

Transformación termoquímica de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma: tecnologías y perspectivas

Thermochemical Transformation of the Residual Biomass from the Palm Oil Extraction Process: Technologies and Prospects

Alexander Gómez
Wolfgang Klose
Sonia L. Rincón
Wolfgang Wiest¹

Resumen

Dentro de las fuentes renovables de energía existentes, la biomasa se diferencia por permitir la obtención de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos a través de procesos bioquímicos, termoquímicos y fisicoquímicos. Dentro de los procesos de transformación termoquímicos se cuenta con la pirólisis, la gasificación, la combustión y la licuefacción. El proceso de pirólisis es de importancia básica por su condición de proceso autónomo de transformación de la biomasa y de proceso inicial de la gasificación y la combustión. En este artículo se presentan resultados de la caracterización de combustibles y de pirólisis y gasificación del hueso y la fibra de la palma de aceite, en diferentes tipos de reactores a nivel de laboratorio, y se complementan y comparan con resultados obtenidos por otros investigadores. Se analizan los parámetros del proceso en función de los productos que se obtienen y se hace una proyección del potencial energético de la biomasa residual del proceso de extracción de la palma de aceite en Colombia, dando indicaciones sobre el uso de sistemas de cogeneración de energía eléctrica y de calor para procesos.

Summary

Among the existing renewable energy sources, biomass is unique in that it enables production of gas, solid and liquid fuels through biochemical, thermochemical and physicochemical processes. The thermochemical transformation process includes the pyrolysis, gasification, combustion and the liquefaction. The pyrolysis process is important because it is an autonomous process of biomass transformation and it is the initial process of the gasification and combustion. This article presents fuels characterization results and results of the pyrolysis and gasification of oil palm shells and fiber, in different types of reactors at laboratory level. The results are complemented and compared with the results obtained by other researchers. The article analyzes the process parameters in relation to the products obtained and makes a projection of the green power potential of the residual biomass from the palm oil extraction process in Colombia, with indications on the use of heat and electric power cogeneration systems for processing.

Palabras Clave

Biomasa,
Pirólisis,
Gasificación,
Caracterización de combustibles,
Uso energético,
Medio ambiente,
Utilización de residuos.

1 . Instituto de Ingeniería Térmica, Universidad de Kassel, Kassel-Alemania.

E-mail: klose@ite.maschinenbau.uni-kassel.de

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.

Introducción

Las reservas de combustibles fósiles son finitas. Desde la década de 1970 se han presentado crisis energéticas que han motivado la investigación y el desarrollo en fuentes alternativas y renovables de energía, entre ellas la energía solar, eólica, fotovoltaica, geotérmica y la energía de la biomasa. La biomasa es energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; la energía de la biomasa se puede recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles. Entre las fuentes de biomasa se encuentran entre otras, la madera, los residuos agrícolas y de la industria de alimentos, y la basura municipal. En la Agroindustria de la Palma de Aceite se genera biomasa que tiene como fuente las propias palmas y hojas muertas en la plantación, y la biomasa residual del proceso de extracción del aceite. La biomasa residual está conformada por los racimos de fruta vacíos, la fibra y las cáscaras de la almendra del fruto. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente el origen y composición de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma y se indican valores estimados en porcentaje en peso en relación a los racimos de fruta fresca (RFF) para diferentes países, según sus respectivos centros de investigación en el área.

Mediante el uso de diferentes tipos de tecnologías de transformación es posible obtener combustibles en forma sólida, líquida y gaseosa a partir

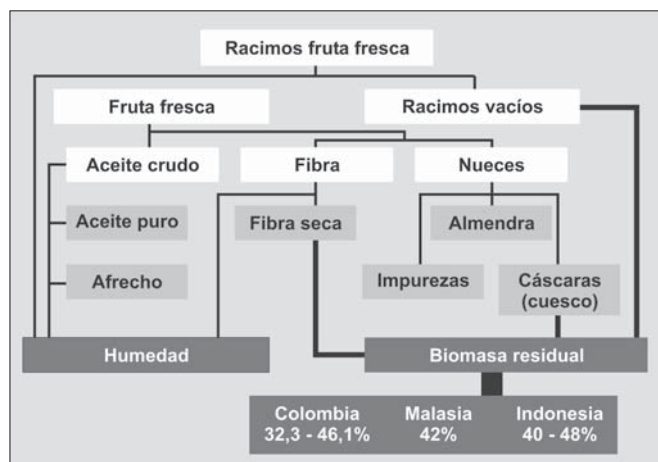


Figura 1 Origen y composición de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma

de cualquier tipo de biomasa. Entre estas tecnologías se destacan los procesos bioquímicos, con la digestión anaerobia, principalmente; los procesos fisicoquímicos y los procesos termoquímicos. Dentro de los procesos de transformación termoquímicos se cuenta con la pirólisis o degradación térmica de la biomasa, la gasificación, la combustión y la licuefacción. Este último proceso tiene como objetivo maximizar la producción de líquidos a partir de la biomasa, con el uso de elevadas presiones durante el procesamiento; hasta la fecha se ha mostrado inviable económicamente y no se analiza en este artículo. La pirólisis es un proceso de transformación básico, pues por un lado es posible obtener a partir de éste productos sólidos, líquidos o en forma de gas y por otro lado es el primer paso en los procesos de gasificación y combustión. La gasificación puede ser interpretada como un proceso de pirólisis que busca maximizar la fracción de gas como producto del proceso. La combustión se realiza en una atmósfera reactiva con aire (u oxígeno) y arroja como producto principal calor. Con el uso de procesos adicionales o secundarios es posible obtener nuevos productos a partir del sólido, líquido y gas obtenido anteriormente en la transformación termoquímica. Como ejemplo, es posible obtener carbón activado, briquetas combustibles, gas de síntesis, combustibles y energía eléctrica, como se ilustra en la Figura 2. Los tipos básicos de reactores que se emplean en estos procesos se clasifican en reactores de lecho fijo, móvil y fluidizado. Como característica esencial, la velocidad relativa de la fase sólida y

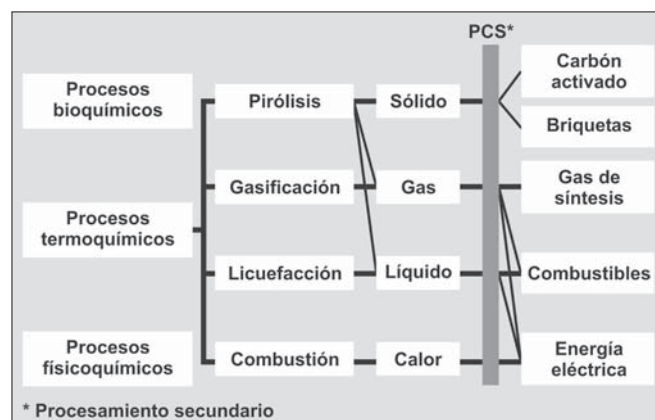


Figura 2 Procesos termoquímicos de transformación de la biomasa

volátil respecto al reactor aumenta, de acuerdo al orden mencionado. De la misma manera, es posible la transformación de un mayor volumen (o masa) por unidad de tiempo, característica que define en parte el tipo de reactor a emplear. Para los procesos de oxidación parcial y de combustión se puede dosificar el agente de reacción en el mismo sentido, de manera transversal o en sentido contrario a la dirección del flujo de la biomasa, característica que influye y determina la distribución final de productos, especialmente de la fase volátil. Esta fase la conforman el material condensable, constituido por aceites y agua y el gas (CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , principalmente).

Las variables de los procesos termoquímicos se pueden clasificar en tres grupos:

- **Tipo de biomasa:** Existen características inherentes a la materia prima como la composición química y las propiedades térmicas. El contenido porcentual y la composición de la ceniza, o material inorgánico, en la biomasa, es una característica decisiva en los procesos de transformación termoquímica, debido a los efectos catalíticos sobre las reacciones que se presentan. Otras propiedades como la forma y el tamaño de las partículas y el contenido de humedad se pueden modificar para aumentar la eficiencia de los procesos.
- **Perfil Tiempo-Temperatura:** Define las condiciones de calentamiento y lo determinan la tasa de calentamiento, la temperatura máxima alcanzada en el proceso y el tiempo de permanencia de las fases sólida y volátil a esa temperatura.
- **Atmósfera del proceso:** La pirólisis se efectúa normalmente en una atmósfera inerte (N_2 , He, Ar). Para la gasificación y la combustión se emplean atmósferas reactivas, principalmente de agua y de aire, aunque también de CO_2 e H_2 . El desarrollo del proceso de pirólisis en vacío promueve la formación de la fase volátil condensable. El uso de presión incrementa las interacciones entre la fase volátil y sólida y puede promover la formación de la fase sólida.

La degradación térmica de la biomasa involucra procesos de reacción química complejos, que se

presentan en un rango estrecho de temperaturas, y reciben una gran influencia del material inorgánico presente en la biomasa. En el transcurso de estos procesos se presentan una gran cantidad de reacciones químicas paralelas y en serie, que se clasifican en reacciones primarias y secundarias, según correspondan a la degradación directa de la biomasa o de los productos inicialmente formados, respectivamente. Los efectos de transferencia de calor y de masa influyen en la distribución de los productos sólidos, líquidos y gas, que se obtienen durante el procesamiento de la biomasa. El calentamiento de las partículas se presenta desde su superficie hacia el centro, lo que implica gradientes de temperatura hacia el interior de la partícula. De esta manera, el material ubicado en la parte central reacciona posteriormente al material en la superficie y la fase volátil debe recorrer el sistema poroso de la partícula que ya ha sido carbonizado, fenómeno que incentiva las reacciones secundarias.

El empleo y optimización de los procesos de transformación termoquímica de la biomasa presenta ventajas directas para el sector de la agroindustria de la palma de aceite, en cuanto permite lograr un uso energético eficiente de la biomasa residual que se genera, con las consecuentes ventajas económicas y ambientales. En este aspecto se debe resaltar que el uso de la biomasa en reemplazo de otros combustibles fósiles, presenta una ventaja en cuanto a la disminución de las emisiones de CO_2 .

Entre las desventajas del uso de la biomasa como fuente de energía se ha considerado la dispersión de la materia prima, que implica altos costos de recolección y transporte hasta los sitios donde se realiza la transformación. Esta desventaja no aplica para el sector de la palma de aceite, ya que la biomasa residual que se genera se encuentra altamente concentrada. La producción de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos a partir de la biomasa ofrece la ventaja de tener productos con mayor densidad energética debido al mayor poder calorífico de estos productos. El gas generado se usa normalmente en el mismo sitio de producción, debido a que los costos de distribución son elevados. El carbonizado y el líquido (bioaceite) pueden ser transportados y/o almacenados para su uso posterior, ventaja que

no ofrecen otras fuentes de energía renovables como el uso directo de la energía solar y la energía eólica, por ejemplo.

Metodología

En la Tabla 1 se presenta la caracterización de combustibles de productos generados en el proceso de extracción del aceite de palma. Para el análisis elemental se emplea un equipo de marca Carlo Erba, referencia 1106; aquí se determinan los contenidos de C, H, N y por diferencia el contenido de O. El contenido de humedad se determina siguiendo la norma DIN 51718, el contenido de materia volátil se determina según la norma DIN 51720 y el contenido de ceniza según la norma DIN 51719. El poder calorífico de las cáscaras de la almendra del fruto de la palma de aceite se determina utilizando una bomba calorimétrica, según la norma DIN 51900. Los demás valores se calculan con la correlación de Boie (1), que tiene un margen de error menor al 4%.

El estudio de la pirólisis y la gasificación de las cáscaras del fruto de la palma de aceite se realiza en un equipo de termogravimetría, en un reactor de lecho fijo con alimentación continua y un horno rotatorio. Los resultados de los experimentos de pirólisis de este trabajo se comparan con los resultados experimentales de un reactor de lecho fluidizado presentados por Islam *et al.* (2).

Los experimentos de termogravimetría se realizan en el equipo que se indica en la Figura 3. En este equipo se miden simultáneamente la variación de la masa y la temperatura durante el calentamiento de una muestra de material, a una

tasa de calentamiento controlada y constante. De este análisis se obtiene información sobre la cinética de reacción del material y la distribución de los productos del procesamiento, según los parámetros empleados. En este equipo se lleva a cabo la pirólisis en atmósfera inerte, para lo cual se dosifica nitrógeno como gas de arrastre. Por la parte inferior se suministran 1,5 l/min y por la parte superior 0,5 l/min (Figura 3). El flujo de la parte inferior permite la evacuación rápida de la fase volátil de la zona de reacción para impedir que se presenten reacciones secundarias en esta fase. El flujo de la parte superior es utilizado como sello para impedir la entrada de aire o la salida de la fase volátil del reactor. La fase volátil resultante se enfría rápidamente en un enfriador

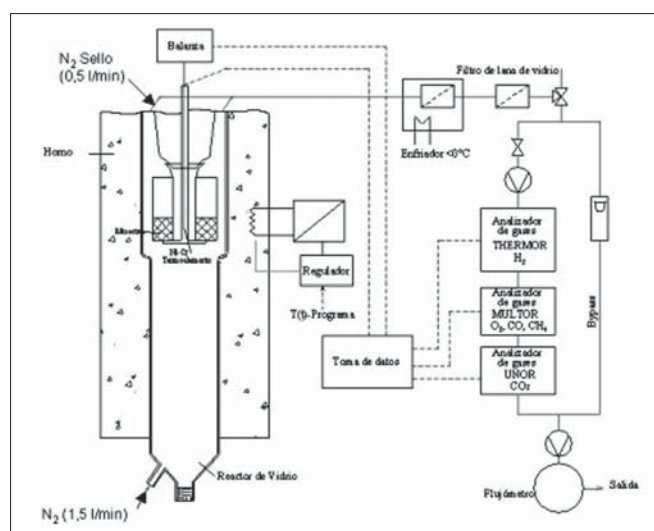


Figura 3 Equipo de termogravimetría

Tabla 1 Caracterización de diferentes tipos de biomasa

	Análisis elemental / %				Análisis próximo / %			Poder calorífico / MJ/kg	
	C	H	N	O ¹	w	M.V.	a	Ho ²	Hu ²
Cáscaras	52,8	5,7	< 1	40,5	11,2	79	1,7	22,2*	21,1*
Fibra	48,7	6,3	< 1	44,4	5,2	79	5,2	18,4	17,1
Almendras	62,5	8,8	2,1	26,6	6,5	93	1,7	28,7	26,8
Afrecho	59,6	5,5	2,4	42,5	10,5	81	3,5	18,5	17,3
Cascarilla de café	50,3	5,3	< 1	43,8	10,1	82	1,2	18,7	17,5
Bagazo	53,1	4,7	< 1	41,7	15,0	87	8,1	17,9	16,9

1. Valor calculado por diferencia

2. Valores correlación Boie: $Ho_{bs} = 34,83 c_{bs} + 115,84 h_{bs} + 6,28 n_{bs} - 10,8 o_{bs}$

* Valor experimental

tipo Liebig y en un baño de agua a 0°C donde se recoge la fracción de condensado. La composición de la fase gaseosa se analiza en continuo para determinar las concentraciones de H_2 , en un equipo Maihak, referencia Thermor 610. El CO_2 se mide en un equipo Maihak, referencia Unor 610. Para la medición de O_2 , CO y CH_4 se usa un equipo marca Maihak, referencia Multor 610. La concentración del oxígeno en la mezcla de gas se mide para controlar que no entre aire al reactor durante el proceso. Para el sistema de análisis de gas se utiliza una fracción del flujo de gas de 0,7 l/min; la otra fracción se conduce a través de una bifurcación. Los dos flujos se unen nuevamente para realizar su medición volumétrica en un contador de gas marca Ritter, referencia TG3, con un error de medición de +0,2%. Con la información volumétrica del flujo de gas y las concentraciones medidas en el sistema de análisis se calcula la fracción en masa correspondiente a cada componente del gas. No se miden algunos componentes pesados de hidrocarburos (C_nH_m) de la mezcla de gas, error que se estima del orden del 5%, en peso de la mezcla.

En el gasificador de lecho fijo con alimentación continua mostrado en la Figura 4, se realizan

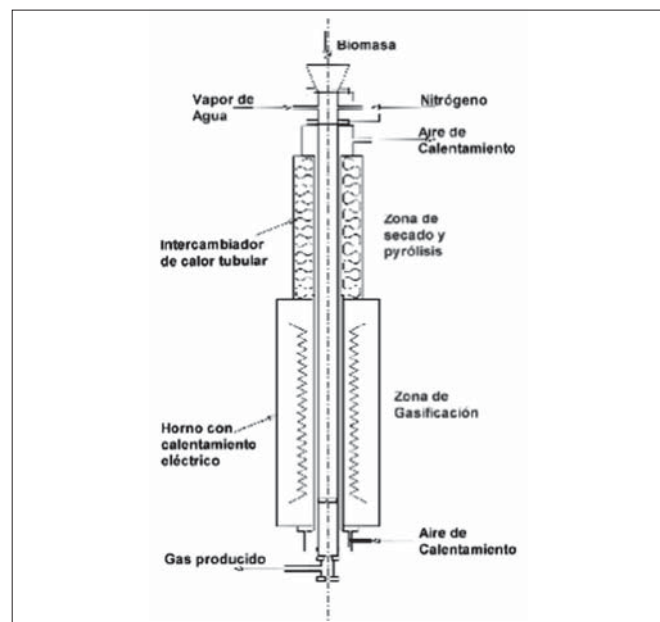


Figura 4 Reactor tubular de lecho fijo con alimentación continua (3, 4)

experimentos de gasificación total con vapor de agua como gas de reacción (3,4). El reactor tiene un diámetro interno de 85,2 mm y una longitud de 1.550 mm; el calentamiento es indirecto a través de resistencias eléctricas en un horno marca Heraeus, referencia RO 10/100, que alcanza una temperatura máxima de 1.100 °C. La biomasa a procesar se deposita en la tolva, en la parte superior del equipo, con un contenido de humedad que puede ser hasta del 50%. El agua adicional para la gasificación se suministra en el mismo sentido de avance de la biomasa, por medio de una bomba peristáltica con una precisión de 0,5 g/min. Se trabaja con concentraciones de agua entre 20 y 50% en la zona de gasificación. El material sólido cruza la zona de secado y pirólisis para llegar a la zona de gasificación a alta temperatura. Aquí se presenta la reacción del carbonizado con el vapor de agua, para arrojar como productos una mezcla de gas, la ceniza presente en la materia prima y agua, que corresponde parcialmente a la suministrada para la reacción y a la generada durante la pirólisis (4).

En la Figura 5 se muestra el equipo empleado para los experimentos de pirólisis y gasificación parcial en un horno rotatorio de calentamiento indirecto. El equipo tiene una capacidad de procesamiento hasta de 5 kg/h de biomasa, el calentamiento se hace a través de dos resistencias eléctricas de 10 kW cada una, que cubren una longitud de 1.100 mm, con 50 mm de espacio longitudinal entre ellas. El reactor es de acero inoxidable resistente a alta temperatura, su longitud es de 1.570 mm, su diámetro interno

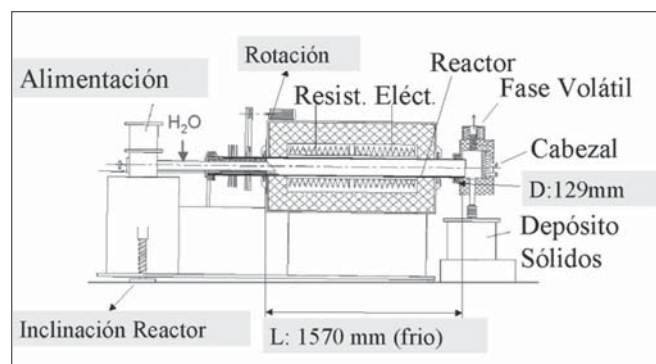


Figura 5 Horno rotatorio con calentamiento indirecto

129 mm y tiene 10 mm de espesor de pared. El tiempo de permanencia de la fase sólida en el reactor se establece según las ecuaciones desarrolladas por Saeman (5). La velocidad de giro del reactor se hace por medio de un motoreductor de velocidad variable en continuo, en un rango de 0,7 a 7,0 rpm. La dosificación de la materia prima al reactor se hace a través de un tornillo con ajuste de velocidad de giro en continuo. Es posible la variación de la pendiente del reactor, respecto a su posición horizontal, a través de dos tornillos ubicados en el extremo anterior de la estructura del horno. Para los experimentos se depositan cerca de 10 kilogramos de cáscaras húmedas en la tolva del horno y se procede al sellado completo del equipo para evitar la entrada de aire durante el proceso. Se emplea un flujo de 2,0 l/min de nitrógeno como gas de arrastre, que se suministra al cilindro que aloja el tornillo de dosificación del material en el reactor. Para los experimentos de pirólisis se establece un tiempo de permanencia de la fase sólida en el reactor de 12 ± 2 minutos a la temperatura de procesamiento.

Islam *et al.* presentan en (2) los resultados de la pirólisis de cáscaras (cuesco) en un reactor de lecho fluidizado. En este trabajo se trabaja a temperaturas entre 400 y 600 °C para diferentes tamaños de partícula y velocidades del gas de fluidización. Adicionalmente se presentan los resultados del análisis de los componentes de los aceites de pirólisis generados.

Resultados

En la Figura 6 se muestran los resultados de los diferentes tipos de reactores durante el procesamiento de cáscaras. La curva en continuo de la variación de la masa obtenida en el equipo de termogravimetría indica una leve variación de la masa hasta una temperatura cercana a 240°C, a partir de la cual las reacciones de despolimerización de la biomasa se presentan en un rango estrecho de temperatura, hasta una temperatura aproximada de 450°C. Es posible notar la presencia de dos reacciones globales, que se asocian a la degradación de la hemicelulosa y la celulosa y otra tercera reacción alrededor de los 400°C, que se asocia a la descomposición de la lignina. También se presenta en la Figura 6 la curva continua de generación de la mezcla de

gas en masa y por diferencia la curva correspondiente a la formación del condensado. Los resultados de los experimentos en el horno rotatorio y en un reactor de lecho fluidizado (3), se indican en la misma figura. Se puede observar una tendencia similar para la variación de la masa en función de la temperatura para estas dos últimas tecnologías. Sin embargo, la formación de carbonizado es menor que en el caso del análisis de termogravimetría. Este efecto se incrementa para el proceso en el reactor de lecho fluidizado. El parámetro del proceso responsable en mayor medida de este efecto es la mayor tasa de calentamiento del material. De esta manera, se presentan las reacciones a temperaturas más elevadas y se afectan de manera considerable las interacciones entre las fases sólida y volátil, fenómeno decisivo en la distribución final de los productos. Alrededor de una temperatura de 500°C se presenta un máximo en la fracción de material condensado en el reactor de lecho fluidizado. Para temperaturas mayores esta fracción disminuye y la fracción de gas aumenta simultáneamente, lo que se explica por las reacciones secundarias en la fase volátil. Este efecto es mayor en el horno rotatorio, debido al mayor tiempo de permanencia de la fase volátil en el reactor a la temperatura del proceso. En la Figura 7 se muestra la composición de la mezcla del gas obtenida en los experimentos en el reactor de lecho fijo de

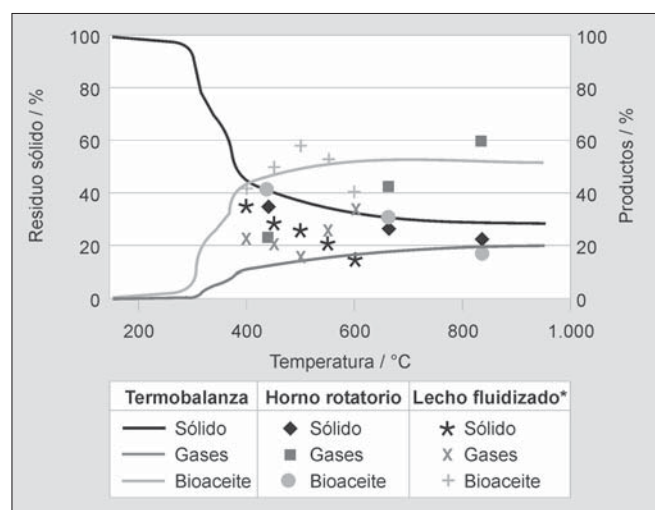


Figura 6 Productos del proceso de pirólisis de cáscaras en termobalanza, horno rotatorio y lecho fluidizado

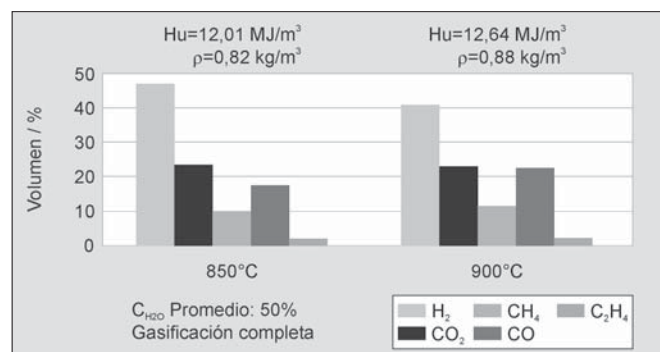


Figura 7 Composición en volumen del gas producto de la gasificación en lecho fijo (4)

alimentación continua (4). Es notable la producción de H₂ que llega a valores entre 40 y 50% en volumen de la mezcla del gas y que es responsable en gran medida del alto poder calorífico de la mezcla, superior a 12 MJ/m³. En este proceso, sin embargo, la tasa de reacción y procesamiento es menor que para el horno rotatorio y el reactor de lecho fluidizado.

Discusión

Es posible observar la influencia del tipo de reactor en la distribución de los productos combustibles sólidos, líquidos y gas, que se obtienen mediante el procesamiento termoquímico de las cáscaras de la almendra del fruto de la palma de aceite. Bajo condiciones de laboratorio, en el análisis de termogravimetría, es posible determinar los parámetros cinéticos de reacción ya que se evitan en gran medida la presencia de reacciones secundarias de los productos inicialmente formados de la degradación de la biomasa. Al permitirse las condiciones de reacción en equipos de mayor capacidad de procesamiento, se incrementan las reacciones secundarias, que ocasionan la descomposición de la fase volátil condensable en una fracción mayor de gas. Condiciones de calentamiento y evacuación rápida de la fase volátil de la zona de reacción permiten maximizar la formación de condensado. Permitir tiempos de permanencia de esta fase a la temperatura del proceso, especialmente para temperaturas mayores a 500°C, maximiza la formación de gas. El uso de tasas de calentamiento bajas promueve la formación de combustibles sólidos a partir de la biomasa, debido a que se permite más tiempo

para la interacción de la fase volátil y la fase sólida, lo que promueve reacciones de recondensación de la fase volátil en la matriz sólida. El incremento del tiempo de permanencia del material carbonizado a temperaturas elevadas, mayores a 800°C, permiten la reacción de este material en una atmósfera con gases de reacción, especialmente con vapor de agua. Estas condiciones de procesamiento incrementan la formación del gas y hacen posible la formación de una estructura altamente porosa y el desarrollo del área superficial, para su uso como adsorbentes en procesos de limpieza (6).

El poder calorífico del gas producido durante la pirólisis en el horno rotatorio se incrementa a medida que aumenta la temperatura de procesamiento. Así, el poder calorífico aumenta desde 3.960 kJ/m³ hasta 18.048 kJ/m³ para temperaturas máximas de procesamiento de 440 a 836°C, respectivamente. La densidad de la mezcla del gas disminuye para los mismos experimentos desde 1,6 kg/m³ a 440°C hasta 1,0 kg/m³ para el experimento a 836°C, debido a la degradación térmica de los hidrocarburos pesados a componentes de menor densidad en la mezcla de gas.

La optimización de las variables de operación de los procesos de transformación termoquímica ha permitido alcanzar altas fracciones de producto condensado o bioaceite, mayores al 70% en base a la biomasa inicial. Los resultados obtenidos en el reactor de lecho fluidizado por Islam *et al.* (2), indican una fracción cercana al 50% para el condensado, en base seca. Tecnologías en etapa de implementación comercial como la desarrollada por la empresa Dynamotive (7) ofrecen perspectivas para el uso y producción de bioaceite a partir de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma. Esta opción presenta el atractivo de emplear productos de desecho y puede ser competitiva ante la opción de producir biodiesel, a partir de procesos de esterificación del aceite de palma obtenido del proceso de extracción.

Las aplicaciones energéticas pueden abarcar un rango extenso desde el uso doméstico para labores de cocción de alimentos hasta el suministro de las necesidades energéticas completas de las plantas de extracción. En este aspecto la implementación de esquemas de cogeneración de energía eléctrica y del calor

necesario para los procesos en la planta extractora, es la opción más atractiva desde los puntos de vista técnico y económico. La cogeneración facilita la producción simultánea de energía eléctrica y calor siendo posible disminuir el consumo de combustibles fósiles, al presentarse mejores eficiencias de transformación. Como ventaja anexa se tiene la disminución de las emisiones de CO₂. A través de la aplicación de esquemas de cogeneración por módulos se logra el crecimiento escalonado para cubrir rangos de producción de energía eléctrica desde pocos kW hasta varios MW, con la consecuente inversión económica gradual. También puede utilizarse el biogás generado a partir de los efluentes del proceso de extracción para la cogeneración. Las plantas de cogeneración se pueden poner en funcionamiento con el uso de motores de combustión, turbinas de gas y, en el futuro, con celdas de combustibles, lo que complementa la versatilidad del sistema. El amplio uso de los sistemas de cogeneración ha permitido mejorar notablemente la tecnología y reducir sus costos, tanto de inversión como de operación. En el campo de la Agroindustria de la Palma de Aceite ya se han iniciado operaciones de plantas de cogeneración. Como ejemplo puede considerarse el sistema implementado por la empresa Kilang Sawit Sdn. Bhd. en Malasia (8). Este sistema emplea una caldera de vapor saturado de 35 t/h y 23 bar, con una turbina de contrapresión a 4,1 bar. La capacidad de generación es de 1,2MW y el costo de inversión de US\$693.300, lo que arroja un costo por kW instalado de US\$580/kW y un período de retorno de la inversión de 3,7 años.

En la Figura 8 se indica esquemáticamente un balance preliminar de la energía requerida en el proceso de extracción y del potencial de energía que se puede generar a partir de los componentes de la biomasa residual: cáscaras, fibra y racimos de fruta vacíos. Puede apreciarse el exceso de energía eléctrica que puede generarse y la posibilidad de su comercialización. En la Tabla 2 se indica el potencial de generación a partir de la biomasa residual generada en el proceso de extracción del aceite de palma.

Es recomendable para el sector de la Agroindustria de la Palma de Aceite, la consideración de los sistemas de cogeneración de electricidad y

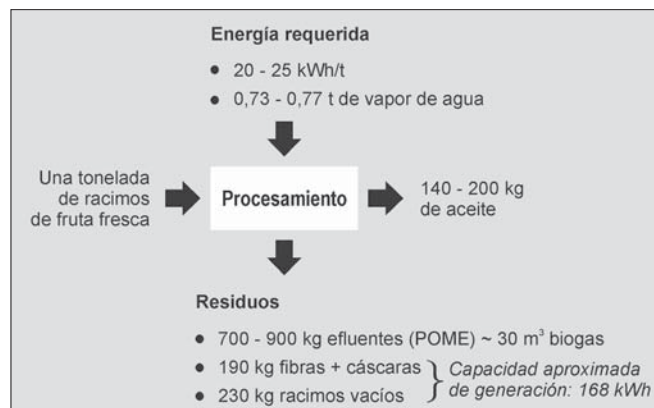


Figura 8 Balance de energía requerida en el proceso de extracción y potencial de energía que se puede generar a partir de los componentes de la biomasa residual, adicional al calor requerido en el proceso

Tabla 2 Potencial de generación eléctrica de la biomasa residual del procesamiento de la palma de aceite

País	Producción – RFF x1000 T/a	Biomasa residual x1000 T/a	Potencial de generación GWh/a
Indonesia*	35.620	15.000	6.000
Malasia*	55.165	23.170	9.268
Tailandia*	2.942	1.235	494
Colombia*	2.630	1.105	442

* Producción de RFF calculado a partir de información en (9).
Biomasa Residual = 0,42 RFF; 1 kWh = 2,5 kg (8).

del calor necesario en sus procesos de extracción, para lo que debe realizarse trabajo experimental de optimización de los procesos de combustión de sus residuos y de disminución de las emisiones, especialmente de óxidos de nitrógeno, que tienen como fuente la fracción en masa de nitrógeno presente en la biomasa residual.

Es necesario realizar trabajo de investigación en el proceso de combustión de las cáscaras, debido a los problemas que se generan con su material inorgánico en los equipos de combustión.

La investigación simultánea en otras aplicaciones de los subproductos es necesaria para darles el mejor uso económico, que no necesariamente tiene que ser el energético. Los condensados generados en los procesos de transformación termoquímica por pirólisis de las cáscaras contienen una alta concentración de compuestos

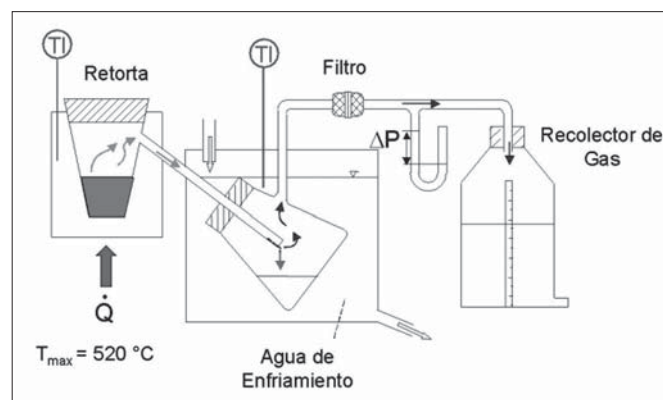


Figura 9 Montaje experimental para la prueba de caracterización de distribución de productos a baja temperatura según la norma ISO 647

oxigenados, entre los que se encuentran principalmente fenoles y ácido acético en fracción en masa superior al 40%. La concentración de parafinas es mínima y no se detectan hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH) (2). Estos aceites pueden tener mayor valor agregado que el mismo uso energético y se justifica la inversión de esfuerzos de investigación en el área. Igualmente deben explorarse otras opciones como la producción de pulpa de papel a partir de los racimos de fruta vacíos, la producción de partes para la industria automotriz, utilizando como materia prima la fibra, o aún el empleo de las cáscaras en la preparación de cemento.

Finalmente, en la Figura 9 se muestra el montaje experimental empleado para realizar la prueba de caracterización de distribución de productos

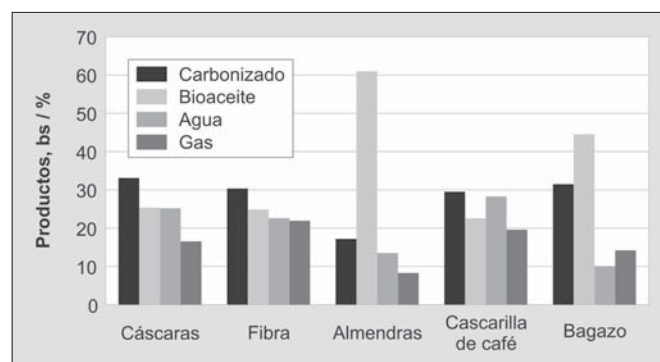


Figura 10 Distribución de productos para diferentes tipos de biomasa según la prueba ISO 647

a baja temperatura según la norma ISO 647, cuyos resultados para varias materias primas se muestran en la Figura 10. De los resultados de esta prueba es interesante resaltar la alta fracción de condensado, superior al 60% libre de agua que se obtiene para la almendra. Esto indica la opción de obtener otro tipo de aceite mediante la pirólisis de la almendra del fruto de la palma de aceite, alternativa que merece investigarse más profundamente.

Conclusiones

Con la utilización de tecnologías específicas de los procesos de transformación termoquímica de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma, es posible la optimización de cada uno de los productos combustibles: sólidos, líquidos y gas. Con calentamientos rápidos hasta temperaturas entre 500-550 °C, se promueve la formación de gas. Tasas de calentamiento bajas, menores a 100 K/min, promueven la formación de residuo sólido carbonizado durante el proceso de pirólisis. El uso energético de la biomasa residual se presenta como una alternativa viable para la agroindustria extractora del aceite de palma, cumpliendo con los objetivos del Desarrollo Sostenible, bajo un esquema de cero emisiones y contribuyendo a la eficiencia económica del sector. Debe dirigirse trabajo de investigación y desarrollo para implementar esquemas de cogeneración de energía eléctrica y de calor, ya que las condiciones del proceso de extracción requieren una alta fracción de energía térmica y en menor medida de energía eléctrica, condiciones óptimas para el uso de estos sistemas de cogeneración. La cogeneración también contribuye a disminuir efectos ambientales negativos, al hacer más eficiente el uso de los combustibles y disminuir las emisiones de CO₂ al ambiente. Debe conducirse trabajo de investigación experimental para disminuir las emisiones de óxidos de nitrógeno a través de los procesos de combustión de la biomasa residual, que tienen su fuente en la fracción de nitrógeno presente en las materias primas. Simultáneamente deben evaluarse otras opciones de uso de los productos de la biomasa residual generada, para encontrar las mejores soluciones desde el punto de vista económico y ambiental. 🌿

Bibliografía

- (1) BOIE, W. 1957. Vom Brennstoff zum Rauchgas. Ed. Teubner. Leipzig.
- (2) ISLAM, M.N.; ZAILANI, R.; ANI, R. 1999. Pyrolytic oil from fluidised bed pyrolysis of oil palm shell and its characterisation. *Renewable Energy*. v.17, p.73-84.
- (3) KLOSE, W.; BÜTTNER, J.; WIEST, W. 2002. Entwicklung einer Technikumsanlage zur Holzvergasung mit indirekter Beheizung. *Erdöl, Erdgas, Kohle*, 118, p.75-78.
- (4) GÓMEZ, A. 2002. Investigación del Proceso de Gasificación de Biomasa en un Gasificador en Paralelo. Tesis de Grado. Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia.
- (5) SAEMAN, W. C. 1951. Passage of solids through rotary kilns. *Chemical Engineering Progress*. p.508-514.
- (6) GÓMEZ, A.; KLOSE, W.; RINCÓN, S.; WIEST, W. 2003. Proceso de producción de carbón activado de cáscaras de palma de aceite en un horno rotatorio y su aplicación en la limpieza de NO. XIV Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, Cartagena.
- (7) <http://www.dynamotive.com>. Consultada 15/10/2003.
- (8) COGEN. 1995. Cogeneration potential in ASEAN and opportunities for European suppliers. Presentación seminario: COGEN 3: A Business Facilitator. Malmö, Canes, Londres. <http://www.cogen3.net/presentations/eu/CogenerationpotentialASEAN.pdf>.
- (9) FEDEPALMA. 2002. Anuario Estadístico.