the quantity of agricultural residuals cane that is in the area harvested by varieties, for stumps, for yield, and a stocking general. The obtained results show that the variety where more t/ha of agricultural residuals canewas obtained it was the SP 70 2284, the stump of better results was that of cold and to bigger yield agricultural bigger quantity of agricultural residuals cane. In a general way 32.58 t/ha of agricultural residuals canewas obtained in the areas of the Basic unit of Cooperative Production and according to its caloric power an energy of 474 984 MJ/ha can take place. It is for it that is advisable to carry out the study mainly in other stumps in those of short cycle, because by means of these studies it is helped to determine the potential renewable energy of a region where the sugar cane is cultivated to contribute to the local development.

Keywords and short phrases: residuals, cane, stumps, varieties, energy

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* sp.) es una poacea que crece predominantemente en regiones tropicales y subtropicales y se utiliza en la producción de sacarosa (Grof et al. 2001). El 70% de esta especie se cultiva en países en desarrollo, entre los cuales se encuentra Cuba. Alrededor de 182 millones de toneladas se producen anualmente, en un área de 20.42 millones de hectáreas ubicadas en 121 países y para ello se cosechan aproximadamente 1 300 millones de toneladas de caña (FAO 2014).

Brasil tiene la mayor área dedicada a este cultivo (5 343 millones de hectáreas), mientras que Australia tiene la mayor productividad promedio (85.1 t/ha). De los 121 países productores de caña de azúcar, 15 (Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, México, Cuba, Colombia, Australia, USA, Filipinas, Sudáfrica, Argentina, Myanmar y Bangladesh) concentran 86.0% del área y el 87.1% de la producción mundial. Del total de producción de azúcar, aproximadamente 70% proviene de la caña y 30% viene de la remolacha azucarera (FAO 2014). La producción azucarera de Cuba en el 2015 llegó solamente a 1.7 millones de toneladas, como resultado de condiciones climatológicas desfavorables, deficiencias en la organización, falta de materiales críticos y recursos financieros (AZCUBA 2014).

La biomasa como fuente de producción de energía puede clasificarse en tres tipos, los cuales incluyen cultivos bioenergéticos, residuos agrícolas y residuos forestales (Karaj et al. 2015); sin embargo, también podrían incluirse los residuos ganaderos, industriales y urbanos.

La agroindustria cubana de la caña de azúcar es la fuente más importante de biomasa con que cuenta el país para el desarrollo de energía renovable, y actualmente constituye la única a partir de la cual se está generando electricidad (Villegas 2010).

En Cuba existe un elevado potencial de recursos biomásicos provenientes de la agroindustria azucarera. Estos recursos no se aprovechan adecuadamente y todavía el peso de la generación de electricidad proviene de las centrales termoeléctricas [las cuales presentan] un alto índice de contaminación ambiental. Esta biomasa posee características que permiten catalogarla como buen combustible, además de tener ventajas desde el punto de vista ambiental (Pérez 2007).

El uso de los residuos agrícolas cañeros (RAC) como combustible depende, ante todo, de la posibilidad de su recolección. En el país se cosecha 90% de la caña de forma mecanizada, por medio de cosechadoras que reintegran entre 50 y 70% de los residuos agrícolas cañeros al campo (Villegas 2010). Desde el punto de vista energético, teniendo en cuenta las expectativas de producción en cada localidad, además del aporte que este tipo de tecnología hace a la disminución de la huella ecológica este trabajo contribuye al desarrollo local en las áreas donde exista una empresa azucarera. Su objetivo fue determinar la cantidad de residuos agrícolas cañeros con potencialidad para la producción de energía.

Metodología

Caracterización del área de trabajo

El estudio se realizó en las Unidad Empresarial de Base (UEB)-APA Gregorio A Mañalich, ubicada al norte de la cabecera municipal de Melena del Sur. Cuenta con cinco Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), cinco Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y cinco Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) que son las encargadas de la producción de caña. Dentro de las UBPC el estudio se situó en la Julio Rodríguez, ubicada en la carretera Playa Rosario, km 61/2 Osvaldo Sánchez, municipio Güines, provincia Mayabeque. Al norte colinda con la CPA Alberto Torres, al sur con la CPA 27 de Noviembre, al este con la UBPC Fabián Cabrera y al oeste con la CCS Antonino Rojas.

Superficie y rendimiento por cepas en la UBPC Julio Rodríguez

La UBPC presentó el siguiente balance de cepas para la zafra 2014-2015. Como se observa en la tabla 1 la unidad cuenta con 807.81 ha para la zafra de las cuales 464.91 ha son de ciclo largo.

Tabla 1. Balance de cepas de la UBPC Julio Rodríguez en la zafra 2014-2015 (estimado)

Conceptos	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
Primavera quedada	72.58	90.00	6 532.20
Retoños quedados	140.41	50.02	7 023.55
Otras quedadas	221.59	56.18	12 449.50
Total quedadas	434.58	59.84	26 005.25
Frío	30.33	75.00	2 274.75
Sub-total ciclo largo	464.91	60.83	28280.00
Primavera retoño-soca	161.34	61.22	9 877.80
Otros retoños	181.56	37.12	6 739.35
Total retoños	342.9	48.46	16 617.15
Primavera	0.00	0.00	0.00
Sub-total ciclo corto	342.90	48.46	16 617.15
Total molible	807.81	55.58	44 897.15

Características de los suelos

Los suelos de la UBPC se caracterizan fundamentalmente por el mal drenaje interno y superficial (Hernández et al. 2006). Según su clasificación hay cuatro tipos de suelos: Fersialítico Pardo rojizo (0.78%), Húmico Carbonático típico (61.18%), Oscuro Plástico gleyzozo (21.26%) y Pardo Sialítico gleyzozo (12.88%).

Metodología para la determinación del porcentaje de residuos agrícolas cañeros

Fundamentación del método

Se basa en la toma de muestras de los campos en proceso o cosechados después de la recogida de la caña. Se pesan los residuos dejados en las áreas muestreadas. Se procede a cortar los trozos de caña que presentan partes dentro y fuera de los límites del área ya sea larga o trozos, dando el corte en el punto que limita ambas para muestrear las pérdidas en cosecha.

Todos los trozos que quedan dentro de los límites del área se depositan sobre la manta de acuerdo con los conceptos de pérdidas.

Generalidades

- La determinación de residuos en la cosecha (muestreo) se realizará en campos en proceso.
- La muestra de residuos en cosecha estará constituida por cinco sub-muestras.
- No se tomarán sub-muestras después de 24 h de haber sido cosechado el lugar de cualquier parte del campo en proceso de corte.
- En la medida en que se vaya realizando el muestreo se llevará un registro hasta completar el resultado de las cinco sub-muestras que constituyen los datos de una muestra.
- Si se hacen menos de cinco sub-muestreos, no se podrá considerar como una muestra ni que el campo ha sido muestreado.
- Se considerará caña dejada de recolectar:
 - Los trozos desprendidos por la cosechadora, camión o carretas.

- Los trozos de caña caídos por la mala sincronización con el equipo de tiro y por el exceso de colmos.
- La caña larga dejada de cortar por la cosechadora.
- Para la información se considerarán unidos los trozos de caña desprendidos por la cosechadora y los trozos de caña caídos por la mala sincronización.

Muestra

La superficie de la muestra será de 48 m², distribuidos en cinco áreas dentro del campo con una longitud perpendicular a los surcos de 4.8 m de largo por 2 de ancho (Figura 1). El total de la caña dejada de cosechar en las cinco áreas muestreadas (sub-muestra) constituye la muestra del campo. La metodología utilizada fue descrita por Taceo y García (2006).

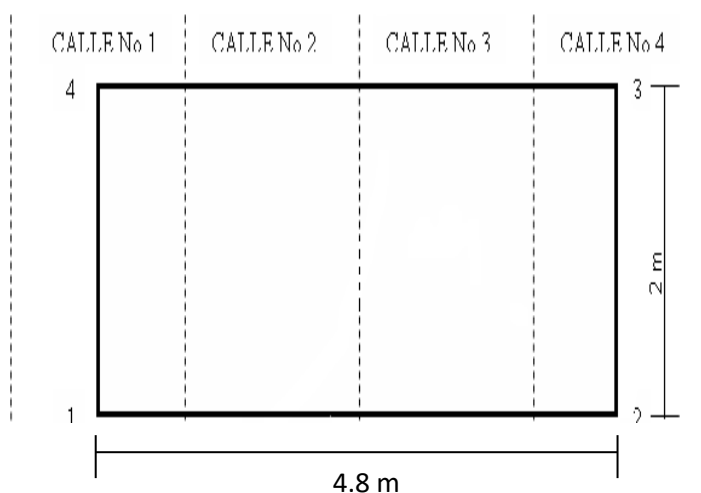


Figura 1. Representación de la toma de muestra

Procesamiento de la información

El cálculo para determinar el volumen de RAC por variedades, cepas y rendimiento se hizo primero sumando las cantidades de residuos y pérdidas para determinar el total de RAC, después se realizó el cálculo para una hectárea a partir de los resultados obtenidos de la superficie muestreada (48 m²). La información de las superficies muestreadas se presenta en la Tabla 2. Para la homogenización de la información se ponderaron los resultados alcanzados en función de las hectáreas.

Tabla 2. Información de los campos muestreados

Nº bloques	Nº campos	Superficie (ha)	Variedad	Cepa	Rendimiento (t/ha)
2227	1	19.09	C 323-68	P/Q	90
2226	2	17.32	C 86-56	R/Q	50
2032	4	19.38	C 86-56	P/Q	90
2219	1	30.33	SP 70-2284	Frío	75
3316	2	7.5	C 86-12	P/Q	75

Cálculo de la energía

Para el cálculo de la energía primero se determinó el 90% del total de RAC como se indica por Pérez (2000) y se multiplicó por el poder calórico de los mismos (16.2 MJ/kg). La conversión de

mega Joules (MJ) a mega Wattx horas MWh se hizo a partir de la fórmula: $\text{Watt} = \frac{J}{t}$, donde J = Joules y t = tiempo

Resultados y discusión

Cantidad de residuos agrícolas cañeros por variedades de caña de azúcar

En la Figura 2 se muestra el resultado de las toneladas por hectáreas de RAC en función de las variedades. La variedad SP 70-2284 es la que mayor valor obtiene alcanzando 36.27 t/ha, le sigue la variedad C 86-56 con 34.62 t/ha, y con menores valores, las variedades C 323-68 y C 86-12 con 26.26 y 21.7 t/ha, respectivamente.

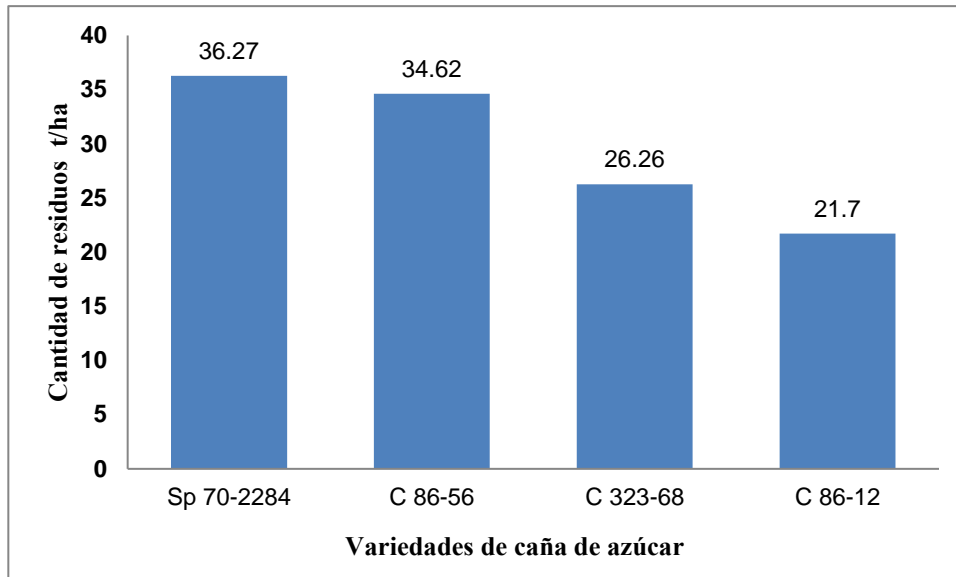


Figura 2. Cantidad de residuos agrícolas cañeros (t/ha) por variedades de caña de azúcar

Estos resultados son superiores a los encontrados por Kadam et al. (2010) quienes informaron valores de RAC en la variedad SP 71-6163 de 24.3 t/ha. Algo importante a tener en cuenta es que nuestros resultados son superiores porque se consideró no solo la paja dejada durante la cosecha, sino también las pérdidas de cosecha que también pasan a ser parte de los residuos agrícolas cañeros.

Cantidad de residuos agrícolas cañeros por cepas de caña de azúcar

Los resultados de toneladas de RAC/cepas que se muestran en la Figura 3 evidencian que solo se muestrearon cepas de ciclo largo, o sea, estas plantaciones poseen entre 15 y 22 meses de edad. Las 35.94 y 34.52 t/ha de RAC obtenidas para las de frío y primavera quedadas son superiores a las 24.16 t/ha de RAC en cepas de retoños quedados.

Estos resultados son superiores a los obtenidos por Rozeff (2004) y Zulauf et al 2010) quienes obtuvieron valores de 17.8 y 14.9 t/ha de RAC, respectivamente, en cepas de ciclo largo con aproximadamente 18 meses de edad.

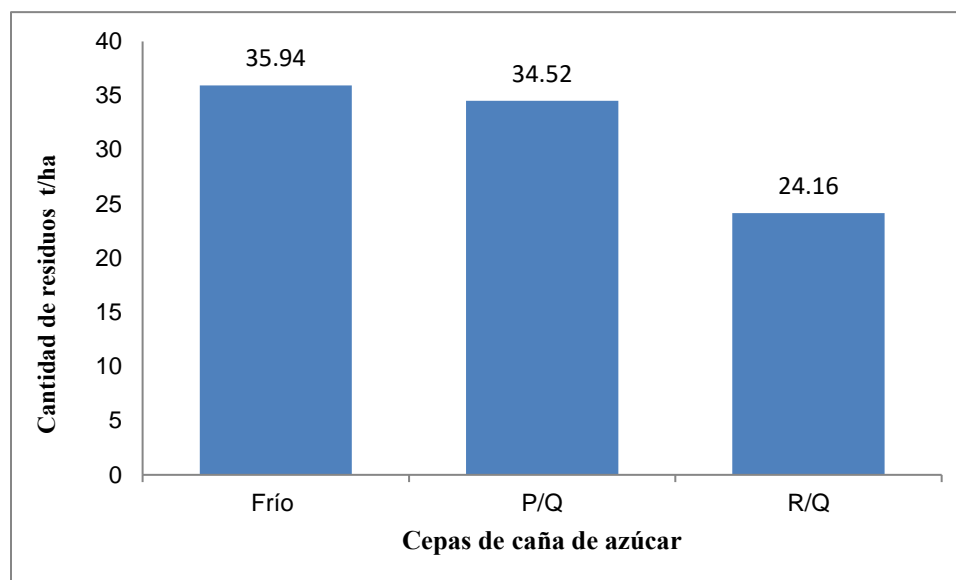


Figura 3. Cantidad de residuos agrícolas cañeros (t/ha) por cepas de caña de azúcar

Se considera que estos resultados pueden estar condicionados porque se trabajó con una estimación de los RAC a partir de los rendimientos agrícolas cañeros. La disponibilidad real de los residuos se mide en el campo después de ser cosechada la caña de forma verde y aún así se tendrá en cuenta la cantidad a recoger. Es importante recordar que la forma de corte y tipo de maquinaria entre otros factores, influirá en la cantidad de impurezas que vayan a la industria y en las pérdidas de cosecha que se convertirán en RAC.

Cantidad de residuos agrícolas cañeros por rendimiento de caña de azúcar

Es evidente como se muestra en la Figura 4 que a medida que el rendimiento del cultivo es mayor, las cantidades de alcanzados RAC (t/ha) son mayores hasta alcanzar 36.73 t de RAC/ha. Como promedio se obtuvieron 32.58 t de RAC/ha.

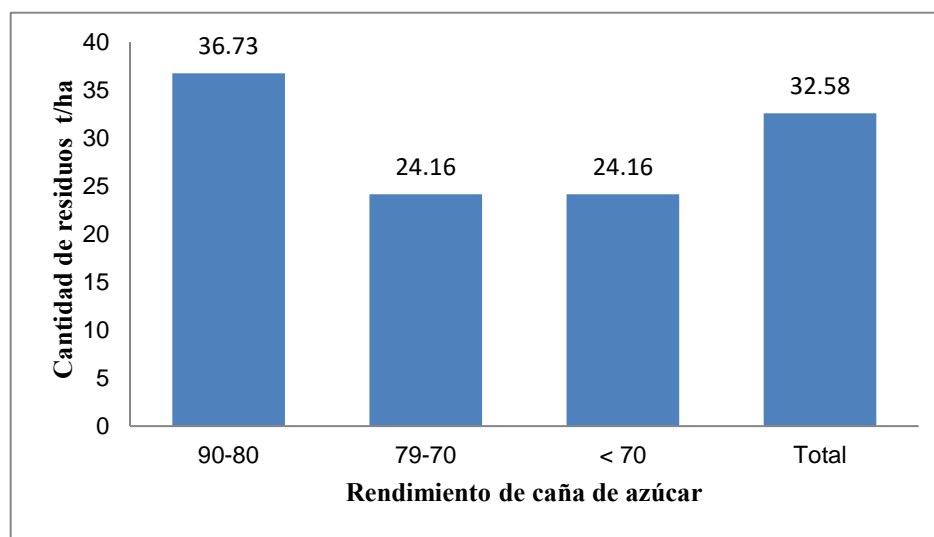


Figura 4. Cantidad de residuos agrícolas cañeros por rendimiento de caña de azúcar

Aunque estos valores están en el rango de los encontrados por otros autores, no coinciden exactamente con ellos. Por ejemplo, Furlani (2010) obtuvo valores de 17.3 t/ha de RAC. Taceo y García (2006) encontraron que, en la Empresa Azucarera Héctor Molina Riaño, durante la zafra 2005-2006, se quedaron en el campo como promedio 11.48 t/ha de RAC.

Producción de energía

El uso de los RAC como combustible depende, ante todo de la posibilidad de su recolección. En Cuba se cosecha más de 90% de la caña en forma mecanizada. Las cosechadoras reintegran 50% de los RAC al campo. Según la investigación realizada es posible recolectar, como promedio, 32.58 t de RAC por hectárea de caña cosechada. El estudio de la posibilidad de generar energía eléctrica a partir de los residuos de la caña muestra que se pueden obtener 474 984 MJ/ha, o visto de otra forma, se puede producir el equivalente de 132 MWh.

Según Bustamante (2016), para producir 132 MWh se necesitan 77 barriles de petróleo. Al precio de 42 USD/barril equivale a 3 234 USD/ha. Esta cantidad se ahorraría por la generación de energía a partir de los RAC.

Conclusiones

La variedad de caña donde se obtuvo una mayor cantidad de RAC fue la SP 70-2284. En las cepas de frío se obtuvieron los mayores valores de RAC. Como promedio se obtuvieron 32.58 t/ha de RAC en los campos de la UBPC Julio Rodríguez. La energía que se puede obtener a partir de la cantidad de RAC es de 474 984 MJ/ha, lo cual equivale a 132 MWh.

Referencias

- AZCUBA (2014) Cuba aspira a producir 1.8 millones de toneladas de azúcar en el 2015. 15 pp., La Habana, Grupo Empresarial Azucarero.
- Barrios JA (1996) El tallo de la caña de azúcar. *Revista Cañaveral* 2(3):48-49.
- Bustamante V (2016) En defensa del agua. *Trabajadores*, 120:10, ed. única, 11 de septiembre de 2016, La Habana.
- FAO (2014) Análisis del Mercado Mundial. Sistema de información y alertas sobre agricultura y la alimentación. N° 2 mayo. <http://www.fao.org/giews/spanish>. Consultado 3 octubre 2017.
- Furlani Neto VL (2013) Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhiço remanescente de colheita mecânica. *STAB, Piracicaba* 15(4):25-27.
- Grof PLC, Campbell JA (2001) Sugarcane sucrose metabolism: scope for molecular manipulation. *Aust Plant Physiol* 28:1-12.
- Hernández A, Ascanio MO, Morales M, Cabrera A (2006) Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales. Ediciones INCA, La Habana.
- Hernández AJ (1996) Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR, La Habana.
- Kadam RS, Rosual M N (2015) Sugar cane trash as a source of energy. In: *International Society of Sugar Cane Technologists Congress*. Cartagena, pp 345-348.
- Karaj Sh, Rehl T, Leis H, Muller J (2015) Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 493-499.
- Pérez FE (2007) Actualidad del empleo como combustible de los residuos agrícolas cañeros en Cuba. *Int Sugar JNL* 102(1219).

- Rozeff N (2014) Sugar cane biomass and burning: an empirical scenario for the Lower Rio Grande Valley of Texas. Sugar Cane (2):2-5.
- Taceo MA, García LG (2006) Levantamiento de los Residuos Agrícolas Cañeros (RAC) para su posible utilización como combustible. Estudio de caso: Empresa Azucarera Héctor Molina Riaño. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. La Habana.
- Torres JS, Briseño CO, Astaiza D, Rosillo M (2013) Manejo y valor energético de los residuos de la cosecha en verde. Cenicña10(3): 13-17.
- Villegas PJ (2010) Aprovechamiento de residuos fibrosos de la industria azucarera mediante procesos de conversión térmica. Tesis de Doctorado. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara.
- Zulauf WE, Caporali SA, Videlra RM (2010) Cálculo preliminar da energia liberada anualmente na queima dos canaviais brasileiros. En: Simpósio sobre queima de palha de canaviais. Araraquara 9, 2010, pp 145-150, Campina Grande, Anais, Campina Grande, UFPB/CCT, Brasil.