

Producción y usos locales de etanol hidratado para promover autosuficiencia energética, desarrollo agrícola y seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe

Bernardo Ospina¹, Sonia Gallego¹, Alberto García¹, Jorge Luis Gil¹, Harold Ospina², Eduardo Mallmann³

¹Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca/CIAT). Cali, Colombia. E-mail: b.ospina@cgiar.org

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, Brasil

³Usinas Sociais Inteligentes (USI). Porto Alegre, Brasil

Introducción

El Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca) ha establecido una iniciativa de investigación y desarrollo destinada a la producción de bioetanol usando yuca, batata y sorgo dulce como materias primas.

Esta iniciativa busca promover desarrollo rural en comunidades con agricultores de pocos recursos, localizadas en regiones marginales de países de América Latina y el Caribe, utilizando la producción de un biocombustible (Etanol Hidratado Combustible) como el punto de partida para establecer procesos de desarrollo agroindustrial, usando una integración de tecnologías modernas (agronómicas, ingeniería de procesos, manejo de efluentes y alimentación animal), con potencial de ayudar a los agricultores a incorporarse a la revolución de los biocombustibles.

La producción del biocombustible y su uso a escala local representa, en este proyecto, el eje principal del establecimiento del concepto de Bio-refinería Rural Social (BIRUS), como estrategia para promover autosuficiencia energética, seguridad alimentaria y desarrollo agrícola en regiones marginales (Figuras 1 y 2).

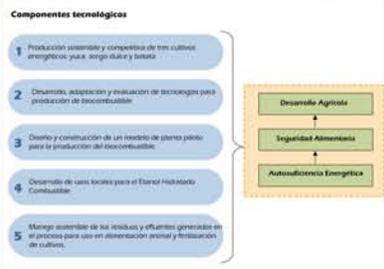


Figura 1. Enfoque del proyecto BIRUS.



Figura 2. Bio-refinería Rural Social (BIRUS)

Materiales y Métodos

Los cultivos de yuca, batata y sorgo dulce se encuentran entre las más ricas fuentes de sustratos fermentables para la producción de etanol, con un alto contenido de azúcares y almidón (entre 70-85% base seca). Para obtener la biomasa fermentable, Clayuca utiliza variedades mejoradas de yuca, batata y sorgo dulce suministradas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT), respectivamente.

En esta propuesta, la producción de bioetanol se obtiene a partir de biomasa líquida (jugos extraídos) de yuca, batata y sorgo dulce, a la cual, después de una etapa de pretratamiento, se le adicionan enzimas amilo y gluco-hidrolizables a temperatura ambiente, que realizan la licuefacción y la sacarificación simultáneamente con la fermentación (proceso hidrólisis y fermentación simultánea - HFS). En el proceso HFS el almidón se hidroliza a glucosa, que se convierte a etanol y CO₂ por la acción de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en una sola etapa de producción y bajo las mismas condiciones (30°C y pH 4.0 a 4.5). Estas condiciones ayudan significativamente a ahorrar tiempo y energía durante el proceso.

Para obtener el bioetanol a partir del mosto fermentado, se requiere una etapa de destilación. Antes de la destilación, el mosto fermentado se filtra para retirar los residuos sólidos, que son principalmente cáscara y fibra proveniente de las raíces. A continuación el líquido filtrado se destila y el etanol es evaporado a 78°C. Los vapores de etanol son capturados y condensados, obteniéndose un bioetanol al 95% de pureza y un residuo líquido llamado vinaza (Figura 3).

El tratamiento de las vinazas utiliza la tecnología de polímeros de origen biológico o químico para eliminar el contenido orgánico de estos efluentes y utilizar esta carga orgánica para formular productos para alimentación animal y fertilización de cultivos (Figura 4). Las aguas clarificadas son aptas para su reutilización en el proceso o para riego en el cultivo.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos para cinco variedades comerciales de yuca en Colombia, muestran que el porcentaje de etanol producido después de 100 horas de hidrólisis y fermentación simultánea se encuentra entre 6 y 8% de etanol (Figura 5). Valores que se encuentran en los rangos normales para fermentaciones de materias primas amiláceas.

De acuerdo con los datos de conversión de etanol, a partir de las raíces de yuca de diferentes variedades, se determina que el valor promedio de producción de etanol hidratado es de 220.1 litros por tonelada y 5,974.8 litros por hectárea. La variedad MTAI-8 de la región de la Costa Atlántica Colombiana, tuvo la mayor producción de etanol con 225.6 litros por tonelada y 6,542 litros por hectárea (Tabla 1).

Para el caso de la batata y del sorgo dulce, los resultados obtenidos para la conversión de etanol por tonelada son menores en comparación con la yuca, 125 litros por tonelada de batata y 40 litros por tonelada de sorgo dulce. Sin embargo, en la producción de etanol por hectárea, los valores para los tres cultivos son similares y potencialmente competitivos para ser usados como biomasa fermentable en proyectos con el concepto de Bio-refinería Rural Social (Tabla 2).

Finalmente, el etanol hidratado combustible fue evaluado en diferentes equipos adaptados para su uso, como estufas de cocina, plantas generadoras de energía eléctrica, motores y otros dispositivos de uso local en comunidades rurales (Figura 6).

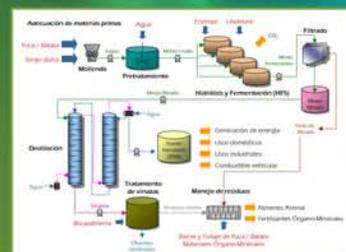


Figura 3. Diagrama de producción del etanol hidratado combustible.

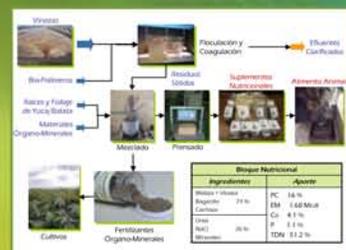


Figura 4. Manejo de residuos y efluentes.



Figura 5. Porcentaje de etanol producido durante el proceso HFS, para cinco variedades de yuca comercial en Colombia.

Tabla 1. Datos de producción de etanol hidratado para cinco variedades comerciales de yuca de Colombia.

Varietal	Producción (l/ha)	Contenido almidón (%)	Producción etanol (L etOH/ha)	Producción etanol (L etOH/ha)
CM 4574-7	25	32.3	230.6	5,765
CM 6430-14	26	33.3	237.8	6,183
MTAI-8	29	31.6	225.6	6,542
Verónica	29	29.0	207.1	6,006
Genes	27	27.9	199.2	5,378
Promedio	27.2	30.8	220.1	5,974.8

Fuente: Clayuca

Tabla 2. Producción de etanol y costos de producción de etanol hidratado usando yuca, batata y sorgo dulce como materias primas.

	Yuca	Batata/Camote	Sorgo dulce
Producción agronomía (t/ha/año)	27	60	105
Producción de etanol (L materia prima)	220	125	40
Producción de etanol (L/ha)	6,000	7,500	4,200
Costos de producción de etanol (US \$/L)	0.35	0.38	0.39

Fuente: Clayuca/USI (2014)

Conclusiones

Un grupo de variedades élite de los cultivos evaluados fue identificado y caracterizado por su alto rendimiento agronómico, amplio rango de adaptación a las condiciones específicas de varias regiones de Colombia y buen potencial para la producción eficiente de etanol hidratado combustible.

El proceso de hidrólisis y fermentación simultánea (HFS) con las enzimas hidrolizables a las mismas condiciones de temperatura y pH que la levadura, tiene por lo menos el mismo comportamiento que el proceso convencional con enzimas termoestables.

Los usos validados del etanol hidratado combustible producido con cultivos energéticos, ayudarán a comunidades rurales a tener acceso a energía eléctrica, lo cual les permitirá establecer procesos de transformación y dar valor agregado a sus productos agrícolas, y así vincularse con mercados que les permita obtener mayores ingresos y mejorar su seguridad alimentaria y su calidad de vida.

Referencias

CLAYUCA (Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca). 2008. Diseño, construcción y operación de una planta prototipo para la producción de alcohol carburante a partir de yuca, batata y otras fuentes de biomasa: Informe final, Proyecto MADR. Cali, CO. 163 p.

Arriaga, HA. 2008. Análisis estadístico y producción en laboratorio de etanol de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fresca y seca de diferentes variedades en Colombia. Thesis (M.Sc. Environmental Sciences). Wageningen University, Wageningen, NL. 12 p.



Figura 6. Usos validados del etanol hidratado combustible.