

Panorámica en México de la utilización de los residuos agroindustriales: residuos fibrosos de la caña de azúcar

Diana Isis Llanes-Gil-López^{1*}, Jorge Aurelio Lois-Correa¹, María Elena Sánchez-Pardo², Vanesa Natalie Orta-Guzmán¹

1 Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones en Ciencia Aplicada y Tecnología de Avanzada, CICA-TA-Altamira. Km 14.5, Carretera Tampico -Puerto Industrial Altamira, Tamps., México CP 89600

*diana.llanes@ymail.com

2 Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del ENCB-IPN, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Av. Wilfrido Massieu Esq. Cda. Manuel Stampa s/n C.P. 07728, Delegación Gustavo A. Madero, México.

RESUMEN

Mundialmente uno de los problemas medioambientales que más apremian a la industria es la generación de residuos y su correcto manejo, en el panorama de un uso sustentable se concibe la idea de reducir lo más posible la producción de residuos, una de las maneras de reducirlos es convirtiéndolos en materia prima de co-productos de valor agregado. En este sentido, es importante mencionar que la gramínea *Saccharum officinarum* produce nueve subproductos en el proceso de producción de azúcar, algunos son residuos fibrosos: bagazo, cogollo y paja. En este trabajo se muestra una perspectiva de la utilización que se aplica en México a los residuos fibrosos de la caña de azúcar, mostrando entre ellos algunos de los trabajos realizados en IPN-CICATA Altamira en colaboración con diversas instituciones en temáticas de alimentos para rumiantes, productos para absorber derrames de crudo en mantos acuíferos, galletas adicionadas con bagazo de caña, entre otras.

PALABRAS CLAVE: bagazo, cogollo, caña de azúcar, biotecnología.

ABSTRACT

Worldwide, one of the environmental problems that more urge to the industry is the generation of waste and its proper management. In the context of sustainable use, is conceived the idea of reducing waste production as much as possible, one of the ways to reduce them is turning them into raw material for value-added co-products. In this sense it is important to mention that the grass *Saccharum officinarum* produces nine by-products in its sugar production process, some of these are fibrous residues: bagasse, cane tops and straw. This paper shows a perspective of the use given of sugar cane residues in Mexico, showing among them some of the work done in IPN-CICATA, Altamira in collaboration with various institutions such as ENCB and ITA. on issues of food for ruminants, products to absorb spills of crude oil in aquifers and cookies added with bagasse, among others

KEYWORDS: bagasse, cane tops, sugarcane, biotechnology. *visiae*.

INTRODUCCIÓN

En México se generan cerca de 76 millones de toneladas de materia seca proveniente de 20 cultivos, de los cuales aproximadamente 60 millones de toneladas corresponden a residuos primarios, obtenidos al momento de la cosecha, entre los que

se encuentran: hojas y tallos del maíz, tallos y vaina de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, así como cáscara de algodón, por citar algunos. El resto, 15,6 millones de toneladas corresponden a residuos secundarios obtenidos del procesamiento postcosecha, entre los que están: bagazo de caña

de azúcar, mazorcas y olotes, bagazo de maguey o agave, así como pulpa de café (1). La mayoría de estos residuos se pueden reutilizar, teniendo un tratamiento previo o directamente. La caña de azúcar, es una de las principales alternativas para la elaboración de tecnologías sustentables y esto se debe, en gran medida, a su gran contenido energético y a la pluralidad de usos que manifiesta. Para confirmar lo anterior basta mencionar que a partir de los residuos de la caña de azúcar se puede generar más de 300 co-productos, algunos de alto valor agregado. Como característica importante, se puede señalar que esta última genera nueve subproductos, los cuales, tal y como se mencionara anteriormente, sirven de materia prima para más de 300 co-productos, desde biodiesel, furfural, proteínas, y enzimas hasta fármacos. En la figura 1 se muestran los subproductos de la caña de azúcar.

No obstante, en México la utilización de estos subproductos está reducida escasamente al bagazo como fuente de energía en las calderas, donde es quemado para producir energía calorífica. En este sentido en el Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigaciones en Ciencia Aplicada y Tecnología de Avanzada, Altamira, México (IPN-CICATA) se tiene un grupo de trabajo asesorado por el Dr. Jorge A. Lois Correa (2) en el que se ha tenido la visión de generar tecnologías sustentables que permitan el aprovechamiento de residuos agroindustriales entre los que se destacan los subproductos de la agroindustria azucarera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El bagazo de caña fue suministrado por el Ingenio El Higo SA de CV del grupo Zucarmex, el cual se recibió con una humedad aproximada de 40 %, procediendo a secarse en un deshidratador vertical con aire forzado, moliéndose a continuación en un molino de cuchillas hasta obtener un tamaño de partículas del orden de las micras pasando por un tamiz (No. 70) de 212 micras (3) para poder cumplir con las normas de generación de harinas para su utilización en alimentos.

Por su parte, el cogollo fue recolectado de un cultivo experimental que se tiene sembrado en las instalaciones del IPN-CICATA-Altamira.

METODOLOGÍA

Determinación de cenizas por el método de incinerado

Este método consiste en la carbonización de la muestra depositada en un crisol de porcelana, pri-

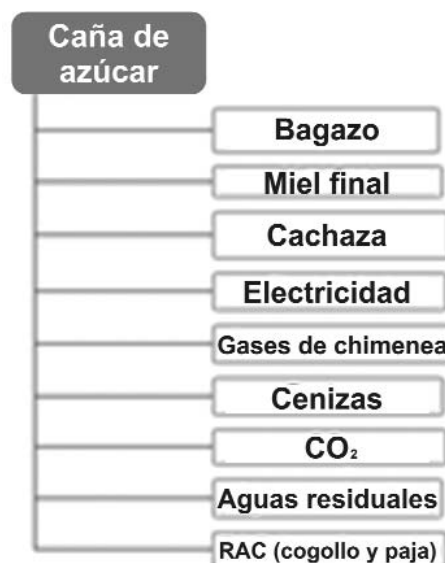


Figura 1. Subproductos de la caña de azúcar.

meramente con un mechero de Bunsen y posteriormente dentro de una mufla a una temperatura entre 500-600 °C hasta que las cenizas estén libres de carbón. Las cenizas son las sustancias inorgánicas que se pueden determinar por incineración del material entre 575 y 850 °C. Fundamentalmente son las sales inorgánicas de calcio, potasio y magnesio, así como sílice en las maderas tropicales. Forman carbonatos, fosfatos, oxalatos y silicatos (4).

Determinación de lípidos

Para la extracción de lípidos se utilizó éter de petróleo como disolvente, utilizando un sistema de extracción Soxhleth en 1,0 g de muestra (5).

Determinación de proteína cruda por el método Kjeldahl

La determinación de proteína se analizó por el método Kjeldahl, el cual es un método indirecto, ya que se calcula el porcentaje de proteína a partir del cálculo del contenido de nitrógeno total. El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que, en exceso de hidróxido de sodio, libera amoníaco, el que se destila recibiéndolo en ácido bórico, formándose borato de amonio que se valora con ácido clorhídrico (6).

Determinación de fibra dietética total (FDT)

La fibra dietética total se determinó por el método 32,05 de la AACC (7), mediante el cual se utiliza una combinación de enzimas: α -amilasa termoestable, amiloglucosidasa y proteasa, con la finalidad de digerir y eliminar el almidón y prote-

Tabla 1. Análisis químico proximal de bagazo y cogollo integrales

Parámetro %	Bagazo sin tratamiento	Cogollo sin tratamiento
Materia seca	92,5 ± 0,17	88,88 ± 0,5
Humedad	7,4 ± 0,43	11,12 ± 0,35
Proteína cruda	4,2 ± 0,8	4,41 ± 0,4
Cenizas	4,0 ± 0,23	4,98 ± 0,22
Fibra cruda	80,7 ± 0,51	68,00 ± 1,0
Extracto etéreo	1,7 ± 0,02	2,79 ± 0,05

Tabla 2. Análisis químicos especiales de bagazo y cogollo integrales, %.

Muestra	FDN	FDA	Lignina	Hemicelulosa	Celulosa	FDT (dietaria)
Bagazo integral	85 ± 0,9	58,2 ± 0,5	23,06 ± 0,8	27 ± 0,7	35,16 ± 0,65	77,6 ± 0,5
Cogollo integral	78 ± 1,91	47 ± 0,05	9,0 ± 0,20	30,5 ± 0,67	45,0 ± 0,2	76,4 ± 0,5

ínas; quedando el material no digerible (fibra) el cual se filtra y se pesa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la utilización de residuos agroindustriales como materias primas de co-productos es imperante y necesaria una caracterización morfológica, estructural y química de los mismos para poder dar pautas de su utilización, en ese sentido en la tabla 1 se muestra una caracterización química del cogollo y bagazo de caña de azúcar utilizados para la elaboración de co-productos en el IPN-CICATA Altamira.

En el IPN- CICATA- Altamira se ha desarrollado en el área ecológica, productos absorbentes para derrames de petróleo en mantos acuíferos, a base de bagazo de caña de azúcar aprovechando las cualidades de absorción de aceite que esta fibra posee.

Por otra parte, el grupo de trabajo ha desarrollado diferentes co-productos, dentro de los que se incluyen alimento animal a partir de cogollo y bagazo de caña de azúcar, alimento para humanos como galletas adicionadas con bagazo de caña (8),

chapatas en sustituciones con bagazo, etc.

En este sentido de la alimentación tanto animal como humana, una de las limitantes de utilización es el contenido de lignina.

En la tabla 2 se muestra el contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa.

En relación al contenido de lignina se observa un valor elevado de este compuesto, por tal motivo en muchas de las tecnologías se aplican pretratamientos a las fibras de bagazo para delignificar las fibras, reduciendo el empaquetamiento que la matriz de lignina produce.

CONCLUSIONES

La utilización de residuos de la agroindustria azucarera en México necesita el desarrollo de nuevas tecnologías; en IPN-CICATA Altamira se ha incursionado exitosamente en el desarrollo de co-productos a partir de residuos fibrosos de la caña de azúcar.

En este sentido es importante citar que se han desarrollado alimentos para rumiantes llevando a cabo su aplicación en lotes experimentales, se han desarrollado alimentos para humanos y se han sometido a análisis sensoriales con un panel de evaluadores no especializados.

AGRADECIMIENTOS

A los Proyectos SIP 2017-0761, 2016-0764 del Instituto Politécnico Nacional (IPN), a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), al Instituto Tecnológico de Altamira (ITA) y a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Valdez-Vázquez I, Acevedo-Benítez J A & Hernández-Santiago C (2010) Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renew. Sust. Energy Rev.* 14: 2147-2153.
2. Lois-Correa, J. (2008). Sistemas y equipos de desmedulado en la industria de los derivados de la caña de azúcar. Monografía. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba 1982. Revisado y reeditado.

- 3ra Edición en Compendio de los Derivados de la Caña de Azúcar ISBN 978-959-7165-18-7.
3. Norma del CODEX para la harina y la sémola de maíz sin germen CODEX STAN 155-19854. Fengel and G. Wegener, Walter de Gruyter,(1984) Wood-chemistry, ultrastructure, reactions, by D. Berlin and New York, 613 pp. Price: 245 DM
 5. NMX-F-545-1992. Método de prueba para la determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en productos cárnicos. Foods. Test method for extract ether determination (Soxhlet method) in meat products. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
 6. AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition. Washington, D.C.
 7. ACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 32-05.01 Total Dietary Fiber, November 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-02-03.02>
 8. Licona Aguilar Ángeles, I. Obtención de fibra dietética nutricional de valor agregado a partir de bagazo de caña, Tesis para obtener el grado de Maestría en Tecnología Avanzada, IPN-CICATA- Altamira 2010.
 9. Alves Rezende C. *et al.* 2011, Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility. Biotechnology for Biofuel, doi:10.1186/1754-6834-4-54.
-