

OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*)

**A.Segura¹, A. Manríquez¹, D. Santos¹, E. Ambriz¹, P. Casas, A.H.Serafin
Muñoz¹**

**¹Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. División de Ingenierías.
Universidad de Guanajuato.**

¹ Universidad de Guanajuato, México, ai.segurabustos@ugto.mx; ² Universidad de Guanajuato, México, an.manriquezzuniga@ugto.mx; ³ Universidad de Guanajuato, México, de.santos.gomez@ugto.mx; ⁴ Universidad de Guanajuato, México, ei.ambrizacosta@ugto.mx; ⁵Universidad de Guanajuato, México, pm.casasjimenez@ugto.mx , ***sermuah@ugto.mx**

Resumen

Se requiere nuevas alternativas de obtención de biocombustibles en México a partir de biomasa, recursos renovables y desechos orgánicos además de poder desarrollar nuevas tecnologías. El objetivo de este trabajo de investigación fue obtener celulosa y bioetanol del bagazo de piña. El aprovechamiento de este bagazo evitará el consumo de cultivos destinados a la alimentación, evitando el uso excesivo de tierras. La finalidad fue estudiar un proceso para extraer celulosa del bagazo de piña, y mediante hidrólisis ácida de celulosa y del bagazo se obtuvo glucosa, la cual se le neutralizó a un pH de 5.0, se realizó la fermentación utilizando microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* en un biorreactor discontinuo tipo Batch con turbinas manteniendo una temperatura de 30° C.

Palabras clave: Bioetanol, ananas comosus, biorreactor.

Key Words: Bioethanol , ananas comosus, bioreactor.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente y desde hace algunos años la industria de los combustibles fósiles como la gasolina y el diésel en México y el mundo está atravesando momentos críticos en el aspecto económico, político, ecológico y social (FAO, 2013). El precio de los combustibles derivados del petróleo en México ha aumentado de manera considerable en estos últimos sexenios, surgiendo así la necesidad de recurrir a la producción y el uso de los biocombustibles (FAO, 2013). En Europa y Brasil en Latinoamérica se tienen aproximadamente 30 años de experiencia en la investigación, producción y uso de biodiesel y etanol como combustibles. La industria de los biocombustibles en México se desarrolla a partir de la expedición de la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos en 2008 y su respectivo reglamento en 2009. Ley que cuenta hasta la fecha con vacíos legales, así como acciones, objetivos y recomendaciones vagas y generales. De esta ley se derivaron sólo dos programas que buscaban ofertar una mezcla de bioetanol y gasolina en el Valle de México, Guadalajara y Monterrey para el año 2012. Programas que hasta la fecha no han presentado resultados ni rendición de cuentas (FAO, 2013). En México hay una planta de etanol de maíz llamada Destilmex, que no opera porque no hay un excedente nacional de maíz como lo es requerido por la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos y porque el precio fijado por Petróleos Mexicanos (PEMEX) no compensa el costo de producción (FAO, 2013). Las materias primas empleadas para la producción de bioetanol son habitualmente el azúcar, el trigo, el maíz y las semillas oleaginosas. Dependiendo de la materia prima utilizada para su producción estos se clasifican en biocombustibles de primera generación, de segunda generación y tercera generación. Este estudio se centrará específicamente en los biocombustibles de segunda generación ya que se utilizará residuos de cáscara de piña. Este estudio se centrará específicamente en los biocombustibles de segunda generación ya que se utilizará residuos de cáscara de piña. Para la producción de etanol generalmente se emplean procesos anaerobios los cuales son ideales para llevarse a cabo en biorreactores de cultivo por lotes o llamados también tipo batch, los cuales son generalmente usados para reacciones simples, el proceso se caracteriza por ser discontinuo y con eso proporciona rendimientos más altos de producto. (Facultad de Ciencias Químicas Universidad Veracruzana, 2010). Para la producción de etanol generalmente se emplean procesos anaerobios los cuales son ideales para llevarse a cabo en biorreactores de cultivo por lotes o llamados también tipo batch, los cuales son generalmente usados para reacciones simples, el proceso se caracteriza por ser discontinuo y con eso proporciona rendimientos más altos de producto. Este trabajo presenta un proyecto para obtener biocombustible de segunda generación, es decir, a partir de residuos lignocelulósicos de la cáscara de piña (*Anana comosus*), un residuo orgánico, que además no tiene una función protagonista en la alimentación base de los mexicanos. Y tiene como objetivo general diseñar un plan para la obtención de bioetanol a partir de cáscaras y pulpa de piña por medio de su fermentación anaerobia utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Los objetivos específicos para lograrlo están enfocados a: Identificar las características del residuo de la piña para determinar si es una buena fuente para la producción de etanol. Determinar el proceso para la obtención del bioetanol y por último evaluar la calidad y cantidad del bioetanol.

2. Metodología.

En este proyecto utilizaremos un biorreactor tipo lote cerrado con tanque agitado (o también llamado Biorreactor discontinuo tipo Batch, con mecanismo de agitación), debido a las ventajas que ofrece, entre las que se pueden destacar: su fácil manejo y construcción y la minimización de los riesgos de contaminación por microorganismos externos. El reactor discontinuo, Figura 1, se carga con la especie reactiva, en este caso la cáscara de piña previamente preparada y la *Saccharomyces cerevisiae* y, a medida que procede la reacción, cambian las condiciones en el reactor al consumirse los reactivos y formarse los productos. Cuando se ha alcanzado el nivel deseado de reacción, se vacía el reactor, se limpia y el proceso se repite. La mayoría de los procesos fermentativos discontinuos necesitan de un sistema de Agitación, entonces se añaden turbinas para homogenizar la mezcla y obtener una sustancia más uniforme donde se lleve a cabo la reacción por igual en todo el reactor. La Imagen 4 es una demostración de un reactor tipo lote cerrado con tanque agitado.

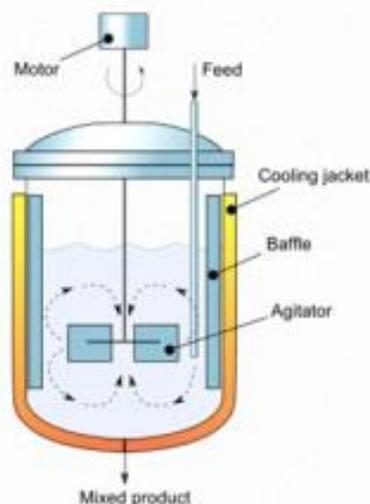


Figura 1. Prototipo de un Biorreactor discontinuo tipo Batch, con mecanismo de agitación (Reactores químicos, 2018).

Una vez que se recolectan los residuos de cascara de piña estos serán sometidos al pretratamiento físico donde primero son secados al sol para posteriormente realizar una trituración con licuadora, para que este se lleve a cabo de una manera más eficiente se debe utilizar licuadora industrial de mínimo 10L, esto se debe de hacer hasta adquirir una consistencia homogénea. Después se adicionará NaOH con agitación mecánica constante para luego lavar con agua destilada y por último filtrar para así purificar la celulosa obtenida. Después se lleva a cabo una hidrólisis ácida con H_2SO_4 por medio de 2 fases por aproximadamente 6 horas y al final se analiza para determinar el tipo de celulosa. Una vez que se realizan los procedimientos anteriores, se procede a realizar la fermentación en el biorreactor; se ejecutan los cálculos, se toma la cantidad necesaria de levadura *S. cerevisiae* para hacer la activación del cultivo y se pueda añadir junto con los

residuos de cascara de piña al biorreactor el cual previamente se esterilizó. Se añade también nutrientes adecuados para el desarrollo de la levadura y solución de pH=5.0 a una temperatura de 30°C. La Imagen 5 muestra de manera esquemática el proceso empleado para la elaboración del bioetanol a partir de la cáscara de piñ

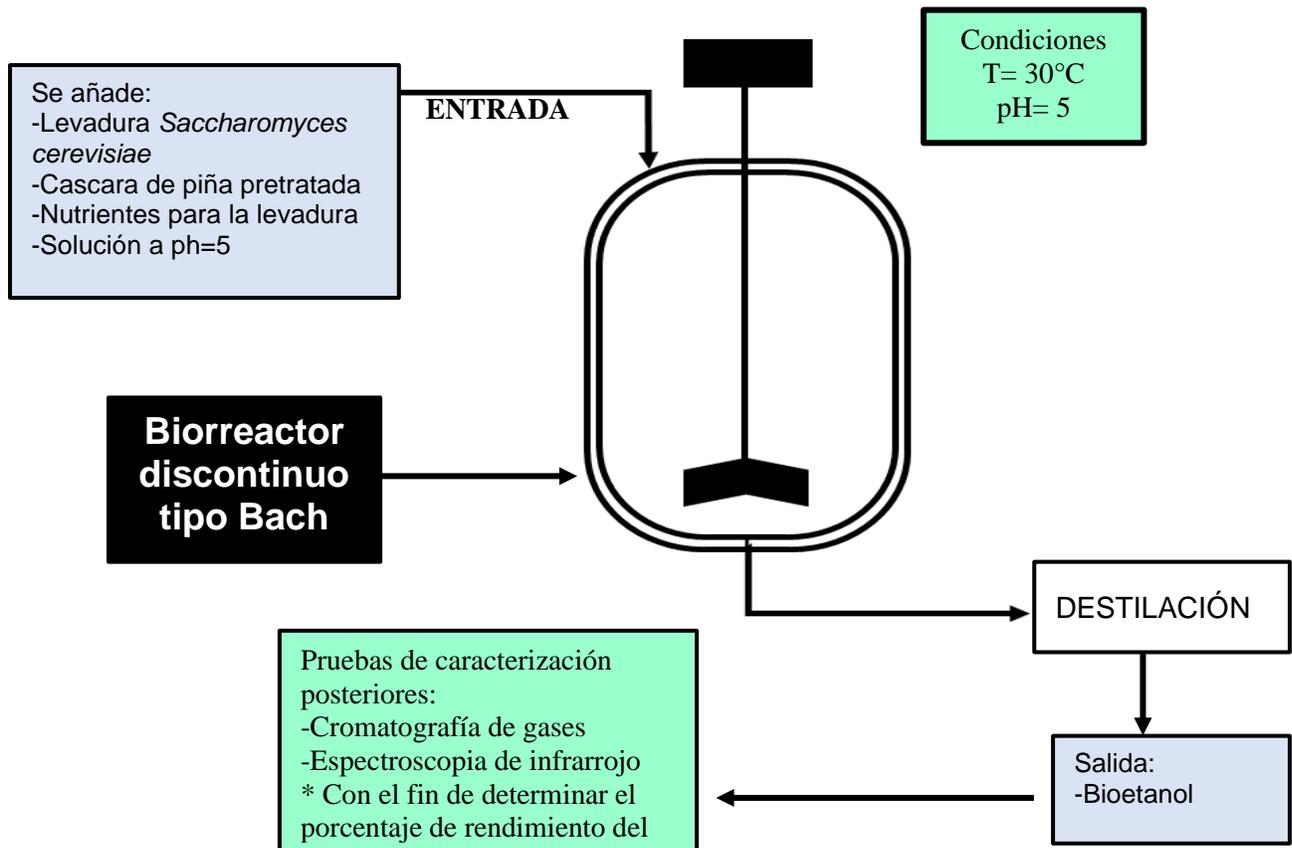


Figura 2. Diagrama de proceso propuesto.

3. RESULTADOS

Según *Cruz et al. (2011)* siguiendo el proceso y replicando las condiciones descritas anteriormente, se espera conversión a etanol del 60%, ya que de 5 g de bagazo de piña se obtienen 3 g de celulosa. En el proceso de obtención de etanol a partir de la cascara de piña fermentada y su posterior destilación se obtuvieron 630 g de etanol al 40% de pureza. El rendimiento obtenido es menor al rendimiento teórico o estequiométrico, esto puede deberse a que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* no convirtió todos los azúcares disponibles en etanol, se cree que uno de los motivos es la oxidación del etanol a otros compuestos como al Ácido acético, además, de que el grado de pureza relativamente bajo del etanol se debe al método de separación poco eficiente utilizado que fue la destilación sencilla.

En un estudio hecho por *Acosta Castro P.P. (2017)* donde con método de deslignificación alcalina y su posterior hidrólisis ácida, con fermentación usando *S. cerevisiae* y destilación subsecuente se obtuvo etanol con un 67% de pureza a partir de la cáscara de piña. En un caso donde *Deheco Egúsqüiza A. C.(2019)* usó la misma especie de levadura con un tiempo de fermentación de 120 horas se obtuvo un etanol destilado con 64% de pureza. Se lograron los objetivos del proyecto al haber investigado y analizado los procesos que se llevarían a cabo y los potenciales resultados que se obtendrían al realizar el trabajo de forma experimental. Además de las condiciones anteriores, se puede modificar el proceso utilizando una cepa de *S. cerevisiae* modificada genéticamente para la fermentación de hexosas y pentosas. *S. cerevisiae* naturalmente no puede fermentar pentosas, sin embargo, con la ayuda de la ingeniería genética se ha podido resolver de manera parcial esto, ya que se han obtenido cepas capaces de fermentar xilosa y arabinosa mediante la introducción del gen de una xilosa isomerasa de *Piromyces sp.*, a la levadura *S. cerevisiae* (*Guzman-Moreno, 2016*).

4. Discusión

Según los estudios realizados por *Cruz et al. (2011)* si se replican las condiciones de temperatura, pH, se da un buen seguimiento del proceso anaerobio en el biorreactor, y se utilizan cantidades equivalentes de levadura y de cascara de piña, se puede obtener la conversión a etanol esperada en los resultados. Como se analizó en las diferentes investigaciones hechas por autores como *Acosta Castro P.P. (2017)*, *Cruz et al. (2011)*, (*Guzman-Moreno, 2016*) y *Galindo H.C. (2017)* los parámetros que se manejaron podemos deducir que el proceso de fermentación no requiere temperaturas y pH muy difíciles de conseguir lo cual facilita su manejo y control a la hora de llevar a cabo su producción. Lo cual demuestra que la cascara de piña es un residuo altamente aprovechable y demuestra que los biocombustibles de segunda generación son una alternativa viable que daría un aprovechamiento a estos residuos que se desperdician en cantidades enormes año con año. Es importante llevar a cabo un buen pretratamiento para que se pueda llegar a esta producción, ya que si no se realiza bien este proceso la cantidad de conversión a etanol puede ser mucho menor. Sin embargo, aún puede mejorarse el porcentaje de pureza del etanol producido al hacer modificaciones en algunos factores como el tiempo de fermentación, la temperatura, la concentración de H_2SO_4 en la hidrólisis ácida o probando el uso de cepas de levadura modificadas, tal y como se muestra en los estudios mencionados en los resultados. Al analizar los resultados se puede también pensar en la importancia de escoger la cepa adecuada de la levadura a utilizar, ya que como demuestra (*Vergara, 2017*) el potencial en alterar genéticamente al microorganismo para lograr diferentes resultados es indispensable para reducir costos y tiempos de operación, lo cual ayudaría mucho al éxito del proyecto y aumenta la posibilidad de comercializar el producto obtenido. Como menciona el autor el tema de la floculación es muy importante en el proceso de fermentación ya que esta puede generar mucho desperdicio de *S. cerevisiae*, ya que la presencia de levadura en el medio provoca autólisis de la misma, por la exposición prolongada al etanol, y esto a su vez, lleva a la generación de aromas y sabores desagradables, lo cual podemos asumirlo como un efecto negativo que disminuya la calidad del producto aun cuando el etanol producido no sea para consumo humano.

Después de estudiar las diversas concentraciones de etanol producidas por diversos autores en las cuales utilizan al residuo de la cascara de piña, podemos asumir lo aptos que son los biocombustibles de segunda generación para entrar en el mercado, ya que presentan porcentajes altos en cuanto a concentración de etanol se refiere. Asumiendo que esta materia prima es más económica de conseguir y se genera en varios puntos de los municipios del estado, este es un producto cuya operación y producción debe ser más estudiada en el futuro para aumentar la calidad y así los inversionistas puedan centrar su atención en este tipo de combustibles. Es importante mencionar que la mayor parte de los estudios referenciados en este trabajo fueron operaciones realizadas a escala laboratorio y existen pocos estudios reportados donde se manejen escalas industriales. Este es un detalle importante a atacar ya que el tema de la producción industrial podría generar problemas nuevos que aún no han sido estudiados, lo cual dificultaría su conversión en negocio. La inversión necesaria para llevar este estudio a una escala de esa magnitud es algo importante a considerar ya que los precios de biorreactores en el mercado de buena calidad y que tengan esa capacidad entran en cantidades de millones de pesos. Un punto importante es la legislación relacionada al tema y las exigencias de calidad que se tienen para que un producto pueda ser comercializado, se hace la observación que para futuras investigaciones sobre el tema se analice toda normatividad y estatus requeridos por las autoridades, ya que este tipo de puntos pueden hacer que la investigación cambie de rumbo y surjan nuevos temas en los cuales trabajar.

5. Conclusiones

Una vez analizadas diferentes fuentes, podemos concluir que el proceso para la producción de biocombustibles se ha demostrado que variables como la temperatura han provocado un aumento en el rendimiento del proceso. Sin embargo, se considera también que además de un valor adecuado de temperatura, adicionándole una cepa genéticamente modificada de levadura *S. cerevisiae* daría como resultado una mayor eficiencia. El panorama para México en cuanto a producción de biocombustibles con base en la planeación agrícola nacional emitida por la SAGARPA se considera que debido a la estimación en el incremento de la producción de piña para los próximos años es posible evaluar la factibilidad de una considerable producción de bioetanol con esta materia prima.

Bibliografía

Acosta Castro P.P. (2017) *Eficiencia Comparativa De La Obtención De Biocombustibles A Partir De Residuos De Naranja (Citrus Sinensis) Y Piña (Ananas Comosus) En Mezclas Con Combustible*. Facultad De Ingenierías y Ciencias Agropecuarias.

Antal, E., Carmona, E., (Spring 2012). *Biofuels in the global context and its viability in Mexico in Voices of Mexico*, No. 93

Antonio Cruz, Rocío; Mendoza Martínez, Ana; Chávez Cinco, M.; Rivera Armenta, J.; Cruz Gómez, M. *Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol*. *Afinidad*, [online], 2011, Vol. 68, Num. 551, <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/267945> [View: 19-05-2020].

Biorreactores(s.f.).

Obtenidode<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1608/Capitulo2.pdf>Facultaddecienciasquímicas,U.V(s.f.).*Bioingeniería*.Obtenidode<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion>.

Chacon, B. (2008). *Una revisión del avance mexicano hacia el desarrollo de biocombustibles*. Bien Común, Fundación Rafael Preciado Hernández, A. C., año 14, núm, 163. México, D.F., pp. 22-31.

Decheco Egúsqüiza, A.C. (2019) *Biotransformación De Cáscaras De Ananas Comosus (PIÑA) Para La Obtención De Etanol En El Marco De Desarrollo Sostenible De Las Regiones Productoras Del Perú*. Universidad Nacional Federico Villareal.

DOF, Diario Oficial de la Federación. (2008), *Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos*, Nueva Ley DOF, 01-02-2008.

Facultad de Ciencias Químicas Universidad Veracruzana. (2010). UNIDAD 2. *Biorreactores Y Su Aplicación*. abril 29,2020, de Bioingeniería Sitio web: <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion>

FAO (2013) *La bioenergía y los biocombustibles*, abril 29,2020, Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-ar589s.pdf>

Flores-Hernandez, J., Cepeda, C., Hernandez-Echeagaray, E., Calvert, C. R., Jokel, E. S., Fienberg, A. A., ... & Levine, M. S. (2002). *Dopamine enhancement of NMDA currents indissociated medium-sized striatal neurons: role of D1 receptors and DARPP-32*. *Journal ofneurophysiology*, 88(6), 3010-3020.

González, M., Castañeda, Y. (2008). *Biocombustibles, Biotecnología y Alimentos. Impactos sociales para México*. Nueva Época, año 21, núm. 57 mayo-agosto 2008, UAM-X, México. pp. 55-83

Guzmán-Moreno, J., López-Olmos, K., Medrano-Santillana, M., Romo-Rodríguez, P., & Ponce-Noyola, P. (2016). *Biocombustibles: panorama general y mejoras en la producción mediante microorganismos genéticamente modificados*. *Naturaleza y Tecnología*, 2(6).

Hernández Galindo C. (2017). *Obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de fruta*, Universidad de Oviedo.

Pardo Saldaña, J. E., Ocegueda Amador, D., Sánchez Campos, A., & Valdivieso Rodríguez, U. A. (2018). *Obtención de bioetanol a partir de residuos de cáscara y pulpa de piña (Ananas comosus)*.

Reactores químicos (2018), *Reactor Batch*,
<https://reactorquimico.wordpress.com/reactores-homogeneos-ideales-isotermicos/reactor-homogeneo-batch-y-semibatch/>

Sandra,H,& Carlos,M.(2012). *Obtención de etanol por vía fermentativa a partir de cascara de ananas comosus (piña) evaluando dos de sus principales variables (ph y grados brix) usando como microorganismo productor Saccharomyces cerevisiae. (Trabajo de graduación)*. Universidad De El Salvador, San Salvador, El Salvador, Centroamerica.

Vergara Álvarez, I. (2017). *Evaluación de la producción de metabólicos y de la capacidad de floculación en respuesta al estrés por temperatura de levaduras aisladas del mezcal*.