

# Productos promisorios del fruto de La Palma de Vino

Jorge E. Devia  
Agustín López  
Olga Lucía Saldarriaga

## RESUMEN

En este artículo se presenta un resumen del proyecto realizado con los alumnos de Ingeniería de Procesos Agustín López y Olga L. Saldarriaga. Se analizan las posibilidades de aprovechamiento de la palma de vino (*Attalea butyracea*), considerando el factor de su preservación y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la zona donde se cultiva.

Se propone un proceso integrado para la obtención de tres productos: el carbón activado, el aceite y la torta, que pueden ser explotados económicamente para beneficio de la región.

## ABSTRACT

The Wine Palm (*Attalea butyracea*) is widely distributed in the north coast of Colombia, but it has been destroyed by the peasants because they cannot get any useful products. This article shows an integrated process to obtain three products from the fruits of the palm: activated charcoal, oil and a cake that can contribute to the economy of the region.

## PALABRAS CLAVES

Carbón activado. Aceite de palma de vino.

## INTRODUCCIÓN

En varias poblaciones del departamento de Sucre hay grandes extensiones de vegetación natural que han sido transformadas en potreros, en donde predominan en el paisaje varias especies de palmas (*Attalea butyracea*, *Sabal mauritiformis*, *Copernicia tectorum* y *Elaeis oleífera*). Estas palmeras dan cierta estabilidad al medio ambiente y, a la vez, son fuente de numerosos productos de utilidad para la familia campesina (alimento, medicina, bebidas, techo, etc.).

Teniendo en cuenta la explotación y mala utilización que el hombre está dando a sus reservas naturales se plantea la necesidad de conservar el conocimiento de los grupos humanos que han manejado esta riqueza natural y conceptual, la cual obviamente no se conservará si éstos o la selva misma dejan de existir. Por lo tanto es importante plantear el aprovechamiento racional de esta biodiversidad, para generar

JORGE E. DEVIA P. Ingeniero Químico, Universidad de Antioquia. Ph.D. en Química, Universidad de Pittsburgh. Docente, departamento de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT. E-mail: jdevia@eafit.edu.co

AGUSTÍN LOPEZ C. Estudiante de último año de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT.

OLGA LUCÍA SALDARRIAGA, . Estudiante de último año de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT.

productos con valor agregado que contribuyan al desarrollo económico sin atentar contra el ecosistema.

La disposición actual de la palma de vino (*Attalea Butyracea*) en el golfo de Morrosquillo, ha inducido a que su aprovechamiento se haya reducido únicamente a la alimentación de algunas especies animales y que sea considerada por los habitantes de esta región como "maleza". Como consecuencia de esta situación, esta especie de palma, nativa de este territorio, que gracias a sus características etnobotánicas se encuentra presente en gran número, está expuesta al riesgo de devastación y de extinción, porque la comunidad no le encuentra beneficios y alternativas importantes y por lo tanto no se desarrolla plan o programa alguno para su protección, sino que por el contrario se reemplaza por otras especies o actividades que representen un beneficio real.

Como alternativa de protección de la palma se estableció una reserva forestal en esta parte del golfo de Morrosquillo, y adicionalmente es necesario buscar productos que, dentro del modelo de desarrollo sostenible, representen alguna utilidad económica para los habitantes de la región.

Como resultado del estudio realizado se encontraron tres productos que por sus características permiten cumplir el doble propósito de proteger la palma y a la vez producir algunas ganancias para la comunidad: el carbón activado, el aceite de palma y la torta.

**Teniendo en cuenta la explotación y mala utilización que el hombre está dando a sus reservas naturales se plantea la necesidad de conservar el conocimiento de los grupos humanos que han manejado esta riqueza natural y conceptual, la cual obviamente no se conservará si éstos o la selva misma dejan de existir. Por lo tanto es importante plantear el aprovechamiento racional de esta biodiversidad, para generar productos con valor agregado que contribuyan al desarrollo económico sin atentar contra el ecosistema.**

## CARACTERÍSTICAS DE LA PALMA DE VINO

La zona de origen de esta especie de palma es Brasil, encontrándose también en países como México, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Bolivia, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Congreso Nacional sobre Biodiversidad, 1994).

## Clasificación taxonómica (Henderson, 1995)

Reino	Plantae
Clase	Liliopsida (Monocotiledonia)
Subclase	Arecidae
Orden	Principes
Familia	Palmae
Subfamilia	Arecoideae
Tribu	Cuezcoeae
Subtribu	Ataleinae
Género	<i>Attalea</i>
Especie	<i>Attalea butyracea</i>

**Nombres comunes:** Palma de vino, palma real, palma de cuezco (Figura 1).

Palma alta, gruesa, solitaria, sin espinas. Estirpe usualmente anillado por las vainas de las hojas viejas; puede alcanzar una altura hasta de 20 m y un diámetro de cerca de 50 cm, con algo más en la base. Tiene de 25 a 40 hojas erectas,

**FIGURA 1**  
***Attalea butyracea* © 2001, Jody Haynes**



contemporáneas, que forman una corona densa, de cerca de 10 m de diámetro. Con raíces profundas.

**Hojas:** Grandes, pinnadas, levemente crespas; generalmente las pinnas se insertan en un mismo plano sobre el raquis. Las hojas secas péndulas y persistentes por algún tiempo.

**Flores:** Inflorescencias interfoliarias, las masculinas de 30 - 50 cm de largo y las femeninas hasta de 2.5 m de largo, con abundantes flores blanco - amarillas. Las flores masculinas con pétalos lineales y seis estambres. Especie monóica.

**Frutos:** Oblongo - ovoides de 5 - 7.5 cm de largo y de 3 - 4 cm de diámetro. De color amarillo intenso en la madurez. El mesocarpio es carnoso - fibroso de color anaranjado intenso ocasionalmente con 2 o 3 semillas oblongas.

**Cualidades especiales:** Crecimiento lento a plena exposición. Es de gran longevidad. Generalmente se encuentra conformando poblaciones de numerosos individuos. Crece en bosques secos y estacionales, es común a lo largo de las márgenes de los ríos, pero también en áreas abiertas como sabanas. Es muy común en zonas disturbadas y en pastizales. Por sus semillas oleaginosas debe ser considerada como una especie promisoría.

**Propagación:** A partir de semillas. Su germinación puede tardar entre 4 y 6 meses (Varon, 1995).

La región de donde se obtuvo el material para este estudio está ubicada al noroccidente del departamento de Sucre en la costa Caribe Colombiana, al noroccidente del municipio de San Onofre.

**Como resultado del estudio realizado se encontraron tres productos que por sus características permiten cumplir el doble propósito de proteger la palma y a la vez producir algunas ganancias para la comunidad: el carbón activado, el aceite de palma y la torta.**

## PRODUCTOS QUE SE PUEDEN OBTENER DE LA PALMA DE VINO

Hay tres partes de la palma que, aparentemente, tienen posibilidades de utilizarse económicamente: el fruto, el palmito y las hojas.

El fruto o cuezco esta formada por el mesocarpio (parte carnosa), el endocarpio (fibra dura) y la almendra. El mesocarpio es adecuado para la alimentación de ganado porcino y otros animales, que sirven como ingresos para las familias allí establecidas y como una fuente de alimento importante.

De acuerdo con un trabajo sobre plantas tropicales promisorias de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, el endocarpio es un excelente combustible que se quema directamente o se puede convertir en carbón vegetal.

La almendra se caracteriza por un alto contenido de aceite casi incoloro, que puede usarse para elaborar margarina, grasa vegetal, diversos alimentos, jabón, detergentes y productos cosméticos. El residuo es un alimento de primera clase para animales (Williams, 1950).

El palmito o corazón de palma está compuesto por delicadas hojas en desarrollo, que están incluidas dentro de las hojas envoltentes del tallo con forma de lanza, ubicadas inmediatamente sobre el meristemo de la palma. Es un alimento que se caracteriza por un adecuado contenido nutricional así como por un sabor exquisito, es muy apetecido en mercados como el Argentino, Norteamericano y algunos países Europeos. Aunque resulta atractivo como alternativa de producción agroindustrial, en el caso de la palma de vino, por ser ésta una especie monocotiledónea, extraerlo implica terminar con la vida útil de la palma, porque no se regenera, como si lo hacen otras especies que por ser dicotiledóneas permiten la explotación comercial.

Las hojas de las palmas sirven para techar casas y para entretrejer canastos y otro tipo de artesanías, con lo cual los habitantes de la zona se pueden aprovisionar de diferentes enseres o pueden crear una fuente de ingresos. Este aprovechamiento no pone en riesgo la supervivencia de la palma y puede motivarse a la comunidad para que haga uso de este recurso y obtenga ingresos adicionales. Su mayor desventaja es el efecto destructivo del sol, que las degenera de manera progresiva.

Al tumbar la palma y practicarle un agujero en la yema terminal mana un líquido fermentable llamado vino de palma, que es el que le da el nombre a esta palma (Departamento Administrativo de Medio Ambiente, 1998). Obviamente, no se permite una explotación industrial, porque implicaría diezmar

la población del recurso natural en estudio, pero no impide que los habitantes de la región aprovechen de manera racional y regulada este producto ofrecido por la palma.

El fruto es la parte de la planta que puede ser explotada ampliamente y que ofrece productos llamativos a nivel agroindustrial. Es un alimento para los animales, el endocarpio es propicio para la obtención del carbón y la nuez permite obtener aceite así como alimento para animales. A partir del fruto se propone obtener carbón activado, aceite vegetal y la torta.

## CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado es un material carbonáceo poroso que se obtiene por la carbonización y activación de sustancias orgánicas de origen principalmente vegetal. Su propiedad más importante es su gran capacidad de adsorción, que se atribuye principalmente a un alto desarrollo de su estructura porosa.

La estructura porosa de un carbón activado es función, entre otras cosas, del precursor usado en su preparación, del procedimiento de activación y del tiempo de activación; por esta razón el área superficial y el volumen de poro pueden variar ampliamente de un tipo de carbón a otro. La adecuación de un carbón activado para una aplicación particular depende de la relación en la cual estén los poros de diferentes tamaños.

El carbón activado tiene numerosas aplicaciones, como la purificación y potabilización del agua, la purificación de gases y vapores, la eliminación de vapores tóxicos del aire, filtros para remover sustancias dañinas, entre otras.

## TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS DEL CARBÓN

### Pirólisis

La pirólisis o carbonización es un proceso en el cual se presenta un calentamiento destructivo de materiales carbonáceos. Este proceso se realiza en ausencia de aire (atmósfera inerte), para obtener como producto un sólido con una estructura porosa rudimentaria, conocida como semicoque o char (Figura 2) y cierta cantidad de productos volátiles, principalmente amoníaco, alquitranes, aceites livianos y vapor de agua (Lopera, 1995). El producto obtenido varía con el tipo de material carbonáceo y las condiciones de pirólisis tales como temperatura, velocidad de calentamiento, tiempo de residencia y presencia de hidrógeno constitutivo de la materia prima.

La pirólisis puede ser clasificada así: pirólisis a baja temperatura, cuyo principal objetivo es obtener un destilado rico en componentes de interés químico y energético, y pirólisis a alta temperatura cuya finalidad es la obtención (partiendo de un carbón apropiado) de un producto sólido, ya sea coque para la industria siderúrgica o material de base para briquetas o carbones activados, entre otros.

Para la primera (a baja temperatura), la temperatura final se encuentra por debajo de los 700° C y para la segunda (a alta temperatura), por encima de 900° C.

Esta diferencia de temperaturas refleja los cambios físicos del material carbonáceo entre temperaturas de 600 y 800° C.

Concretamente, a bajas temperaturas la reacción química es lenta para permitir

que los gases alcancen la superficie externa y sean liberados, con el fin de generar microporos. En este caso se emplean temperaturas en un intervalo de 300 a 650° C. A partir de los 600° C hacia arriba la velocidad de reacción es menos progresiva, lo cual conlleva a un taponamiento de los poros debido a la formación de enlaces y recondensación de productos de la pirólisis.

**FIGURA 2**  
**Material carbonáceo sometido a pirólisis**



Foto tomada de: Civil and Environmental Engineering, Virginia Tech.

Mientras que a bajas temperaturas el régimen de difusión es interno, a altas temperaturas el régimen predominante es de difusión externa, lo que explica en parte el comportamiento descrito.

La principal influencia del tiempo de residencia está directamente relacionada con la disminución de la materia prima, en especial para temperaturas medias. La estructura porosa sufre cambios tales como reagrupamiento y constricción que afectan directamente el tamaño de los microporos, cuando el tiempo de residencia es prolongado y se trabaja a altas temperaturas.

La materia prima también juega un papel importante y determinante en la estructura, distribución y tamaño de los poros en el semicoque y especialmente en el carbón activado. Además, la densidad varía notablemente con el tipo de material utilizado en relación directa con la resistencia del carbón activado obtenido, es decir, a bajas densidades hay una baja resistencia mecánica. Además, una materia prima con alto contenido de volátiles, permite un alto desarrollo de poros en la pirólisis a bajas temperaturas (Checo Briceño, 1985).

### Carbón activado del cuezco de la Palma de Vino

En los experimentos realizados, el mesocarpio, separado de la almendra, se redujo sustancialmente en tamaño para permitir la pirólisis, así:

Se creó una atmósfera inerte con un flujo de nitrógeno de 300 mL/min y la temperatura del horno reactor se ajustó a 500° C. El eliminador de oxígeno y el precalentador se ajustaron a 400° C.

El cargue y el descargue se realizaron en caliente, empleando un cilindro portamuestras que contenía el mesocarpio de la semilla de la palma. La temperatura y el tiempo elegidos para este proceso fueron 500° C y 20 minutos, respectivamente. El char obtenido se dejó enfriar y se puso en un desecador para reducirlo de tamaño (malla 30) posteriormente y proceder a la activación.

### Activación del carbón

En la industria del carbón activado se emplean diversas tecnologías que se pueden agrupar en dos categorías: activación química y activación física (Figura 3).

#### Activación química

En los procesos de activación química, la materia prima se impregna de un agente activante que puede ser cloruro de zinc, ácido fosfórico o sulfúrico y carbonatos, sulfatos o bisulfatos alcalinos, para luego someterla a temperaturas cercanas a 500° C. La activación química es un proceso endotérmico, que determina un consumo extra de energía, controlable por las temperaturas de trabajo relativamente bajas; se obtienen muy buenos rendimientos, aunque requiere el empleo de agentes químicos de precio elevado (Ocampo Suárez, 1994).

#### Activación física

Los procesos de activación física operan en dos etapas diferentes; en la primera, llamada carbonización (descomposición térmica de la materia prima), se obtiene un producto de estructura porosa, pero inerte en la adsorción. La segunda etapa, conocida como activación, sucede a temperaturas cercanas a 1000° C, en diferentes tipos de atmósferas, tales como vapor de agua, dióxido de carbono, cloro, nitrógeno o una

combinación de gases. En esta parte del proceso se pierde una cantidad considerable del material, la capacidad de adsorción está relacionada directamente con esta pérdida. La activación física es autoenergética, si se utilizan como combustibles los gases desprendidos, lo cual no siempre se facilita cuando se trabaja a temperaturas muy elevadas.

**FIGURA 3**  
**Material carbonáceo sometido a activación**

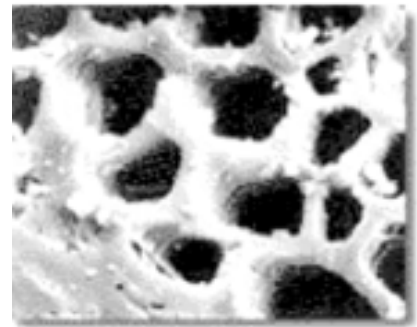


Foto tomada de: [Civil and environmental engineering Virginia Tech.](http://www.cesun1.ce.vt.edu/enviro2/)  
<<http://www.cesun1.ce.vt.edu/enviro2/>>

De acuerdo con las teorías para la activación física, puede decirse que durante la carbonización se logra una estructura porosa, pero estos poros se encuentran bloqueados con carbón amorfo, alquitrán y otros residuos de la descomposición pirolítica del material celulósico. Después de la activación estos poros se "limpian" por oxidación de las deposiciones que los bloquean y permiten la formación de otros, permitiendo así el incremento del área superficial, lo que lleva finalmente a que estos poros actúen como centros activos de los procesos de adsorción.

Algunos estudios han mostrado el desarrollo de la porosidad en la activación del

carbón del cuezco con  $\text{CO}_2$ , lo cual puede ser fácilmente controlado por la naturaleza endotérmica de la reacción (Torregrosa, 1991).

La activación con  $\text{CO}_2$  requiere menor energía para la reacción que cuando se emplea vapor.



La rata  $\gamma$  de gasificación del carbón con  $\text{CO}_2$  es:

$$\gamma = \frac{k_1 P_{\text{CO}_2}}{1 + k_2 P_{\text{CO}} + k_3 P_{\text{CO}_2}}$$

Donde  $P_{\text{CO}_2}$  y  $P_{\text{CO}}$  son las presiones parciales y  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$  son las constantes de velocidad determinadas empíricamente (Smisek, 1970).

### Activación del carbón obtenido del cuezco de la Palma

Se pesaron 6 g. del residuo sólido (char) (malla 30) obtenido de la pirólisis y se pusieron dentro del cilindro portamuestras, para someterlo a condiciones de temperatura y tiempo para la activación conocidas previamente (Gallón, 1997).

Una vez alcanzada la temperatura de activación se procedió a pasar el agente oxidante ( $\text{CO}_2$ ) por el reactor, con un flujo de 300 mL/min, escogido según la experiencia del personal del Centro del Carbón de la Universidad Nacional en ensayos con materiales similares.

Para terminar el proceso se circuló nitrógeno por el horno reactor hasta que el sistema se enfrió y permitió retirar el carbón obtenido, para someterlo a evaluación por medio de pruebas de laboratorio.

### Propiedades del carbón a partir del cuezco de la Palma

La evaluación del producto final (carbón activado) se realizó mediante pruebas técnicas estándar ampliamente reconocidas, las cuales permiten determinar la estructura porosa del carbón, de forma tal que es posible conocer la distribución de los poros. Se emplearon las evaluaciones del poder adsorbente con solución de yodo y con solución de azul de metileno:

- **Evaluación con solución de Yodo:** Esta prueba se emplea para determinar la estructura microporosa del carbón. Este método es un indicativo de la capacidad del carbón para absorber sabores, olores provenientes de moléculas cuyo tamaño es semejante a la del yodo. Método CPT-8905 (Clarimex, 1990).
- **Evaluación con solución de azul de metileno:** La prueba de absorción de azul de metileno indica la estructura macroporosa de un carbón activado determinado y al igual que el método del yodo, sirve para determinar la capacidad de absorber moléculas de tamaño semejante a las de azul de metileno. Método CPT-8906 (Clarimex, 1990). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

El resultado obtenido para el carbón a 800° C y 3 horas, sugiere que cuenta con una proporción adecuada de microporos y una proporción media de macroporos, lo que incide de forma directa en el área superficial, porque son los poros de menor tamaño los que más aportan a esta propiedad que está relacionada con la capacidad adsorptiva del producto.

**TABLA 1**  
**Resultados propiedades del carbón**

CONDICIONES DE ACTIVACIÓN	ÍNDICE DE YODO	AZUL DE METILENO
2 horas a 750° C	398	4
3 horas a 800° C	750	10
Carbón Comercial	600	10

De otro lado, los índices de yodo y de azul de metileno para el carbón obtenido a 750° C y 2 horas indican que, a diferencia del anterior, presenta una proporción baja de microporos, así como de macroporos, lo cual afecta su capacidad adsorptiva, observación que se comprueba con los resultados obtenidos en el diseño de experimentos.

Un diseño factorial completo determina el efecto individual de cada uno de los factores estudiados, así como todas las posibles interacciones entre ellos. Para este caso se evaluaron tres factores: Concentración de carbón, tiempo de contacto y tipo de carbón.

La concentración de carbón fue evaluada a 4 niveles (0.05, 0.15, 0.25 y 0.35 gr/100ml), el tiempo de contacto a tres niveles (10, 15 y 30 min.) y el tipo de carbón a tres niveles cada uno (Carbón activado a 750° C, carbón activado a 800° C y carbón comercial de Indumol Ltda., Grado AC-4). La variable de respuesta (% remoción de color) se determinó a partir de la lectura de la absorbancia de cada una de las muestras, según metodología de la compañía DARCO.

El experimento factorial completo para las especificaciones anteriores determinó el montaje de 36 experimentos, los cuales se trabajaron por duplicado.

El agua residual empleada para los ensayos se tomó de una lavandería de ropa, cuando se realizaba el proceso de tinturado y a la salida del tanque de flotación. La muestra se filtró para eliminar la materia suspendida (estas partículas no contribuyen a añadir color, pero si reducen la transmisión de luz).

Se realizaron las diferentes combinaciones indicadas por el diseño factorial, en el cual se determina el tipo y la cantidad de carbón que se debe utilizar, y el tiempo de contacto.

La metodología para la elaboración de este diseño es la misma seguida por la compañía DARCO para la evaluación de los carbones que fabrican. Es una modificación de la isoterma de Freundlich, que permite construir una gráfica para relacionar la remoción de color, a partir de variaciones en la concentración de carbón empleado, durante un mismo tiempo de contacto y agitación igual para cada punto de la gráfica. (Atlas Chemical Industries, 1995).

En este caso se trabajan 3 tiempos de contacto, agitación constante para todas las pruebas (200 rpm), así como el volumen de agua residual (100 ml.). Por espectrofotometría U.V. (absorbancia 265 nm) se determina la remoción de color en cada ensayo.

Se observa una notable diferencia entre los carbones obtenidos a 800° C y 3 horas y 750° C y 2 horas, en los tres tiempos de contacto seleccionados. A medida que se incrementa la concentración de carbón adicionado, aumenta la brecha entre los dos carbones, lo cual es atribuible a las condiciones de activación de cada uno (Figura 4).

El carbón de 750° C y 2 horas, de acuerdo con lo observado en los diferentes ensayos, tiende a una saturación temprana, lo cual

reduce el efecto de la concentración en la remoción realizada. Esta saturación temprana no favorece el empleo de este producto en aplicaciones como la elegida para la evaluación del carbón, puesto que para realizar una remoción medianamente alta (mayor del 40%), la concentración de carbón necesaria es muy elevada.

El comportamiento del carbón de 800° C y 3 horas, a diferencia del anterior, presenta mejores índices de remoción y su saturación no se presenta de forma temprana, porque la relación de linealidad establecida entre la absorbancia y la concentración de carbón empleado en los diferentes tiempos de contacto continua hasta niveles de remoción altos. Esta linealidad se comprobó al determinar la concentración de carbón requerida para una remoción establecida, a partir de la lectura de la gráfica construida para cada tiempo de contacto, y verificar que esta remoción en efecto se cumple y que se ajusta al comportamiento sugerido por la ley de Beer, en donde la absorbancia es proporcional a la concentración.

En lo que a tiempo de contacto se refiere, es de anotar que la remoción de color se incrementa al aumentar éste, por lo que el mejor resultado con este carbón, dentro de las condiciones de evaluación, en cuanto a la capacidad para adsorber, se presenta en el mayor tiempo (30 minutos) y a la máxima concentración (0.35 gr. de carbón/100 mL) (Figura 5).

En comparación con el comportamiento del carbón comercial, éste es superior al del carbón de 800° C y 2 horas en todos los tiempos de contacto, pero es importante resaltar el comportamiento de ambos carbones, es decir, en las gráficas obtenidas en los ensayos, las líneas de tendencia de cada carbón presentan inclinación a establecer un comportamiento paralelo entre estos, lo cual es una constante en los diferentes tiempos de los ensayos y dan una idea acerca de la regularidad del carbón obtenido, característica que debe ser contemplada al elegir un carbón activado (Figura 4).

Las pruebas realizadas al carbón activado producido y los resultados de los ensayos, sugieren un comportamiento adecuado de este producto en este tipo de aplicaciones, lo que implica que para alcanzar los resultados obtenidos con el carbón comercial, es necesario incrementar la concentración de carbón.

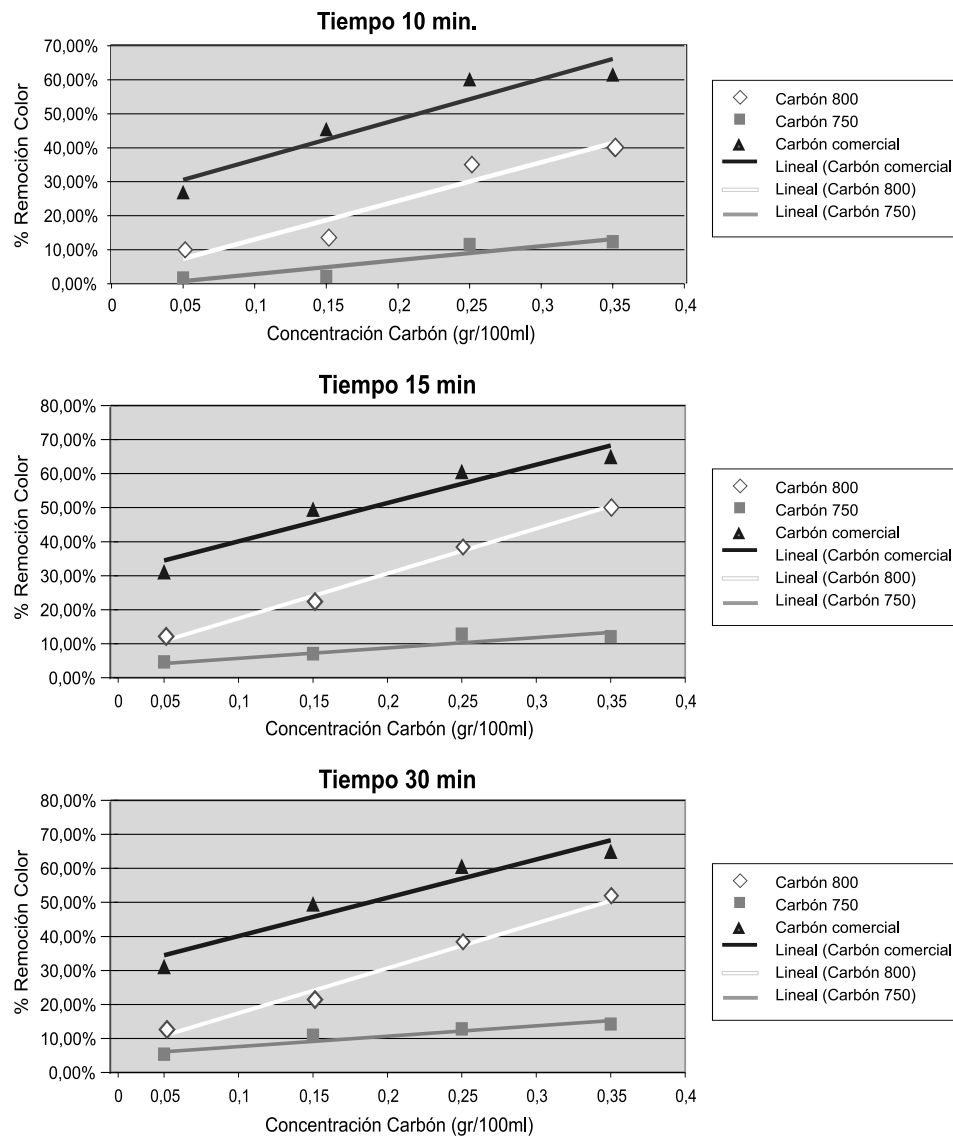
Para decidir el montaje de una planta para producir carbón activado se requiere un estudio de factibilidad que está más allá

del alcance de este estudio, sin embargo, se puede observar que el precio del carbón activado nacional en polvo es alrededor de \$ 2500.00 por kg., mientras que en el importado el precio se duplica. Igualmente en el caso del carbón granulado, la variación de precios es similar, mientras el nacional cuesta \$ 3800.00 por kg., el precio del carbón importado está alrededor de los \$7000.00 por Kg.

### Medición Demanda Química de Oxígeno (DQO)

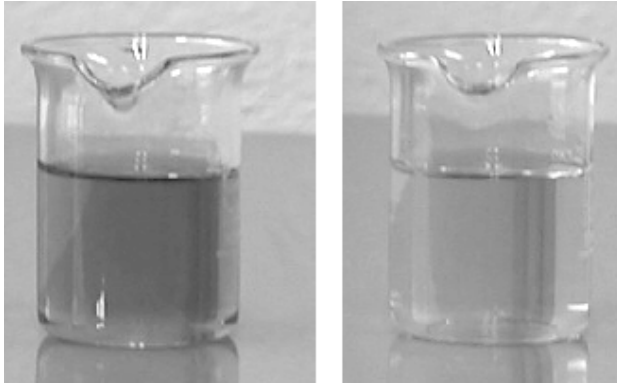
Con el fin de determinar la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual y a su vez relacionar ésta con la adsorbancia, se realizó el análisis de DQO (Demanda química de Oxígeno), para dos diluciones (1:1 y 2:1) y para la muestra original. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 2.

**FIGURA 4**  
**% de Remoción vs. Concentración de Carbón**





**FIGURA 5**  
**Remoción alcanzada por el carbón de 800°C y 3 horas**

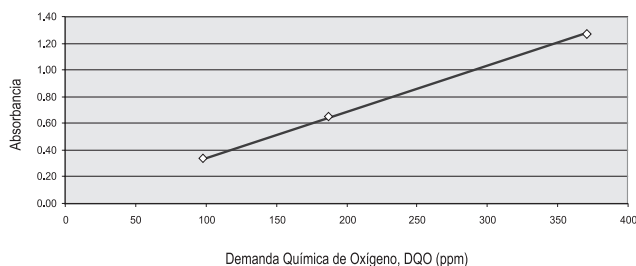


**TABLA 2**  
**Resultados DQO y absorbancia**

MUESTRA	ADSORBANCIA (250 nm)	DQO (p.p.m)
Sin diluir	12.75	370
Dilución 1:1	0.657	187
Dilución 2:1	0.321	97

La gráfica que los relaciona se muestra en la Figura 6.

**FIGURA 6**  
**Relación Absorbancia - DQO**



## ACEITE DE PALMA DE VINO

Los aceites vegetales son sustancias compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno, que son importantes en la dieta alimenticia y en la industria. En realidad, son triglicéridos o sea ésteres de la glicerina con tres ácidos grasos. Generalmente se les denomina grasas cuando son sólidos a temperatura ambiente y aceites si son líquidos.

Las grasas saturadas, generalmente sólidas, se encuentran en los productos animales como los lácteos, la carne y los huevos, mientras que las insaturadas, que son líquidas, generalmente provienen del reino vegetal.

### Extracción los aceites vegetales

Los aceites vegetales se extraen de la semilla por dos procesos: extracción por presión y extracción con solventes.

#### Extracción por presión

La extracción por presión separa el aceite de las partículas sólidas por aplastamiento progresivo de la semilla, permitiendo que el aceite pueda salir. La presión sobre semillas oleaginosas se realiza casi exclusivamente mediante prensas continuas (Vita, 2001).

El aceite que se obtiene es rico en impurezas, como fragmentos de semillas, harinillas, etc, y por lo tanto, no puede almacenarse en estas condiciones, y debe tratarse para eliminar estas impurezas a fin de evitar graves inconvenientes en el almacenamiento y posteriores tratamientos.

Las operaciones principales para eliminar estas impurezas son: separación de las partículas sólidas mediante decantadores, tamices vibrantes o centrífugas, separación de los finos que se encuentran en estado de suspensión en el aceite y que no se separan fácilmente (Bernardini, 1981).

#### Extracción de aceite con solventes

La extracción con solventes es un método fisicoquímico, que consiste en someter las semillas a cocción y preparar la materia prima extrayendo el aceite por inmersión del material preparado en un solvente apropiado como gasolina, benceno, hexano, éter de petróleo, etc.

La extracción con solventes constituye el método más eficaz de obtención de aceite de cualquier producto oleaginoso, y es el que presenta mayores ventajas en la manipulación de semillas con bajo contenido de aceite. En ciertos casos está limitada por consideraciones mecánicas y por problemas de contaminación del producto, si se va a usar en la alimentación.

El mayor rendimiento en la extracción se consigue en sistemas continuos en contracorriente, en los que el solvente y las semillas entran en contacto.

La mayor parte de los sistemas trabajan satisfactoriamente, sólo si las partículas de semilla conservan sustancialmente su forma original durante el proceso. Si las partículas tienden a desintegrarse bajo la influencia del solvente, las de tamaño más fino no sólo son difíciles de separar de las mezclas (mezcla de solvente - aceite), sino que impiden también la circulación de las semillas.

El hexano ha sido el mejor solvente extractor de aceites vegetales, pero debido a los problemas de contaminación de la torta, se buscan otras alternativas y para ello se han estudiado unos 70 solventes de los cuales han resultado promisorios el etanol, acetona acuosa, alcoholes y mezclas de acetona, hexano y agua. Los buenos solventes deben tener características como capacidad de elevar por sí mismos la temperatura para separar con mayor facilidad los triglicéridos y acelerar de esta manera la extracción; además no deben dejar residuos nocivos para la salud, ni extraer muchos fosfatos y pigmentos del aceite. Deben dar buena apariencia al producto final, no deben ser explosivos y se busca que sean económicos y de fácil adquisición.

### Obtención del aceite del fruto de la Palma de Vino

En los ensayos que se realizaron en el laboratorio, el endocarpio de la semilla que se utiliza para alimento de los animales en la región, se separó del mesocarpio y de la almendra, la cual se molió para facilitar el proceso de extracción, reduciendo la presión necesaria para llevar a cabo esta operación.

Una vez molida la almendra, toda la materia prima se colocó dentro de un cilindro de acero inoxidable, con llave lateral para permitir la salida del aceite

extraído. El cilindro se colocó en una prensa hidráulica y se aplicó presión lentamente hasta que comenzó a salir una cantidad considerable de aceite. Como el aceite extraído remueve algunas partículas de la torta, es necesario filtrarlo para que éstas no interfirieran en los análisis del producto.

### Características del aceite extraído

Al aceite obtenido por el método de extracción por presión, se le hicieron análisis físicos y fisicoquímicos (color, olor, apariencia, acidez, índice de refracción, rancidez, humedad, índice de saponificación, índice de yodo y gravedad específica, Tabla 3), según la AOAC, en el Laboratorio Especializado de Análisis (L.E.A) de la Universidad de Antioquia, para determinar si sus propiedades se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana 263 para su consumo y comercialización.

**TABLA 3**  
**Resultados del análisis del aceite de la Palma de Vino**

<b>ENSAYOS FÍSICOS</b>	
<b>Características organolépticas</b>	
Color:	Crema en la superficie y café en el fondo del recipiente.
Olor:	Esencia de coco
Aspecto:	Aceite cremoso, suave al tacto.
<b>ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>	
Acidez como ácido oleico	0.085%
Índice de refracción a 20°C	1.4604
Rancidez	Negativa
Humedad	0.4%
Índice de saponificación	15.7 mg/g
Índice de yodo	9.9 g/ 100g
Gravedad específica, a 20°C	0.9201

El índice de refracción observado se encuentra dentro del intervalo establecido por la norma, así como la acidez, que se encuentra por debajo del valor máximo permitido (0.085%). El aceite no presenta rancidez y la densidad muestra una desviación del 0.21% con respecto a lo establecido en la norma, lo cual se explica porque el aceite no ha sido refinado.

La humedad es una variable controlable en el proceso, para esto se puede recurrir a equipos como secadores, los cuales permiten establecer valores requeridos.

La determinación del índice de saponificación se repitió en otros laboratorios y finalmente se encontró un valor de 230 mg/g, que se acerca al valor sugerido por la norma Icontec.

De acuerdo a la norma, los parámetros establecidos en ésta son sugeridos y no de obligatorio cumplimiento, lo que permite establecer que el aceite obtenido de la palma de vino presenta un buen nivel de aceptación para los diferentes usos como son la elaboración de cosméticos (jabones, y cremas para manos y cabello) y la fabricación de margarinas (Universita de Catania, 2001).

### Torta del cuezco de la Palma de Vino

Como subproducto de la extracción del aceite se obtuvo la torta, que sometida a análisis bromatológico en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, de la Universidad Nacional, Sede Medellín, dio los siguientes resultados, expresados en base seca (Tabla 4):

**TABLA 4**  
**Análisis Bromatológico de la Torta resultante de la extracción del aceite**

<b>ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA TORTA</b>	
Humedad (%) .....	8.00
Materia seca (%) .....	92.00
Cenizas (%) .....	2.65
Extracto etéreo (%) .....	44.00
Proteína bruta (%) .....	12.68
Fibra cruda (%) .....	32.83
Digestibilidad de la proteína en pepsina (%) .....	0.002
Solubilidad de la proteína en KOH (%) .....	0.2

Las tortas que se obtienen después de la extracción del aceite son esencialmente concentrados proteicos y también son alimentos con alto valor energético. Estas tortas se usan principalmente por su contenido en proteína (para este caso del 12.68%), en la alimentación de animales en crecimiento, reproductores y lactantes.

El material graso de la torta es importante como fuente de energía en la dieta de estos animales y puede afectar el sabor del alimento o influir sobre la grasa corporal de los mismos, en este caso el alto contenido de grasa (44%) se debe a que la extracción del aceite no se pudo llevar a cabo hasta la presión máxima por limitaciones de los equipos usados.

El alto contenido de fibra de la torta de la almendra limita las especies de animales a las que se les puede incluir como alimento, siendo únicamente apto para los animales poligástricos, vacas lecheras o para ganado de carne (Ortiz Ferreira, 2001).

De acuerdo con informes de la literatura (Williams, 1950), de la semilla se puede extraer un 68.5% de aceite. En este caso el porcentaje extraído fue del 43%, lo que quiere decir que todavía existe cerca de un 25.5% de aceite sin extraer. Se puede concluir que el porcentaje de aceite en la torta puede reducirse hasta un 18.5%, con lo que la proporción de fibra y proteína aumentan, lo cual indica que esta torta estaría en condiciones adecuadas para suministrarla al ganado de producción de leche o para el ganado de carne; este último se encuentra en zona donde crece la palma de vino y la torta se podría usar como alimento porque contribuye al proceso de engorde (Ortiz Ferreira, 2001).

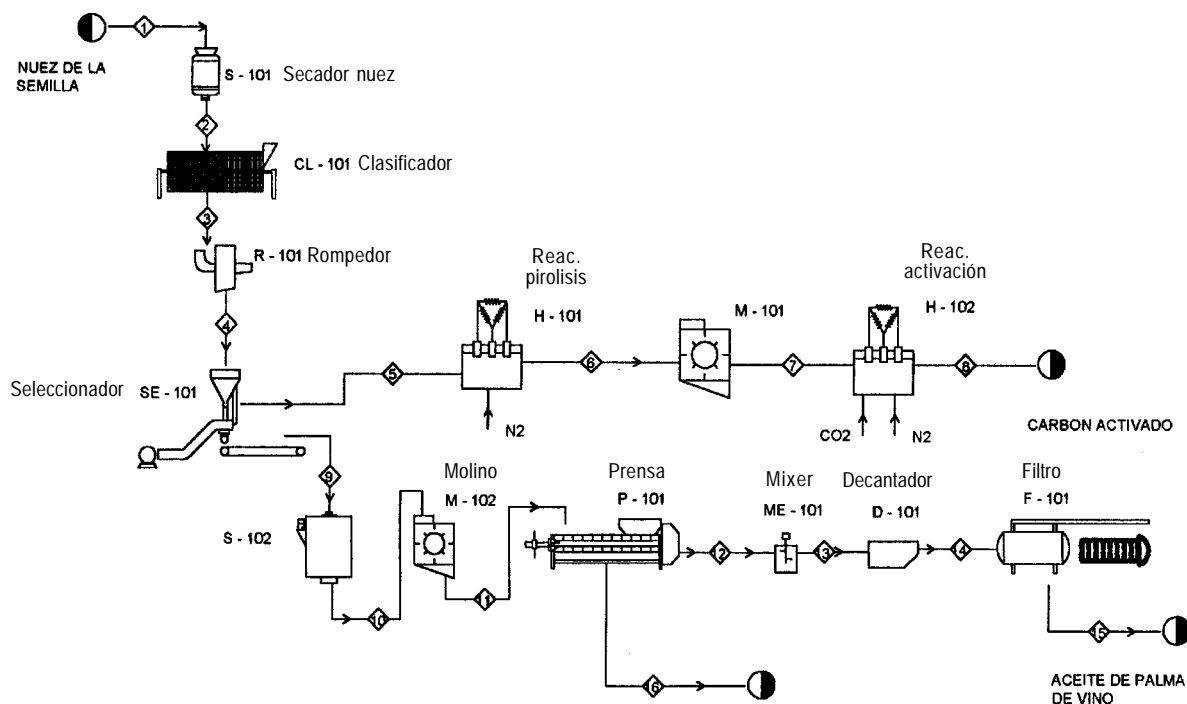
### PROCESO INTEGRADO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA NUEZ DE LA PALMA DE VINO

Una vez identificadas las alternativas para aprovechar racionalmente el fruto de la palma de vino, se propone un proceso integrado para lograrlo, en donde se esquematizan los elementos del proceso para la obtención de estos productos (Figura 7).

La materia prima para el proceso es la nuez de la palma de vino, que debe secarse para retirar humedad y posteriormente clasificarse de acuerdo con su diferentes tamaños. Una vez clasificada la nuez, se rompe para facilitar la separación de la almendra y del endocarpio.

El endocarpio, se somete al proceso de pirólisis para la eliminación de material volátil y otros compuestos mencionados antes y para comenzar la formación de poros del carbón activado. La reducción de tamaño es el paso siguiente y el previo a la activación, en donde a partir de un agente activante, CO<sub>2</sub> en este caso, desarrollar la capacidad adsorptiva del producto. Una vez finalizada esta etapa el carbón está dispuesto para su almacenamiento.

**FIGURA 7**  
**Proceso Integrado para el Aprovechamiento de la Palma de Vino**



La almendra por su parte se somete a secado para regular la humedad, de tal forma que se facilite el proceso de presión. La almendra se lleva a un proceso de molienda y posteriormente se somete a alta presión.

Del proceso de prensado queda la torta de cuezco, que puede almacenarse para suministrarla como alimento a los animales. El aceite obtenido se debe someter a operaciones de limpieza para retirar las impurezas que pueda contener: mezcla, seguida de una decantación y finalmente una filtración, como último paso previo al almacenamiento del aceite de almendra de palma de vino. Este aceite así obtenido está listo para el proceso posterior de refinación.

En comparación con la palma aceitera, hasta hace unos pocos años se pensaba que para que una planta extractora fuera rentable económicamente necesitaba tener capacidad para procesar la producción de una 5000 ha. Sin embargo, aumentando el rendimiento por hectárea y con mejor tecnología se han construido plantas para manejar la producción de unas 500 ha. (Quesada, 2001).

Debe anotarse que en la producción del aceite de palma hay un alto valor agregado porque los insumos son muy baratos, y

además de los equipos sólo se requiere la mano de obra. El precio de venta del aceite refinado puede ubicarse alrededor de \$23.000.00 por cada 1000 cm<sup>3</sup>, dejando un buen margen de rentabilidad, lo cual obviamente hay de determinarlo por medio de un estudio de factibilidad que está más allá del alcance de este trabajo.

**Como resultado de este proyecto se propone el aprovechamiento del cuezco de la palma de vino para obtener carbón activado, aceite vegetal y torta vegetal. Aunque el carbón activado obtenido tiene características de menor calidad que el importado, el menor costo de producción y el alto consumo nacional de este producto, que es más de dos millones de kilogramos por año, lo presentan como una alternativa viable para mejorar los ingresos de la personas que viven en la región. Es posible mejorar la calidad del carbón activado, modificando las condiciones para la activación.**

## CONCLUSIÓN

Como resultado de este proyecto se propone el aprovechamiento del cuezco de la palma de vino para obtener carbón activado, aceite vegetal y torta vegetal. Aunque el carbón activado obtenido tiene características de menor calidad que el importado, el menor costo de producción y el alto consumo nacional de este producto, que es más de dos millones de kilogramos por año, lo presentan como una alternativa viable para mejorar los ingresos de la personas que viven en la región. Es posible mejorar la calidad del carbón activado, modificando las condiciones para la activación.

Igualmente se propone la producción de aceite vegetal, que tiene un agradable sabor a coco, y que una vez refinado tiene buenos precios en el mercado. Los campesinos de la región podrían sacar el producto crudo para venderlo a las empresas que tienen la capacidad para refinarlo.

Como desecho de este proceso se obtiene la torta, que de acuerdo con sus características es apropiada para incluirse como parte de la dieta del ganado de carne que hay en la zona, porque ésta contribuye al proceso de engorde. Esta torta permite rebajar los costos de alimentación del ganado, beneficiando a la comunidad, permitiendo el acceso a la crianza de estos animales ya sea como fuente directa de alimentación o como fuente de ingresos adicionales.

Los resultados del proyecto sugieren la necesidad de realizar un completo estudio económico para determinar la factibilidad de montaje y puesta en marcha de las alternativas planteadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atlas Chemical Industries, Inc. (1995). *Midiendo la capacidad adsorptiva de carbones activados para purificación de líquidos*. Wilmington, 17 p.
- Bernardini, E. y Baquero Franco, J. (1981). *Tecnología de aceites y grasas*. España: Editorial Alambra.
- Checo Briceño, C.R. (1985). Obtención de carbón activado en polvo a partir del corozo de durazno. En: Una la Molina. (1985).
- Civil and Environmental Engineering, Virginia Tech. (<http://cesun1.ce.vt.edu/enviro2/wtprimer/carbon/sketcarb.html>) (Fecha de acceso: Abril 9 de 2001).
- Clarimex, S. A. (1990) *Manual de Métodos Analíticos para Análisis de Carbones. Método CPT-8905*. México: San Lorenzo Tlanepantla
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente. Colombia. (1998). *Manual guía de especies vegetales vedadas en vía de extinción y de frecuente comercialización*. Santafé de Bogotá.
- Haynes, Jody. (2001). Fairchild Tropical Garden. <http://www.ftg.org>. (Fecha de acceso: Febrero 20, 2001)
- Henderson, Andrew; Galeano, Gloria y Bernal, Rodrigo. (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. New Jersey: Princeton University Press, pp. 20,21,158,159.
- Lopera, R.M.C. (1995). *Adsorción de Malation y Thindan por cuatro materiales*. Tesis maestría. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería: Medellín, 64 p.
- Ocampo Suárez, Germánico; García García, Alberto y Lastra Rodríguez, José. *La industria de los derivados de la caña de azúcar. Capítulo XX: Carbón activado a partir de subproductos de la caña de azúcar*. p. 525 - 553.
- Ortiz Ferreira, Mónica. (2001) *Zootecnia Universidad Nacional de Colombia. Asesoría personal*, Febrero.
- Quesada Herrera, Germán. (2001). *Cultivo e Industria de la Palma Aceitera*. <http://www.grecia.infoagro.gov.cr> (Fecha de consulta: Julio 12 de 2001).
- Smisek, Milan y Cerny, Slavoj. (1970). *Active Carbon: Manufacture, properties and application*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company.
- Torregrosa, Rosa y Martín-Martínez, José Miguel. (1991). *Activation of lignocellulosic materials: a comparison between chemical, physical and combined activation in terms of porous texture*. En: *Fuel*. Vol. 70 (october, 1991), p. 1173 - 1180.

Varon, Teresita y Morales, León. (1995). Árboles del Valle de Aburrá. Medellín: Colina. p. 41.

Vita. (2001). Volunteers in Technical Assistance. <http://idh.vita.org/pubs/docs/upe.html>  
(Fecha de acceso: 7 de febrero de 2001).

Williams, K.A. (1950). Oil, fat and fatty foods: Their practical examination. Philadelphia: The Blakiston Company.