

LA CONTRIBUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES EN MÉXICO Y EL MUNDO: UNA PERSPECTIVA MULTIDISCIPLINARIA¹

HOW TECHNOLOGY CONTRIBUTES TO ENVIRONMENTAL PROBLEM-SOLVING IN MEXICO AND THE WORLD: A MULTIDISCIPLINARY PERSPECTIVE¹

María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa*

Presidenta Fundadora de la Comisión de Química, Tercera Presidenta de la Academia y Miembro del Consejo de Honor / *Founding President of the Chemistry Commission, Third President of the Academy, and Member of the Council of Honor*

Marisela Bernal-González

Presidenta del Comité Organizador del Congreso, Vice-Presidenta de la Academia y Académica de la Comisión de Química / *President of the Organizing Committee of the Congress, Vice-President of the Academy, and Professor at the Chemistry Commission*

¹ Este documento está basado en la Conferencia Introductoria de la Mesa Redonda la Tecnología y el Ambiente en el marco del **VII Congreso Internacional de la AMCATH, Academia Mexicana de Ciencias, Artes Tecnología y Humanidades**, realizado en la Unidad de Seminarios “Ignacio Chávez”, Ciudad Universitaria de la UNAM, Ciudad de México, México, del 16 al 21 de octubre de 2017. / *This document is based on the Introductory Conference of the Round Table on Technology and Environment at the VII International Congress of the Mexican Academy of Sciences, Arts, Technology, and Humanities, developed at Unidad de Seminarios “Ignacio Chávez”, Campus Ciudad Universitaria UNAM, Mexico City, Mexico. October 16-21, 2017.*

*Autora a quien debe dirigirse la correspondencia.

UNAM, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química, Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Ciudad de México, México.

Teléfonos: (+55) 5622-5300 al 04. Fax (+55) 5622-5300. Correos electrónicos: mcduran@unam.mx y marisela_bernal 2000@yahoo.com.mx

Resumen

En este documento, los tecnólogos buscan como objetivo superior mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos del planeta, desde nosotros los seres humanos hasta los organismos que nos acompañan en el globo terráqueo, con excepción, quizá, de los organismos patógenos, que son la única especie que está realizando una perturbadora tarea en la naturaleza debido a su crecimiento poblacional descontrolado.

Palabras clave: Uso eficiente y sustentable del agua, la energía y la biomasa

Abstract

In this paper, technologists aim at finding a better quality of life as a superior goal, not only for human beings but also for all the living creatures that accompany us in this planet, perhaps with the exception of pathogens, which are the only species performing a disrupting task in nature due to its uncontrollable growth.

Keywords: Efficient and sustainable use of water, energy, and biomass

Introducción

El uso eficiente y sustentable del agua en la sociedad moderna mundial es una necesidad imperativa que debe servir de guía para que los investigadores de todo el mundo propongan una alternativa efectiva que permita el ahorro de energía y la producción de este recurso de forma renovable.

En las industrias azucarera y alcoholera, el agua se usa de manera intensiva. Según colegas del Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA, de la Ciudad de la Habana, Cuba, y tomando en cuenta los valores máximos permisibles en Cuba para algunos de los parámetros considerados

como valor de pH de 6-9, DBO de no más de 50 mg/L, DQO de no más de 250 mg/L, sólidos suspendidos totales de no más de 50 mg/L, grasas y aceites de no más de 10 mg/L, nitrógeno total de no más de 10 mg/L y fósforo total de no más de 2 mg/L, se puede observar que hay problemas ambientales asociados con el posible vertimiento de estos efluentes líquidos (Cordovés-Herrera, 2009). Por lo tanto, debemos buscar la forma de aplicar nuestros conocimientos para que las industrias que producen bienes y satisfactores, lo hagan de la mejor manera posible al reducir el impacto ambiental.

Los ejemplos tomados en esta ocasión están relacionados con la industria que se vale de la planta terrestre más eficiente para aprovechar la luz del sol, nuestra fuente primaria de energía, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Este documento trata de las bondades de las plantas que actúan simbióticamente con ciertos microorganismos y usan la energía del sol para depurar el

agua que ya usamos y ensuciamos.

Finalmente, se menciona la planta de la que todos los mexicanos nos sentimos orgullosos e incluso nos llamamos hijos: el maíz (*Zea mays*). El Dr. Vargas, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, habló de manera realmente magistral sobre la sapiencia milenaria de nuestras culturas autóctonas en su conferencia inaugural sobre la milpa y el monte en el evento organizado por la Academia Mexicana de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades (Vargas, 2017).

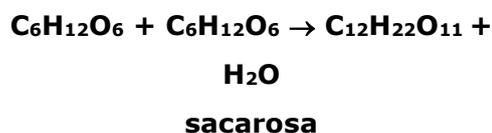
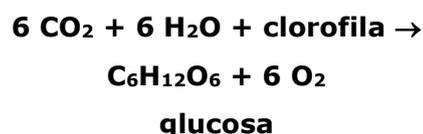
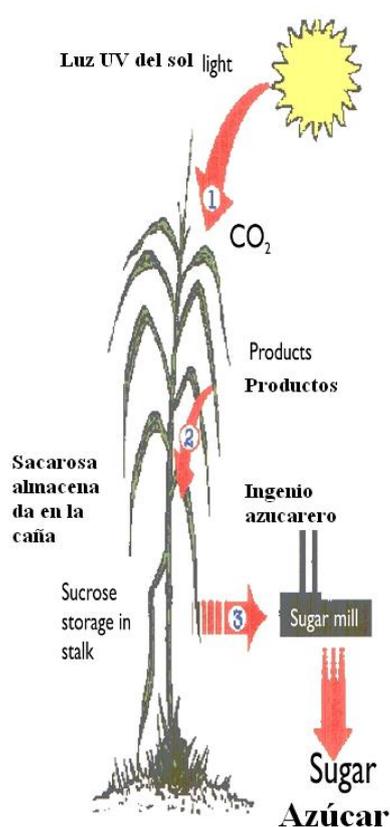
Lo sustantivo de este asunto es que debemos hacer posible que el bienestar y la calidad de vida de todos los habitantes de nuestras áreas rurales mejoren sustancialmente.

Si logramos producir energía en forma de metano, alimentos para peces y estos para los seres humanos y recuperar el agua ya depurada usando plantas para volverla a usar, habremos aplicado la tecnología de manera sensata.

En el primer ejemplo de este documento, se presenta el aprovechamiento de las vinazas de las plantas alcohólicas para producir metano, biomasa microbiana y aguas tratadas que pueden mejorar los suelos cañeros. En el segundo ejemplo, se ven las opciones que los campesinos tienen para aprovechar integralmente el maíz, dándole un valor agregado desde la milpa.

Primer Ejemplo: Caña de Azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta maravillosa desde el punto de vista energético, ya que toma la luz ultravioleta del sol y el dióxido de carbono que se encuentra en la atmósfera y, a través de la fotosíntesis, los transforma en energía de biomasa (Figura 1).



TRANSFORMACIÓN DE LA LUZ SOLAR Y ASIMILACIÓN DEL CO₂

Figura 1. Aprovechamiento simultáneo del CO₂ atmosférico y de la luz ultravioleta del sol para producir energía útil para los seres humanos (glucosa para el metabolismo glucolítico o glicolítico y los productos de la caña de azúcar) (Cordovés-Herrera, 2009)

El cultivo de la caña de azúcar y la industria azucarera constituyen uno de los pilares económicos y sociales en el desarrollo de México. El valor generado en la producción de azúcar fue de 53.6 mil millones de pesos en 2015 (SAGARPA, 2015). La producción de azúcar en México supera las 6.5 millones de toneladas anualmente (USDA, 2016).

La caña de azúcar es una planta útil para los seres humanos, ya que precisamente proporciona azúcar, la fuente de energía por excelencia para el organismo humano, pero también provee de

bagazo de caña para producir energía por combustión o por pirólisis y para producir gas de síntesis (hidrógeno y CO) y carbón activado, las mieles incristalizables derivadas de la cristalización del azúcar que son fermentadas para producir alcohol etílico, una fuente inigualable de energía para los vehículos automotores y de la destilación de éste para enriquecer el contenido de etanol, las vinazas con las que puede producirse metano, una fuente de energía para la propia empresa alcoholera. Todos estos productos y co-productos se muestran en las Figuras 2a y 2b.

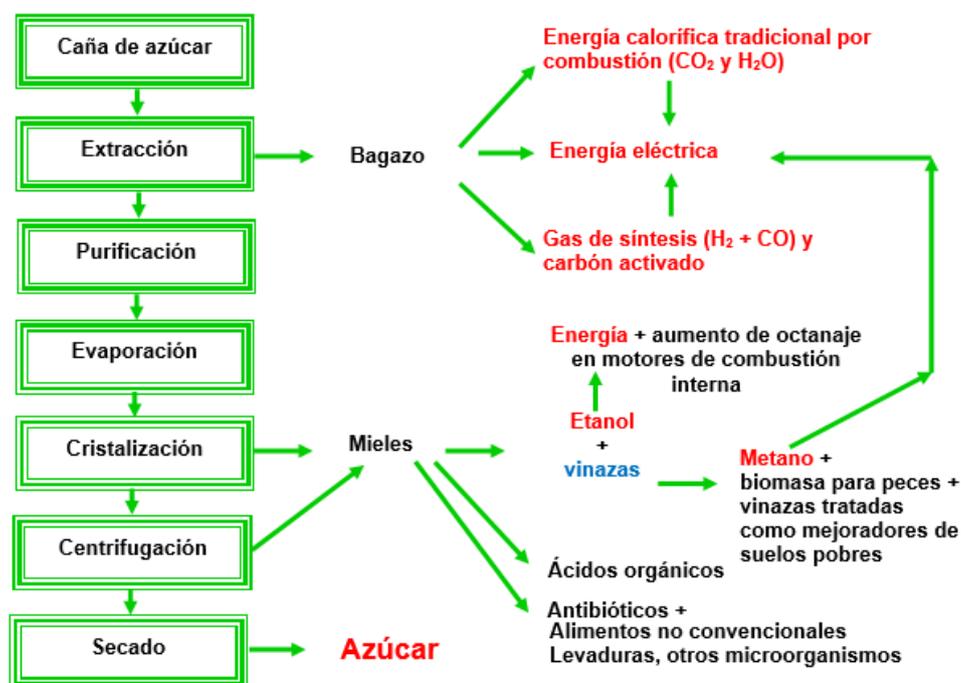


Figura 2a. Aprovechamiento integral de la caña de azúcar para producir azúcar, energía limpia para los seres humanos y energía para los procesos humanos: electricidad, calor, energía mecánica, etc. (mejorada de Durán-Domínguez-de-Bazúa y Bernal-González, 2014)



Figura 2b. Producción de etanol a partir de las mieles finales o incristalizables o melazas de la caña de azúcar para obtener azúcar, energía limpia para los seres humanos y energía para los procesos humanos: electricidad, calor, energía mecánica, etc. (Información tomada de de-Bazúa y col., 1991 y mejorada por Contreras-Contreras, 2019)

El agua se usa de manera intensiva en este sector productivo; particularmente, cuando se desea reaprovechar las mieles finales que quedan después de cristalizar el azúcar, las cuales se diluyen con agua para que las levaduras puedan aprovechar la glucosa que se formó al romperse la molécula de sacarosa y que produzcan alcohol etílico.

Este etanol (ahora conocido como bioetanol) se destila fraccionadamente para purificarse

y uno de los subproductos de las torres de destilación son las vinazas, llamadas así porque la corriente de mieles ya fermentadas se conocen coloquialmente como vino.

Estas vinazas se recuperan de las torres de destilación y pueden transformarse bioquímicamente aprovechando las arqueas metanogénicas para producir biogás rico en metano, que se puede utilizar como fuente de energía para las propias torres de destilación al usarse como combustible de las calderas que producen el vapor empleado en ellas (Figura 3).

Este reaprovechamiento de las vinazas ha sido estudiado extensamente desde los años 80 del siglo XX para producir biogás rico en metano (Bernal-González y col., 2012; de-Bazúa y col., 1991; Durán y col., 1994; Durán-de-Bazúa y col., 1994; Durán-Domínguez-de-Bazúa y col., 2012). De su tratamiento aerobio secuenciado se obtiene biomasa para peces usando un sistema compacto y eficiente de biodiscos (Castro-Villagrana, 1988) y aguas

residuales tratadas anaerobia-aerobiamente que son extraordinariamente útiles para los suelos pobres, donde se siembra la caña reponiendo el potasio y otros nutrimentos simulando a los humedales (Bautista-Zúñiga y col., 2000a, 2000b, 1998; Bautista-Zúñiga y Durán-de-Bazúa, 1998; Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2011; Orduña-Bustamante y col., 2011; Salgado-Bernal y col., 2011, 2012a, 2000b).

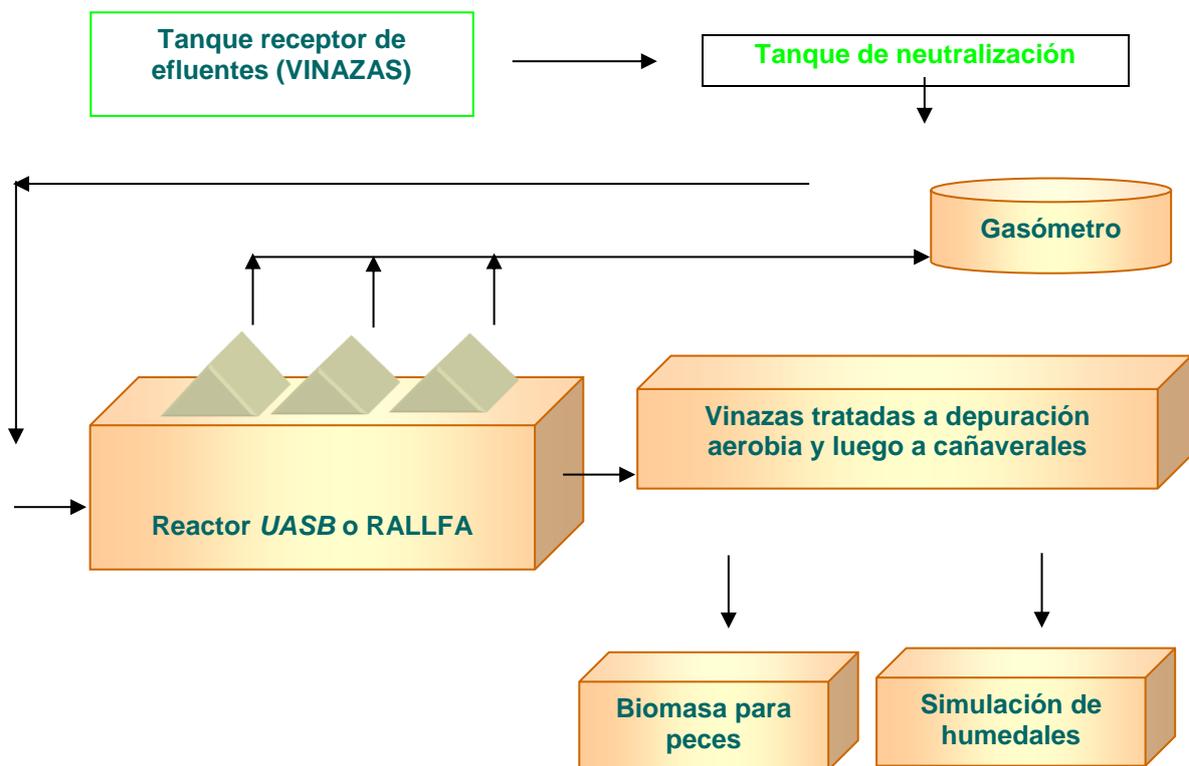


Figura 3. Producción de energía renovable, alimento para peces y mejoradores de suelo a partir de las vinazas de las plantas destiladoras de mostos producidos a partir de las mieles incristalizables del jugo concentrado de la caña de azúcar (Modificada de Cordovés-Herrera y Valdés-Jiménez, 2006; Durán-Domínguez-de-Bazúa y Bernal-González, 2014)

Segundo Ejemplo: Maíz (Zea Mays)

Para el segundo ejemplo, sobre la planta precolombina que fue domesticada por los mesoamericanos y de la que todos los mexicanos somos hijos, se hablará de una patente de producción de harinas precocidas de maíz, que fue ampliada para precocer otros granos y esquilmos como el salvado de arroz (Durán-Domínguez, 1978; Sánchez-Tovar y Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2005).

Esto permite producir directamente harina a partir de los granos secados en el campo usando un extrusor conectado a un tractor, si no hubiera electricidad, o directamente a la energía eléctrica.

Los beneficios para los campesinos son diversos: pueden

ser autosuficientes para producir sus alimentos empleando menos energía o pueden vender las harinas directamente sin intermediarios (Figuras 4a a 4d).

Esta opción permite obtener productos tan nutritivos como los tradicionales e incluso con mejores características al tener la fibra dietética incorporada ya que la molienda del grano incluye el pericarpio o la cascarilla (Durán-de-Bazúa, 1988).

En la Figura 4a en la parte superior se observa un diagrama esquemático comparativo de la extrusión alcalina contra la nixtamalización y en la parte inferior el equipo ya instalado en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM para procesar 50 kg/h de maíz crudo.

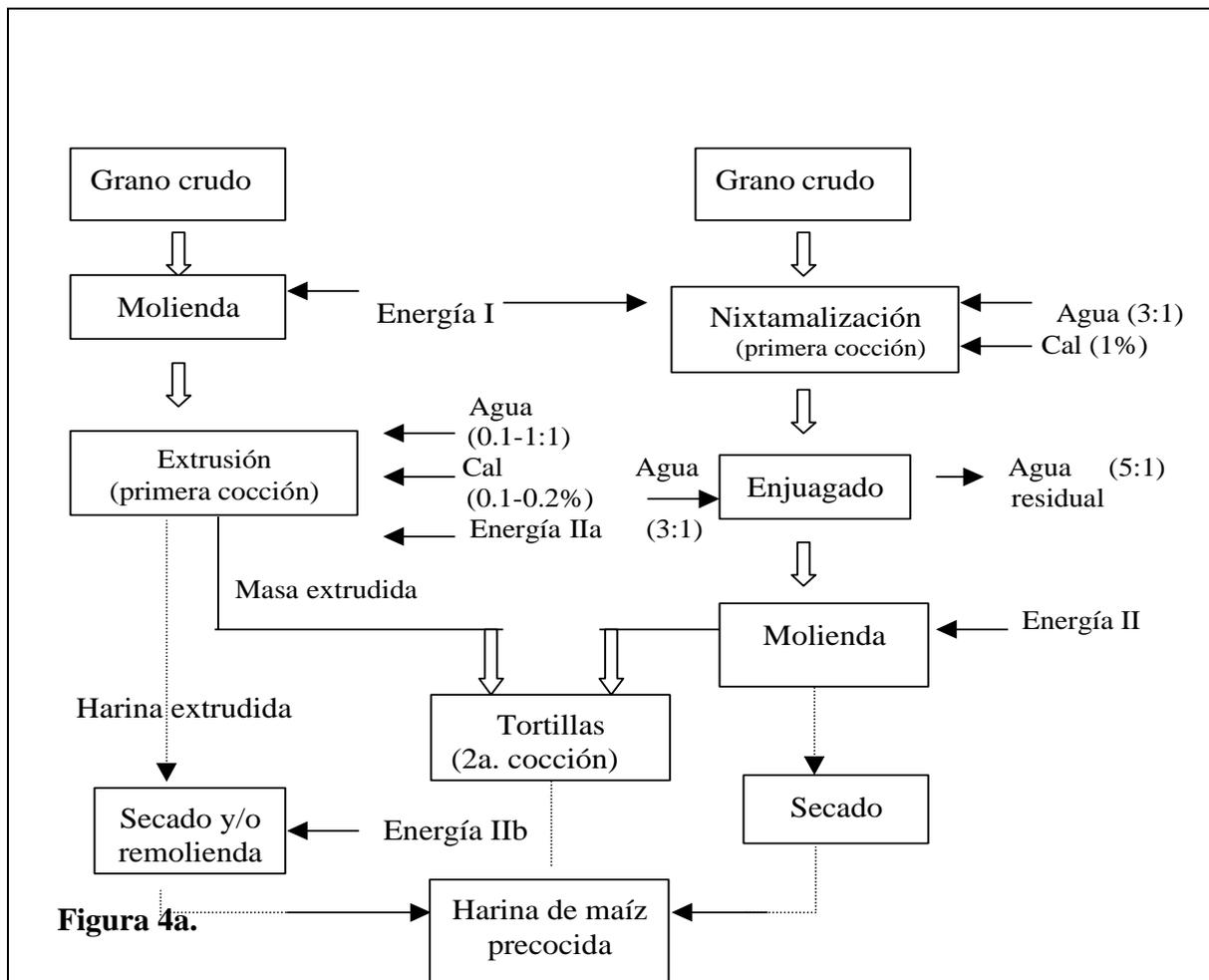
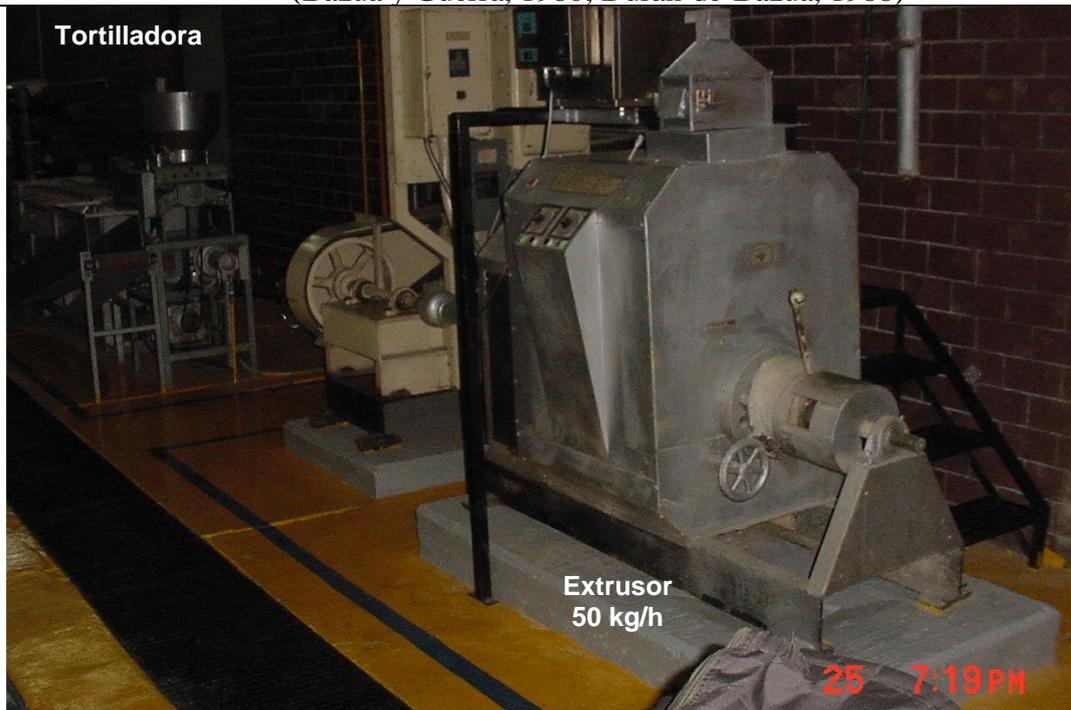
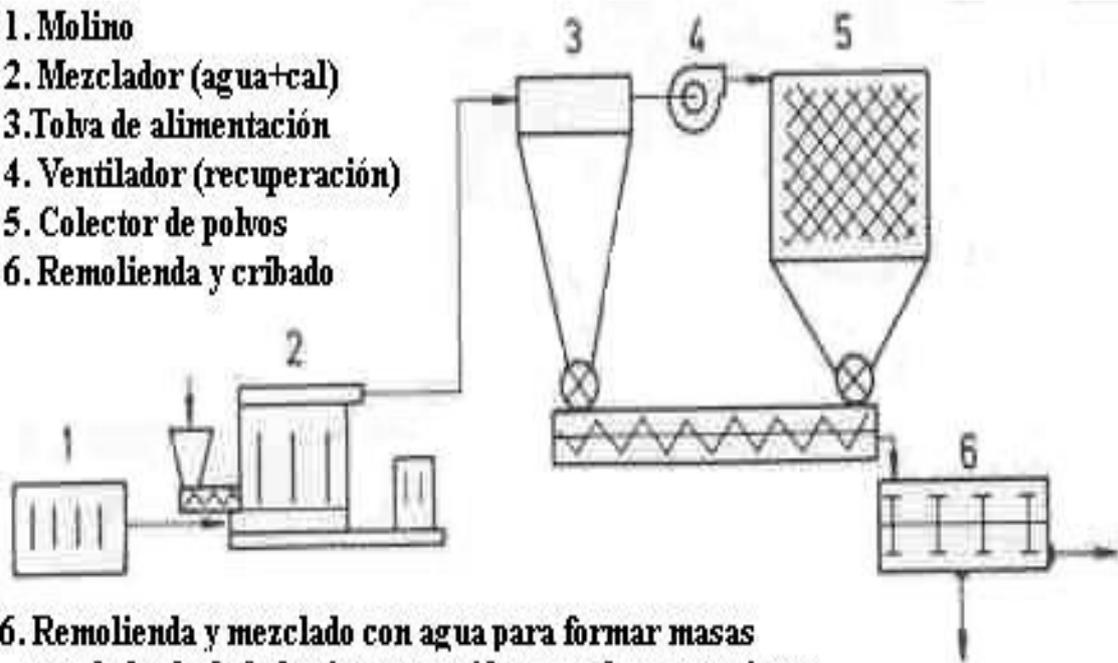


Figura 4a.

Figura 1. Diagrama esquemático comparativo de los procesos de extrusión y nixtamalización del maíz (y del sorgo) (Bazúa y Guerra, 1980; Durán-de-Bazúa, 1988)



1. Molino
2. Mezclador (agua+cal)
3. Tolva de alimentación
4. Ventilador (recuperación)
5. Colector de polvos
6. Remolienda y cribado



6. Remolienda y mezclado con agua para formar masas o embolsado de la harina precocida para almacenamiento

Figura 4b. Producción de harinas precocidas de maíz o de masas listas para producir tortillas (Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2015; Sánchez-Tovar y Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2005)



Figura 4c. Tolva con masa para tortillas (Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2015)



Figura 4d. Tortilladora produciendo el alimento mexicano por automasía (Durán-Domínguez-de-Bazúa, 2015)

Conclusiones

El uso eficiente y sustentable del agua y la energía en la sociedad moderna mundial en la sociedad moderna mundial es una necesidad imperativa que debe

servir de guía para que los investigadores de todo el mundo propongan una alternativa efectiva que permita el ahorro de energía y la producción de este recurso de forma renovable. Los dos ejemplos

discutidos en este trabajo son aplicables a las industrias azucarera y alcoholera y al procesamiento del maíz, y pueden extenderse a otras actividades productivas, haciendo posible que el bienestar y la calidad de vida de todos los habitantes de nuestro planeta mejoren sustancialmente (Manahan y col., 2007).

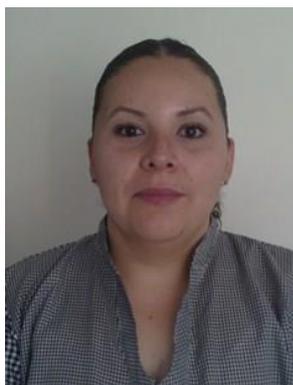
Agradecimientos

Las autoras agradecen a todos los colegas y estudiantes que a lo largo de los años, como puede verse en algunas de las referencias citadas abajo, han participado activamente en estos proyectos que buscan mejorar la calidad de vida de los sectores de la sociedad tradicionalmente marginados. A través de estos ejemplos se pretende lograr que los campesinos que producen la caña de azúcar y los obreros y profesionales de las industrias azucarera y alcoholera tengan nuevas opciones tanto para mejorar su calidad de vida como para aumentar el uso eficiente y la sustentabilidad de sus tareas, especialmente de aquellas que dependen del uso del agua y la energía.

Homenaje

Las autoras desean rendir homenaje a la Q. A. **Mauricia Betzabeth Guzmán-Gómez**, alumna excelente, quien, desafortunadamente, perdió la vida en el sismo del 19 de septiembre de 2017 en el cumplimiento del deber al estar realizando sus actividades profesionales en los Laboratorios CENCON que se desplomaron en la Colonia Roma de la Ciudad de México. Todos la recordaremos siempre por su bonhomía, tesón y enorme sentido de responsabilidad:

Descanse en paz (†)



2011. Premio a la Mejor Presentación Oral en la IV Mesa "El agua y las humanidades" / *Table IV "Water and the Humanities"* del IV Congreso Internacional de la AMCATH.

Investigación "El agua potable endulzada con azúcar o fructosa o edulcorantes artificiales: Pruebas con sistemas modelo de laboratorio / *Drinking water sweetened with sugar or fructose or artificial sweeteners: Studies with laboratory model systems*"

a la alumna de la carrera de Química de Alimentos **Mauricia Betzabeth Guzmán-Gómez (†)** bajo la supervisión conjunta de Rolando Salvador García Gómez y Carmen Durán-de-Bazúa.

Colaboradores: Diana Jiménez-Pineda, Sonia Gabriela Carrillo-Núñez, Rolando Salvador García-Gómez, Gerardo Salas-Garrido, Lucía Macías-Rosales, María Isabel Gracia-Mora, Nimbe Torres-Torres, Armando Tovar-Palacio, Guillermo Ordaz-Nava y María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa.

Academia Mexicana de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades. 1 de julio de 2011. Querétaro, Qro., México.

Referencias

- Bautista-Zúñiga, F., Durán-de-Bazúa, C., Reyna-Trujillo, T., Villers-Ruiz, L. 2000a. Agroindustrial organic residues: Handling options in cane sugar processing plants. *Sugar y Azúcar*. 95(9): 32-45. (Residuos orgánicos agroindustriales: Opciones de manejo en los ingenios azucareros. *Sugar y Azúcar*, 95(10): 23-37). ISSN: 0039-4742.
- Bautista-Zúñiga, F., Durán-de-Bazúa, C., Lozano, R. 2000b. Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica soluble tipo vinazas. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 16(3): 89-101. ISSN: 0188-

4999. Redes internacionales:
http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/TLAXCALA%202009/REVISTA/contaminacion/acervo/vol_16_3/1.pdf
- Bautista-Zúñiga, F., Durán-de-Bazúa, C. 1998. Análisis del beneficio y riesgo potenciales de la aplicación al suelo de vinazas crudas y tratadas biológicamente. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 14(1): 13-19. ISSN: 0188-4999. Redes internacionales:
http://www.academia.edu/4250036/_Analisis_del_beneficio_y_riesgo_potenciales_de_la_aplicacion_al_suelo_de_vinazas_crudas_y_tratadas_biologicamente_
- Bautista-Zúñiga, F., Rivas, H., Durán-de-Bazúa, C., Palacio, G. 1998. Caracterización y clasificación de suelos con fines productivos en Córdoba, Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas Boletín*, 36: 21-33 (1998).
- Bazúa, C. D., Guerra, R. 1980. Los centros de investigación y educación superior y el desarrollo de agroindustrias. Dos problemas tipo. Parte II. Nuevos productos agrícolas procesados. *Tecnol. Aliment. (Mex.)*, 15(6): 4-16.
- Bernal-González, M., Vergara-Salgado, S., Durán Domínguez-de-Bazúa, C. 2012. Identification of methanogenic and sulfate-reducing bacteria from three upflow anaerobic sludge blanket reactors operating at 45, 55, and 65 °C with sugarcane-based vinasses diluted with tap water (50: 50). *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. 4: 111-120.
- Castro Villagrana, J. M. Pas. Ing. Alim. 1988. Producción de proteína microbiana empleando como substrato vinazas de ingenios azucareros. Premio conjunto / Primer lugar categoría profesional. ATAM-Centro de Control Total de Calidades. Mejor trabajo oral presentado en el XIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Supervisión conjunta de la M. en C. María de los Ángeles Cabrero (UASLP) y la Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa (UNAM). San Luis Potosí, SLP, México.
- Contreras-Contreras, J. A. 2019. Caracterización química de vinazas de torres de destilación y posible remoción de polifenoles de ellas

empleando sistemas bioquímicos anaerobios. Tesis de Maestría en Ciencias (Ciencias Químicas). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Cordovés-Herrera, M. 2009. Impactos y soluciones ambientales en el sector agroindustrial cañero / *Environmental impacts and solutions in the cane agroindustrial sector*. Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA. Vía Blanca y Carretera Central, Ciudad de la Habana, Cuba. En Memorias del Quinto Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos / *En Proceedings of the Fifth International Seminar of Experts on the Treatment of Industrial Effluents and Residues*. Del 11 al 14 de noviembre de 2009 / *November 11-14, 2009*. pp. 48-57. México D. F. / *Mexico City*.

Cordovés-Herrera, M., Valdés-Jiménez, M. E. 2006. Global recycling of wastewaters from the ethyl alcohol production / Aprovechamiento integral de los efluentes residuales de la producción de alcohol etílico. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Vía Blanca y Carretera Central, Ciudad de la Habana, Cuba. Correos electrónicos: marianela.cordoves@icidca.edu.cu y esperanza.valdes@icidca.edu.cu. En Memorias del Cuarto Minisimposio Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Aguas, Atmósfera y Suelos / *En Proceedings of the Fourth International Minisymposium on Removal of Contaminants from Wastewaters, Atmosphere, and Soils*. Del 8 al 11 de noviembre de 2006 / *November 8-11, 2006*. pp. 156-161. Ciudad de México / *Mexico City*.

De-Bazúa, Cabrero, M. A., Poggi, H. M. 1991. Vinasses biological treatment, anaerobic-aerobic experiments. Laboratory and pilot plant tests. Part 1. *Bioresource Technol.* 35: 87-93.

Durán, C., Noyola, A., Poggi, H., Zedillo, L. E. 1994. Water and energy use in sugar mills and ethyl alcohol plants. In *Efficient Water Use*. Eds. H. Garduño-Velasco, F. Arreguín-Cortés. Pub. UNESCO-ROSTLAC. ISBN 92-9089-340-0. pp. 361-370. Montevideo, Uruguay.

- Durán-de-Bazúa, C. 1988. Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maíz y sorgo. Monografía Tecnológica No. 2. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. OEA. 71 pp. Pub. UNAM-Proy. Multinal. Technol. Alimentos. ISBN 968-36-0576-1. México D. F., México.
- Durán-de-Bazúa, C., Noyola, A., Poggi-Varaldo, H. M., Zedillo, L. E. 1991. Biodegradation of process industry wastewater. Case problem: Sugarcane industry. En *Biological Degradation of Wastes*. Ed. A. M. Martin. Cap. 17. pp. 363-388. Elsevier Science Pub. Ltd. ISBN 1-85166-635-4. Londres, Inglaterra.
- Durán-Domínguez, C. 1978. Procedimiento para cocer maíz por extrusión. Registro: 7 de abril de 1978. Dirección General de Invenciones y Marcas. Departamento de Patentes. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Patente Núm. 172126. México D. F., México.
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, M. C. 2015. Ecotecnologías para el reciclado: Soluciones más limpias con el uso de las ciencias biológicas y las ingenierías. Conferencia impartida en la Universidad Simón Bolívar. 12 de octubre de 2015. México D. F., México.
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2011. Artificial Wetlands: Pre-Columbian Inheritance for the Depuration of Polluted Water. Applications to the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industry / Humedales artificiales: Herencia prehispánica para la depuración de aguas contaminadas. Aplicaciones a la industria azucarera-alcoholera. María del Carmen Sugar Journal (<http://www.SugarJournal.com>). *Sugar Journal*. 74(7): 10-21. La versión en español fue reimpressa por *Revista ATAM*. 25(1): 13-20 (2012). ISSN: 2007-610X.
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, M. C., Bernal-González, M. 2014. Uso eficiente del agua en la industria cañera mexicana / *Efficient water use in the Mexican cane sugar industry*. María del Carmen, Marisela. En *Proceedings of the 2014 Eighth International Minisymposium on Removal of Contaminants from Wastewaters, Atmosphere, and Soils*. Prof. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-de-Bazúa, Profa. M.C.A. Rosa Martha Padrón-López, Dra. en Ing. Marisela Bernal-González, M.en

- C., Q.A. Rolando Salvador García-Gómez, M. en A. I. QFB Landy Irene Ramírez-Burgos (Eds.). Libro electrónico (disco compacto). pp. 111-122. RACAM-AMCATH-DACB Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-LIQAyQA, FQ, UNAM. ISSN: 2448-6116. Del 25 al 28 de junio de 2014. Villahermosa, Tabasco, México.
- Manahan, S. E., Enríquez-Poy, M., Molina, L. T., Durán-de-Bazúa, C. 2007. Energy and activated carbon production from crop biomass byproducts. En *Towards a cleaner planet. Energy for the future*. Eds. Jaime Klapp, Jorge L. Cervantes-Cota, José Federico Chávez-Alcalá. Springer Verlag. ISBN 10 3-540-71344-1, 13 978-3-540-71344-9. ISSN: 1863-5520. pp. 365-387. Berlín, Heidelberg, Nueva York.
- Orduña-Bustamante, M. A., Vaca-Mier, M., Escalante-Estrada, J. A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, C. 2011. Nitrogen and potassium variation on contaminant removal for a vertical subsurface flow lab scale constructed wetland. *Bioresource Technology*. 102: 7745-7754.
- SAGARPA 2015. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (20 de abril de 2015). Obtenido de www.sagarpa.gob.mx
- Salgado-Bernal, I., Martínez-Sardiñas, A., Carballo-Valdés, M. E., Cruz-Arias, M., Durán-Domínguez, M. C. 2012a. Diversidad de las bacterias rizosféricas asociadas a plantas de *Typha dominguensis* en humedales del río Almandares. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 43(3): 1-7.
- Salgado-Bernal, I., Carballo-Valdés, M. E., Martínez-Sardiñas, A., Cruz-Arias, M., Durán-Domínguez, C. 2012b. Interacción de aislados bacterianos rizosféricos con metales de importancia ambiental. *Rev. Tecnol. Ciencias Agua*. 3(3): 83-95 (2012).
- Salgado-Bernal, I., Cárcamo-Ramírez, H., Martínez-Sardiñas, A., Carballo-Valdés, M. E., Cruz-Arias, M., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M. C. 2011. Efectos ambientales de contaminantes químicos en las aguas: Una propuesta biotecnológica para su eliminación. *Revista Cubana de Química*. XXIII (3): 87-95.

Sánchez-Tovar, S. A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M. C. 2005. Proceso para producir sémolas y/o harinas precocidas por medio de extrusión en granos y esquilmos agroindustriales para la elaboración de masas y tortillas y de otros productos alimenticios. Solicitud de registro: 16 de junio de 2005. Facultad de Química, UNAM. IMPI. PA/a/2005/006459. Patente Núm. 266971. Otorgada el 26 de mayo de 2009. México D. F., México.

USDA. 2016. Sugar: World Markets and Trade. (Noviembre de 2016).
Obtenido de United States, Department of Agriculture:
apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf