

Generación de un biocombustible, producto de la cáscara de naranja y papa¹

Helen Marcela Belalcázar Valdez
María Jael Benavides Colimba
Diana Fernanda Córdoba Caicedo
Paola Andrea Ortega Pantoja
Estudiantes Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

Juan Carlos Narváez Burgos
Asesor
Universidad Mariana

Resumen

El presente artículo da a conocer la elaboración de un biocombustible generado a partir de residuos orgánicos producidos por la papa y la naranja, con la única finalidad de realizar un combustible alternativo que tenga la misma o mayor eficiencia del combustible normal y/o fósil.

La metodología empleada para la respectiva realización es de fácil adaptación y elaboración, ya que solo se requiere de un laboratorio químico y de la materia prima que, en el presente caso, sería el residuo orgánico.

Finalmente, se obtiene el porcentaje de alcohol proporcionado por los residuos orgánicos, en donde se puede decir que se logró obtener 65 ml de alcohol por cada 150 gramos de cáscara de naranja y 60 ml de etanol por la misma cantidad de cáscara, logrando así determinar que es más eficiente la cáscara de naranja, en cuanto a la generación de alcohol.

Palabras Clave: Hidrólisis, Fermentación, Almidón, Etanol, Alcohol.

Introducción

Los combustibles fósiles son recursos naturales no renovables que surgen de diversos procesos de descomposición generados por la acumulación de restos orgánicos de plantas y animales muertos. Entre los más utilizados están los derivados del petróleo: gasolinas, naftas, gasóleo y fuelóleo (EcuRed, 2012), que provocan diversas emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, generando por consiguiente una alteración masiva de la misma, debido a que su acumulación y/o generación funda el rompimiento de la capa de ozono que protege a la humanidad de los rayos ultravioleta del sol.

En el presente artículo se demuestra el desarrollo de un biocombustible que no provee altas emisiones de gases contaminantes debido a que está formado y/o compuesto por materias producidas en y por los seres vivos, denominadas biomasa, que pueden ser sólidas, líquidas y gaseosas. La generación del biocombustible fue formada y concebida a partir de desechos orgánicos con los cuales, por su posterior utilización, también se aportaría a disminuir la contaminación que estos pueden generar por su inadecuada disposición.

La metodología adecuada para el procesamiento de los residuos orgánicos fue la siguiente: recolección, separación, corte y/o fragmentación, generación de la relación masa/volumen, para así determinar el producto de bioetanol esperado por la respectiva cantidad, adición de ácido clorhídrico (HCl) e Hidróxido de sodio (NaOH) para generar un pH adecuado en el cual se pueda realizar y elaborar el biocombustible, fomentar un proceso de fermentación para, finalmente, efectuar una sustancia con cierto grado de alcohol con la que se desarrolle una destilación para la obtención y concentración adecuada del mismo.

Esta metodología fue escogida por el grupo investigativo debido a su accesibilidad para la mayoría de la población que desee realizar un biocombustible, dado que sus requerimientos no son abruptamente exagerados, y solo se necesita los materiales y reactivos que se menciona en la parte inferior del presente documento. Además, en algunas ocasiones se adquirió información bibliográfica para el desarrollo de diversos procedimientos en el laboratorio, con la única finalidad de obtener datos y proporciones exactas para su posterior elaboración.

La importancia de crear un combustible alternativo radica en la necesidad que tiene el planeta tierra por regenerarse y/o recuperarse, ya que se conoce que actualmente una

¹ Artículo resultado de la investigación "Generación de un biocombustible producto de la cáscara de naranja y papa" desarrollada desde el 24 de septiembre hasta el 9 de noviembre de 2018 en Pasto, Nariño, Colombia.

de las fuentes de emisión más abundantes es la generada por los vehículos, los cuales para su funcionamiento emplean combustibles fósiles. Entre los vehículos más utilizados por la humanidad están los vehículos de carga, coches, camionetas, motocicletas, entre otros, que fomentan una emisión excesiva de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (MO), Hidrocarburos no quemados (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), Óxidos de azufre (SOx), los cuales amplían la lista de los gases de efecto invernadero (GEI), potenciando el calentamiento global. Por ello, el principal objetivo de este artículo y de su procedimiento es ejecutar un biocombustible apto y capaz de remplazar el combustible normal, más eficiente para desarrollar las actividades que el anterior realiza y/o desarrolla, potenciando además la conservación del medio, recurso que toda la humanidad requiere para su diario vivir.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se efectuó una revisión bibliográfica en aras de escoger la metodología más adecuada para las condiciones y materiales de laboratorio. A continuación, se da a conocer cada una de las actividades que se desarrolló:

Recolección de la cáscara (papa y naranja)

Los residuos orgánicos (cáscara de papa y naranja) fueron recolectados en diversos lugares de la ciudad de Pasto. La cáscara de papa fue obtenida de dos restaurantes 'Broster' de Mercedario y 'Metropol' y la cáscara de naranja, de dos puestos distribuidores de jugos en el Parque Infantil.



Figura 1. Recolección de cáscara.

Separación y corte

La separación de la cáscara se refiere a la distribución de la cáscara a utilizar para el posterior procedimiento, tanto de

naranja como de papa. Después de esto se lava y corta para facilitar el secado. Cabe aclarar que en la cáscara de naranja se realizó un procedimiento adicional, que fue retirar la lignina manualmente.



Figura 2. Corte de la cáscara de papa.



Figura 3. Corte de la cáscara de naranja.

Secado

Se realiza con la finalidad de extraer la humedad; para ello se requiere de un horno que se encuentre aproximadamente a 105 °C. Tanto la cáscara de papa como la de naranja estuvieron un tiempo que varía alrededor de 96 horas, afirmando que no se extrajo totalmente la humedad de las mismas.



Figura 4. Secado de cáscara en el horno

Trituración

Se efectúa con la finalidad de obtener una masa homogénea; es decir, que las cáscaras de papa y naranja tengan un tamaño similar que facilite la fermentación y, además, la agitación que se realizará más adelante.

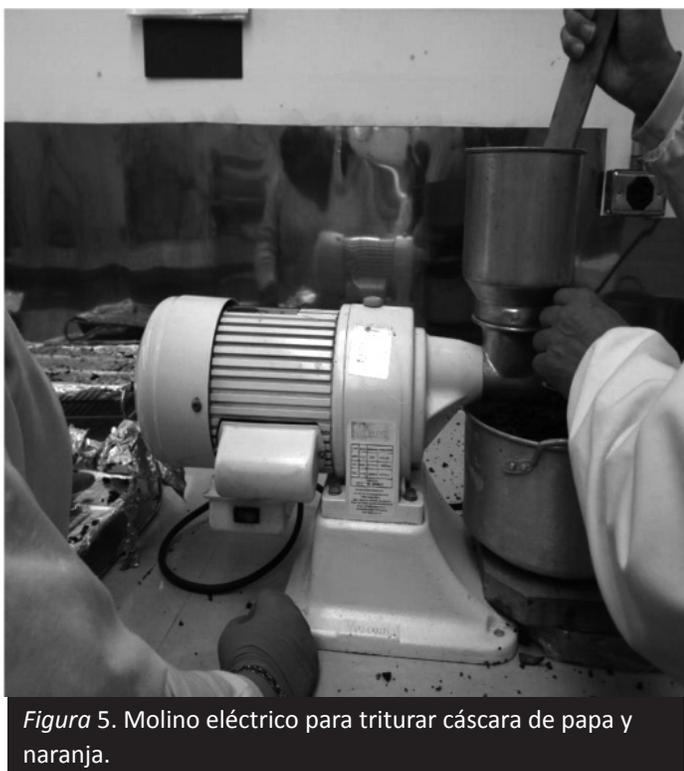


Figura 5. Molino eléctrico para triturar cáscara de papa y naranja.

Hidrólisis

Relación de masa con el volumen de agua destilada y adición de HCl o NaOH. En dos diferentes envases de vidrio se hizo una re-

lación de cáscara y agua destilada a 1:3. Se aplicó HCl y/o NaOH con la finalidad de obtener un pH que se encuentre en un valor aproximado de 4,0-4,5 para inducir una mejor fermentación.



Figura 6. Recipientes adecuados al Ph.

Proceso de fermentación

Realizado con la finalidad de liberar y/o extraer el etanol producido por la cáscara de naranja y papa, para lo cual fue necesario un mezclador y para mantener la temperatura entre un intervalo de 20 a 25.



Figura 7. Fermentación de la cáscara de papa y naranja.

Destilación Manual

Efectuada para obtener el alcohol, producto de la fermentación y filtración de la cáscara de naranja y papa. Cabe resaltar

que para la destilación fue necesario realizar con anterioridad, una filtración.



Figura 8. Equipo de destilación.



Figura 9. Floculado de mezcla rápida.

Concentración de alcohol

A través del rota evaporador se concentró el alcohol, puesto que el porcentaje obtenido en la destilación fue muy bajo; de esta manera fue posible obtener resultados de análisis cromatográfico.



Figura 10. Rota evaporador.

Análisis Cromatográfico

Para el análisis de cromatografía fue necesario emplear la metodología de *gedes space* en la cual se obtiene una muestra representativa, para someterla posteriormente a cromatografía.



Figura 11. Cromatógrafo.

Calor específico

Se realizó una evaluación de la capacidad calorífica que presenta cada uno de los alcoholes (papa y naranja) a través de un calorímetro al cual se aplicó un amperaje; se tomó medida de temperatura con la finalidad de verificar los datos de cromatografía y ampliar el conocimiento respecto a su potencial como bioetanol de cada una de las cáscaras.



Figura 12. Calorímetro.

Discusión de Resultados

Condiciones de hidrólisis enzimática para obtención de Jarabe de glucosa

Al ser sometido a calentamiento progresivo por un tiempo transcurrido de 48 h a una temperatura aproximada de 30 °C, el almidón y la glucosa de la papa y la naranja perciben cambios en su viscosidad y transparencia. Estos valores de temperatura están en concordancia con los rangos reportados en la literatura para el almidón y naranja a 30 °C y 150 rpm para el proceso de fermentación (Quintero et al., 2015).

Durante el proceso de hidrólisis ácida, además de producir azúcares fermentables, se pudo haber generado la degradación de azúcares que inhiben el metabolismo de los microorganismos fermentadores, teniendo en cuenta su concentración, ocasionando una producción deficiente de etanol.

Tabla 1. Resultados de pH de las muestras

Cáscara	pH	Valor pH	Rango pH	Sustancia para ajuste de pH
Naranja	Ácido	2,5		Hidróxido de Sodio
Papa	Básico	6,5	4-4,5	Ácido Clorhídrico

Según la Tabla 1, la hidrólisis se llevó a cabo adicionando 50 ml de ácido clorhídrico HCL al 5 % por el volumen recolectado de 150 ml de cáscara de papa; para la naranja se adicionó 20 ml a una temperatura ambiente, con el fin de ajustar el pH y llegar a convertirla en jarabes azucarados. Finalmente, los jarabes azucarados obtenidos fueron convertidos en bioetanol.

Se pudo observar el comportamiento creciente en los productos de azúcares, aumentando su concentración de ácido y base para cada muestra. Sin embargo, las concentraciones de ácido

y base son demasiado altas y aumentan el costo de utilización de reactivos, por lo cual se elevaría los costos. Las disoluciones de álcalis fuertes dan lugar a hidrólisis alcalinas, degradación y descomposición de polisacáridos y rotura de radicales finales.

Resultados de alcohol

La gelatinización es un proceso mediante el cual los gránulos de almidón se tornan en gel; este proceso es practicado para obtener mayor biodisponibilidad y estabilidad del producto final (Línea y Salud, 2009); así, el almidón de papa modificado físicamente por calor, es más fácilmente hidrolizado por acción de amilasa. Los hidrolizados obtenidos corresponden a un líquido poco viscoso de color café, de olores característicos.

Con el producto resultante de la fermentación, se llevó a cabo la destilación. Seguidamente se evaluó el alcohol obtenido; para ambos casos, el valor estimado fue de 8 % y 7 % en su volumen.

Para establecer si el etanol proviene de separación, se presenta una curva de calibración.

Resultados de etanol

A partir de las cáscaras de naranja se obtuvo 65 ml de alcohol por 150 gramos; y a partir de la cáscara de papa se generó 60 ml de alcohol por 150 gramos, los cuales tienen cantidades relevantes de etanol para cada sustancia analizada.

Mediante cromatografía de gases con una columna acoplada empleada para la separación, se dio una élite Wax TR-810532 de espectrometría de masas. El valor es relativo debido a cómo se toma la muestra. Calculando sus cantidades relativas se determinó los compuestos que contienen las soluciones.

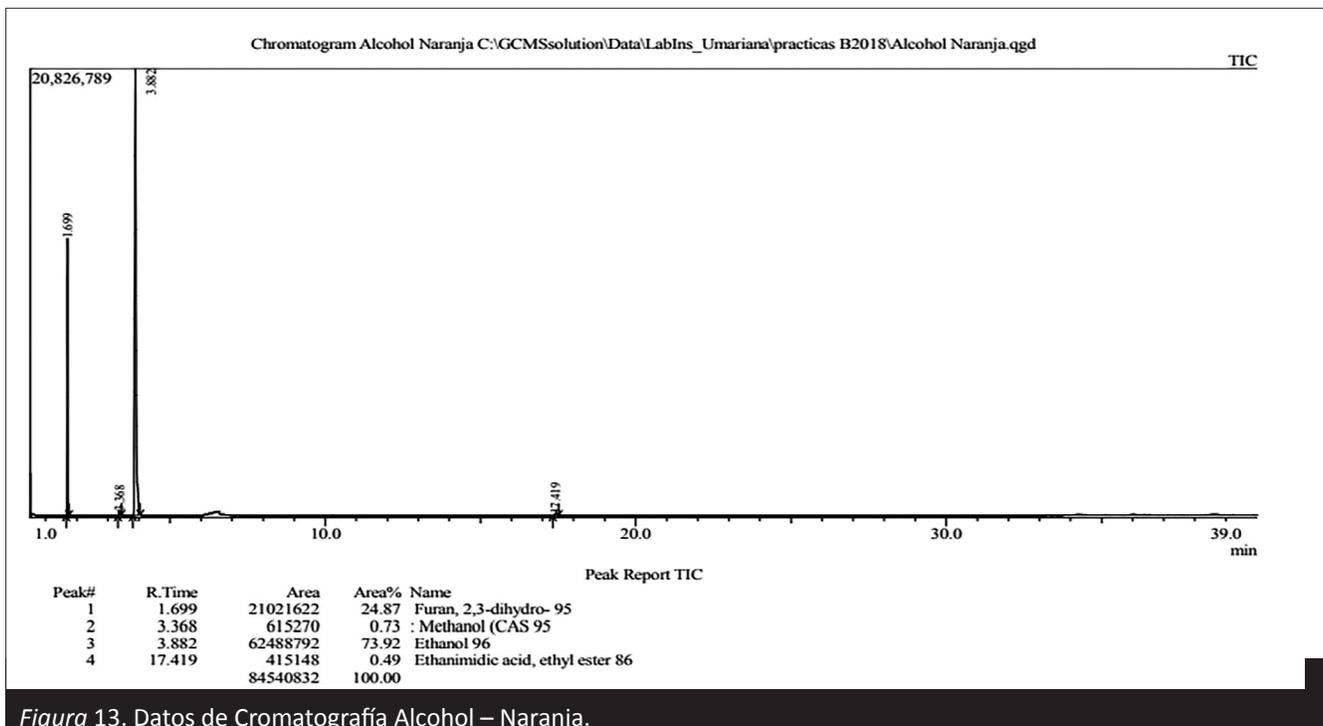


Figura 13. Datos de Cromatografía Alcohol – Naranja.

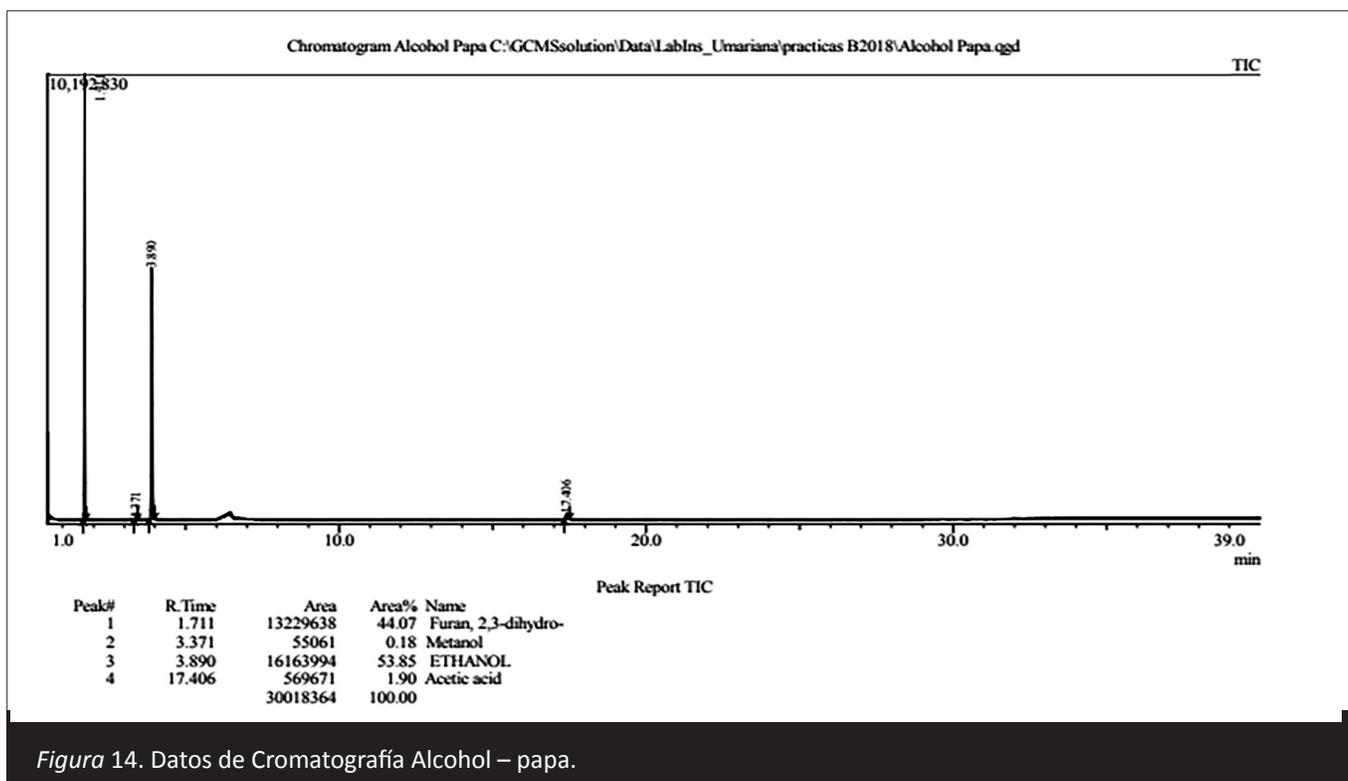


Figura 14. Datos de Cromatografía Alcohol – papa.

Como se identifica en las Figuras 13 y 14, hay una forma gaussiana que presenta la definición de los compuestos presentes en el equipo, generando un porcentaje de área. Si no presenta esta forma, hay mayores dificultades en el reconocimiento del compuesto.

Las Figuras 13 y 14 presentan los resultados cromatográficos detectados de los compuestos de la naranja y la papa, en los que se representa una muestra de alcohol con tres compuestos identificados en los picos más altos en cada una de las muestras.

Existen picos que pueden ser ocasionados por alguna de las etapas del proceso de fermentación e hidrólisis o ambiente, que pueden influir en esta formación de resultados de picos, los cuales no son muy relevantes para esta investigación, pero fueron tenidos en cuenta.

Mediante las Figuras 13 y 14 se obtuvo la Tabla 2, que representa el porcentaje encontrado de cada sustancia en las muestras representativas.

Tabla 2. Datos cromatográficos de naranja y papa

Cáscaras	Fu- ran,2,3-Di- hydro %	Metanol %	Etanol %	Ácido Etilico 86 %	Ácido acético %
Naranja	24,87	0,73	73,92	0,49	-
Papa	44,07	0,18	53,85	-	1,90

Se logra identificar estos cuatro compuestos mediante el límite de detección del método. Para tener una mayor eficiencia de

los resultados, se necesita más procedimientos que coincidan con el orden de los compuestos.

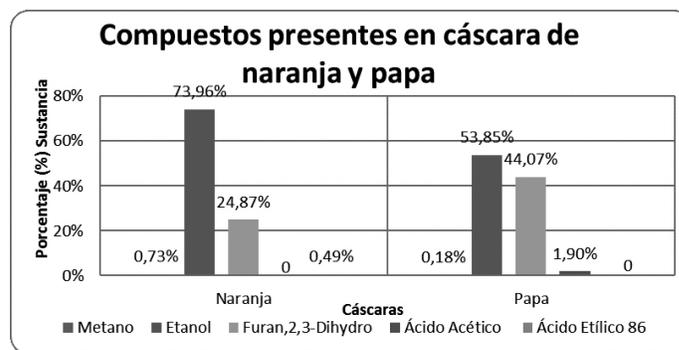


Figura 15. Diferencia de naranja y papa con sus respectivos compuestos.

La Figura 15 permite evidenciar que la cáscara de naranja presenta un mayor contenido de etanol, con un 73,92 % en comparación con la cáscara de la papa, la cual representa un 53,85 %. Esta diferencia se debe a que la primera contiene mayores porcentajes de azúcares reductores y, por consiguiente, sus jarabes glucosados producen mayor contenido de etanol. La hidrólisis en la papa, que contiene el almidón o sacarificación, se cataliza por ácidos y algunas enzimas; produce maltosa y glucosa, fácilmente fermentables a etanol.

Esto se logra a partir de microorganismos que realizan la fermentación de azúcares presentes en productos vegetales

que pueden provenir de subproductos de grandes procesos industriales para la producción del azúcar como la melaza, lo cual permitió obtener alcohol a partir de residuos de cáscara de papa y naranja, cuyos contenidos tienen celulosa y hemicelulosa, para la producción de etanol como biocombustible, a partir de los cuales se puede obtener jarabes mediante hidrólisis química, para ser utilizados como sustratos en procesos fermentativos.

La variación entre la papa y la naranja puede deberse, principalmente, al grado de maduración del sustrato, de tal manera que en la papa hay alta concentración de almidón y baja de azúcares, a diferencia de la naranja.

Los compuestos inhibidores de fermentación obtenidos a partir de los procesos químicos sobre materiales lignocelulósicos y almidón, son clasificados en tres grupos: Derivados del furano o furaldehidos como el furfural y el 5-hidroximetilfurfural (5-HMF), Ácidos orgánicos como el acético, fórmico y levulínico y Compuestos fenólicos.

El contenido de Metano para Cascara de naranja fue de 0,73 % y de papa 0,18 el cual representa una influencia y costos en su separación, aunque no se presenta en mayores cantidades, pero inhibe en los procedimientos del funcionamiento del combustible del etanol, este producto se presenta en menores concentraciones lo cual disminuyen los costos de separación.

Respecto al Furan, 2,3-dihydro-, se evidenció que su concentración fue muy diferente; es un producto aromático secundario debido a su composición de los polisacáridos de cáscaras de sustancias naturales de pentosa, como es el caso de la papa, la naranja, el maíz, que varían en cada sustancia. En la naranja tuvo 24,87 % de Furan, 2,3-dihydro-; en un 95 % se da un mayor contenido del compuesto, que posibilita un olor aromatizante. El Furan también produce la inhibición de enzimas glucolíticas y fermentativas. Tomando referencia de algunos trabajos analizados, se afirma que este compuesto es capaz de provocar un descenso de la producción de etanol en un 78 % a una concentración de 0,46 g/L, mientras que con 1,2 g/L la inhibición puede ser total. Por otro lado, a concentraciones de 1 g/L, es capaz de inhibir el crecimiento celular, aunque la resistencia de la levadura a sus efectos podría mejorar, incrementando la concentración de glucosa en el medio.

Los derivados de los furanos, por lo general, han sido identificados como productos de degradación, asociados con el pardeamiento en productos cítricos; desde el punto de vista sensorial, contribuyen al aroma y están principalmente asociados con el olor dulce, frutal, acaramelado, entre otros.

Aparentemente, determinan el pardeamiento desarrollado durante el almacenamiento de los dos derivados más abundantes en los zumos cítricos.

El ácido etanoico, éter etílico, se presenta en el alcohol de naranja con un 0,49 %, y el ácido acético se presenta en el alcohol de papa con un 1,90 %. Estas dos sustancias casi siempre se encuentran cuando se habla de un proceso de fermentación. Mediante estos resultados es necesario realizar la separación de estas sustancias, porque para poder tener una mejor eficiencia y mejor calidad de bioetanol, es importante que no haya sustancias o compuestos que influyan en su formación.

Como resultado se tiene 1,90 % de ácido acético; este compuesto no pertenece a la familia de los compuestos furánicos, como el furfural y el HMF; sin embargo, al igual que esos compuestos, puede provocar la inhibición de la fermentación por parte de las levaduras. Se forma a partir de las primeras etapas de la hidrólisis de los grupos acetilados de la hemicelulosa, pero es también un producto final de muchas reacciones de oxidación.

Al realizar el balance de masa se estableció que la producción de etanol a partir de cáscaras de naranja y papa es de poco rendimiento, debido a que se requiere grandes cantidades de estos residuos. El rendimiento de la producción de alcohol depende de los procesos de extracción y acción de enzimas durante el proceso de hidrólisis. A su vez, las condiciones utilizadas en el pre-tratamiento, temperatura, presión, tiempo, pH, dependen de las variables; mientras más variables haya, mayor generación de inhibidor habrá.

En estos casos, para tener un combustible considerable, se necesita producir más alcohol, un mayor tiempo de fermentación y posteriormente un tiempo de hidrólisis y de materia prima.

El Etanol es considerado un recurso energético sostenible, puesto que ofrece diversas ventajas sobre los derivados del petróleo, como: la disminución en la producción de gases invernadero, disminución del costo del combustible, mayor seguridad energética y apoyo a producciones agrícolas, a partir de los cuales se puede obtener jarabes mediante hidrólisis química, para ser utilizados como sustratos en procesos fermentativos.

Evaluación del combustible

Evaluar la eficiencia del combustible, necesariamente demanda separar los compuestos presentados en las figuras anteriores, para lo cual se requiere otro procedimiento; en este caso, al tener cantidades bajas de las sustancias, no es

posible; para ello, se determina una evaluación de calor específico.

Según Daub y Seese (2005) el calor específico es una propiedad física intensiva de la materia, que consiste en la cantidad de calor necesaria para que un cuerpo eleve su temperatura o la cambie. A partir de la utilización de un calorímetro seguido de un voltímetro, se tiene los siguientes resultados, obtenidos con el fin de determinar resultados de las dos muestras:

Tabla 3. *Calor específico*

Cáscara de naranja (Cal/g °C)	Cáscara de papa (Cal/g °C)
0,77	0,81

Con relación al agua, hay un valor más alto de calor específico, siendo de 1 Cal/g °C, en comparación con los datos de etanol, el cual presenta valores de 0,77 Cal/g °C y 0,81 Cal/g °C. Como se puede observar, los valores en la Tabla 2 no se asemejan netamente al valor del etanol, que corresponde a 0,58 Cal/g °C; están entre los rangos de agua y etanol puro. Esta situación se puede presentar en el procedimiento de obtención de este biocombustible, dado que no hay etanol puro; tiene influencia de otros componentes, a pesar de que sean de menor cantidad, e influyen en este proceso, como lo muestra la Tabla 1 en el resultado de análisis cromatográfico. A la vez, se evidencia que la muestra con mayor cantidad de etanol, por su valor más próximo a éste, es la cáscara de naranja, en un porcentaje mayor en comparación al de la papa. Los valores de combustión respecto al calor específico deben estar relacionados o asemejarse al valor de la gasolina, con el fin de reaccionar más rápido.

Por todo lo expuesto, se puede decir que entre la cáscara de naranja y la cáscara de papa, la más eficiente para la generación de bioetanol es la primera. El bioetanol reemplazaría a la gasolina debido a que tiene un valor menor de presión y es más inflamable. Una razón vital del interés es la emisión de contaminantes a la atmósfera y la preocupación por el efecto invernadero. La combustión incompleta de la gasolina produce monóxido de carbono (CO), CO², hidrocarburos y partículas.

Mediante este estudio se comprueba que los materiales o desechos de alimentos pueden volver a ser utilizados mediante unos procesos de transformación, obteniendo diversos resultados, como llegar a producir porcentajes de etanol y determinar la diferencia de cada cáscara utilizada.

Conclusiones

El mayor rendimiento en azúcares reductores en la hidrólisis ácida de la cáscara de naranja fue de 73,92 % en comparación con la de la papa, que fue de 53,85 %. Se pudo determinar que las cáscaras de naranja, por su contenido de glucosa, pueden generar mayor contenido de etanol.

El etanol es considerado un recurso energético sostenible, puesto que ofrece diversas ventajas sobre los derivados del petróleo, como: la disminución en la producción de gases invernadero, disminución del costo del combustible, mayor seguridad energética y apoyo a producciones agrícolas.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos puede mejorar las condiciones ambientales, contribuyendo a un uso adecuado, en este caso, como biocombustibles.

Referencias

- Daub, W. y Seese, W. (2005). *Química* (8ª ed.) (Trad. Fernández-Alvarado, E.). México: Pearson Educación.
- EcuRed. (2012). Combustible. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Combustible>
- Línea y Salud. (2009). Gelatinización. Recuperado de <https://www.lineaysalud.com/que-es/gelatinizacion-gelatinizada>
- Quintero, L., Martínez, Y., Velasco, J., Arévalo, A., Muñoz, Y. y Urbina, N. (2015). Evaluación de residuos de papa, yuca y naranja para la producción de etanol en cultivo discontinuo utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista ION*, 28(1), 43-53.