

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Vicerrectoría de Investigación y Extensión  
Escuela de Diseño Industrial

## INFORME FINAL (Documento I)

PROYECTO:

Cuantificación, valoración y tecnificación de los  
desechos (sólidos y líquidos) de la industria cafetalera



Aprobado en Sesión Ordinaria 13-2007 del Lunes 3 de Setiembre, 2007

Elaborado por: Juan Córdoba, Profesor. Escuela de Diseño Industrial.

## RESUMEN

La metodología empleada fue de dos tipos a saber, investigación de campo y mediciones de campo en varias cooperativas, investigación en bases de datos y finalmente se obtuvieron datos de mercado de gases, tipos de carbón, marcas y precios.

Los principales resultados obtenidos son:

- Cuantificados y valorizados los desechos líquidos y sólidos de la industria cafetalera con base en tres Cooperativas estudiadas.
- Identificadas tres patentes dos de ellas basadas en procesos mecánicos y cuyos principios de funcionamiento pueden ser usados en la producción de los primeros prototipos para la producción de carbón (a base de pulpa de café) a una escala mayor a la de laboratorio.
- Identificados algunos productos referenciales que pueden servir para evaluar los atributos de los productos futuros tales como carbón a base pulpa de café.
- No se estudiaron las posibilidades relacionadas con la utilización de las aguas mieles ni la eventual utilización en la producción de gas y/o carbón vegetal.

Las principales conclusiones son:

Continuar con investigaciones incrementales por medio diseños experimentales a nivel de laboratorio para definir el tamaño del grano adecuado, el tipo y porcentaje de aglomerante y la relación más económica entre el peso y poder calórico de las briquetas o pastillas.

Llevar a una etapa de mayor escala aprovechando las instalaciones y facilidades del Centro Nacional de Innovaciones Biotecnológicas (CENiBiot) de CONARE.

Se necesitan recursos financieros, para motivar y continuar con la investigación que sigue, llevar el proyecto a una mayor escala y disminuir el riesgo de inversión.

Comunicar los resultados a INFOCOOP e iniciar la difusión de los resultados a empresas que se interesen en comercializarlos.

Motivar a la publicación de los resultados obtenidos hasta el momento.

TABLA DE CONTENIDO		
		Página
	Resumen	2
I.	Planteamiento del Problema	4
1.1.	Aspectos Científicos y Técnicos	4
1.2.	Descripción de Problema	4
1.3.	Objetivos del Proyecto	5
II.	Resultados Obtenidos	6
2.1.	Estado del Arte de Procesos	8
2.2.	Aspectos de Mercado	10
2.3.	Materiales y Métodos	13
2.4.	Resultados y Discusión	14
III.	Conclusiones y Recomendaciones	17
IV.	Aspectos Complementarios	19
V.	Literatura Consultada	20
	Documento II	21

INDICE DE TABLAS		
		Página
Tabla 1	Café, remanentes sólidos y líquidos	6
Tabla 2	Remanentes líquidos, sólidos y equivalentes energéticos	7
Tabla 3	Café en fruto, pulpa y aguas mieles	7
Tabla 4	Café-cereza procesado y Demanda Bioquímica de Oxígeno	8
Tabla 5	Comparación de marcas	12

INDICE DE FIGURAS		
		Página
Figura 1	Proceso de formación de cera de abeja	10
Figura 2	Carbón Mineral marca Parade	11
Figura 3	Carbón Vegetal marca MegaSuper	11
Figura 4	Carbón Vegetal marca El Roble	12

## I. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO.

Los aspectos generales del proyecto se presentan a continuación con base en los siguientes puntos.

### 1.1. Aspectos Científicos y Técnicos.

En los beneficios de café en que realizó el proyecto el proceso se realiza en húmedo, que es un proceso físico por medio del cual el grano es liberado de la pulpa que lo cubre. Esta práctica consiste en friccionar el fruto entre discos de metal para separar la pulpa del grano, donde el agua facilita la tarea. El resultado del beneficiado húmedo es el café pergamino. Se le denomina café pergamino porque la película que todavía cubre el grano no es soluble en agua, por lo que es necesario fermentarla durante 24 horas, luego se debe secar para después removerla con facilidad. Tradicionalmente este proceso ha requerido cantidades de agua del orden de 0,5 a 4 metros cúbicos por fanega. Este proceso produce cantidades significativas de aguas mieles. Los índices de contaminación de estas aguas mieles según Amaya y Bernal (1) promedian 25.900 mg/litro demanda de bioquímica de oxígeno y las aguas de lavado 3.160 mg/litro.

### 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Cada día, en Costa Rica y otros países se toman millones de tazas de café. El camino que va desde el cultivo hasta la cosecha y su proceso es largo, numerosos procesos y toma de decisiones se suceden. El Instituto Tecnológico de Costa Rica ha considerado que la actividad cafetalera se puede llevar a cabo de una manera ecológica que ofrezca a los mercados mundiales un café con sello verde. Para lograr este sello se hace necesario cumplir con los siguientes aspectos:

- Protección del recurso agua
- Conservación del agua
- Reutilización beneficiosa del uso de la energía
- Conservación de la energía

La producción de café se realiza en áreas rurales, con la participación de seres humanos donde se ha alterado el ambiente. Hoy día la protección del recurso agua, al cosechar café provoca un impacto negativo sobre las aguas superficiales y la vida acuática. Tradicionalmente en el proceso se han requerido grandes cantidades de agua (de 0,5 a 4

metros cúbicos de agua por fanega de café cereza). Que producen índices de contaminación que se pueden promediar según varios autores, Amaya, Bernal y Menchu que oscilan en un ámbito de 13.000 a 259.000 miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno y entre 3000 y 10.000 mililitros por litro de demanda química de oxígeno.

Otros subproductos del beneficiado de café de Costa Rica representan un 65% del peso del café en fruta son desechos en los siguientes porcentajes según Calzada:

- Pulpa 40 por ciento
- Mucílago 20 por ciento
- Pergamino 3,4 por ciento

Para otros autores como los mencionados anteriormente la cantidad de desechos representan el 90,5% del peso del grano, lo que es sumamente representativo en lo que respecta a la destrucción del ambiente ecológico de las riberas o recursos hídricos, que ocasionan impactos ambientales tanto en el sitio como en las cuencas hidrográficas.

A nivel de laboratorio se han elaborado algunas pastillas energéticas (pellets) a partir carbón de lirio de agua con pesos entre 100 y 200 gramos cada pastilla y con un poder calórico de 6.500 calorías por gramo.

Las operaciones ejecutadas en esa ocasión fueron una gasificación parcial por medio de una retorta, moldeo y presión.

La gasificación parcial se hizo en el Laboratorio de Fibras de la Escuela de Diseño Industrial y en el Laboratorio de la Escuela de Ciencias de los Materiales (ITCR) se hizo el moldeo a presión por medio de una extrusora. Finalmente a nivel de laboratorio se obtuvo una pastilla que fue denominada la pastilla energética 5000.

### 1.3.OBJETIVO DEL PROYECTO.

Este proyecto propone en primer instancia determinar la existencia real de remanentes líquidos-sólidos, su cuantificación, sus usos y su grado de eficiencia en las tecnologías utilizadas en la actualidad con respecto a índices de contaminación.

Para luego describir de manera precisa la tecnología existente tanto en el manejo de sus remanentes y la operación de las mismas. Y finalmente, plantear algunas alternativas

tecnológicas para utilizar esos remanentes líquidos y sólidos como energéticos gaseosos y sólidos.

### 1.3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos planteados del proyecto son los siguientes:

1.3.1.1. Determinar las cantidades exactas de los remanentes sólidos y líquidos del beneficiado de café en las empresas seleccionadas.

1.3.1.2. Valorar (comparar) la generación de remanentes líquidos y sólidos del beneficiado de café, en procesos y subproductos que disminuyan la contaminación de ríos, quebradas, que sea de bajo costo y de alto valor agregado.

1.3.1.3. Cuantificar la eficiencia técnica y económica y ambiental de la tecnología existente.

## II. RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla 1 con relación al primer objetivo específico se obtuvo que en las tres cooperativas estudiadas el porcentaje de la pulpa de café es de un 40% y el porcentaje de las aguas mieles oscila entre el 15 y el 21 %.

Café, remanentes y empresas			
2005-2006			
Empresas/Productos	Café/Fruto/Fanegas	Pulpa/Fanegas	Aguas Mieles
Cooperativa Palmares	50.000	20.000	10.620
	100%	40%	21%
Cooperativa Llano Bonito	25.000	10.000	3.810
	100%	40%	15 %
Cooperativa Cerro Azul	4.000	1.600	610
	100%	40%	15 %

Tabla 1. Cantidades de café y remanentes sólidos y líquidos en empresas

En la tabla 2 con relación al primer objetivo específico se obtuvo que en las tres cooperativas estudiadas en la Cooperativa de Palmares es significativa dado que los remanentes son diez veces mayores a los de la Cooperativa de Cerro Azul en cuanto a la producción de pulpa.

En cuanto a la producción de aguas mieles la Cooperativa de Llano Bonito es la mayor productora. En cuanto a la producción de gas la Cooperativa de Palmares es quince veces mayor al de Llano Bonito. Finalmente, la Cooperativa de Palmares es la que más produce carbón y pulpa energética.

Remanentes y equivalente energético					
	2005-2006				
	TM			TM	TM
Empresas/Sub-Productos	Pulpa	Mieles	Gas/M3	Carbón	Pulpa-Energética
Cooperativa Palmares	4.000	212,4	15.240	779	2.770
Cooperativa Llano Bonito	2.000	762	7.620	389,5	1.385
Cooperativa Cerro Azul	320	122	1.219	623	222

Tabla 2. Toneladas métricas de remanentes (líquidos, sólidos) y equivalente energético

En la tabla 3 están reunidos los datos de las tablas 2 y 3 anteriores

Café en fruto, pulpa, y aguas mieles en empresas seleccionadas						
Empresa/Producto	Café	Pulpa	Mieles	Gas/M3	Carbón	Pulpa Energética
Coope Palmares	50.000	10.390	7.620	15.240	779	2.770
Coope Llano Bonito	25.000	5.195	3.810	7.620	389,5	1.385
Coope Cerro Azul	4.000	831,2	610	1.219	623	222

Tabla 3. Café en fruto, pulpa y aguas mieles en empresas. Período 2005-2006

En la tabla 4 se logro obtener la cantidad de café-cereza de San Ramón, Los Santos y Nandayure, las aguas mieles, la demanda bioquímica de oxígeno y su equivalente en personas

Café-cereza, DBO/Kg de agua de lavado, jugo de pulpa y equivalente en personas				
	Café cereza	Aguas mieles	Producción de DBO/Kg	Equivalente en personas
San Ramón	83.333	1.770	404	623
Los Santos	762	885	202	331
Nandayure	122	245	100	150
Total	84.217	2.700	706	1.104

Tabla 4. Procesamiento de café-cereza (kilos/día), DBO/Kgs/día y kilos de contaminantes generados por aguas de lavado, jugos de pulpa y equivalente en personas

## 2.1. ESTADO DEL ARTE DE PROCESOS.

Con relación al estado del arte de los procesos y la viabilidad técnica para transformar pulpa de café en carbón se obtuvieron tres patentes a través de búsquedas apoyadas por el Centro de Información del ITCR que son:

- JP62036494 Clasificación Internacional C1OL-005/16
- US 7077.718B1 Formación de cera de abeja sobre un artículo plástico
- WO200265836 Composición del inocular de hongos usado en escaparates de ropas que comprenden semillas e inocular de hongos.(Fungal inoculant composition useful in landscaping clothes comprises seeds and a fungal inocula).

### Preparación de carbón con base en la Patente JP6203694.

La patente está relacionada con la preparación de un material combustible sólido por medio de la mezcla pulverizada o un combustible sólido triturado con un 3% al 80% de peso para la adherencia, compuesto de 100 partes de peso en asfalto y entre 67 y 900 partes de peso de brea de petróleo, para comprimir la mezcla, fundir el aglomerante compuesto por medio del calor y de la compresión del briqueteado de la mezcla.

El punto inicial del combustible sólido es preferible que sea un desecho de la agricultura por ejemplo, desechos, paja, hojas de bambú, tallos de mata de tabaco, semillas de capoc, colochos de madera, cortezas, etc, desechos de comida tales como cáscara de granos de café, cáscara de almendras, cáscara de nueces, corteza de naranjas, desechos de la planta de caña de azúcar, desechos de cervecerías o desechos industriales tales



como desechos plásticos, madera en polvo, lodo de plantas papeleras, lodos de cervecerías, lodos activados, carbón en polvo, polvo de coque etc.

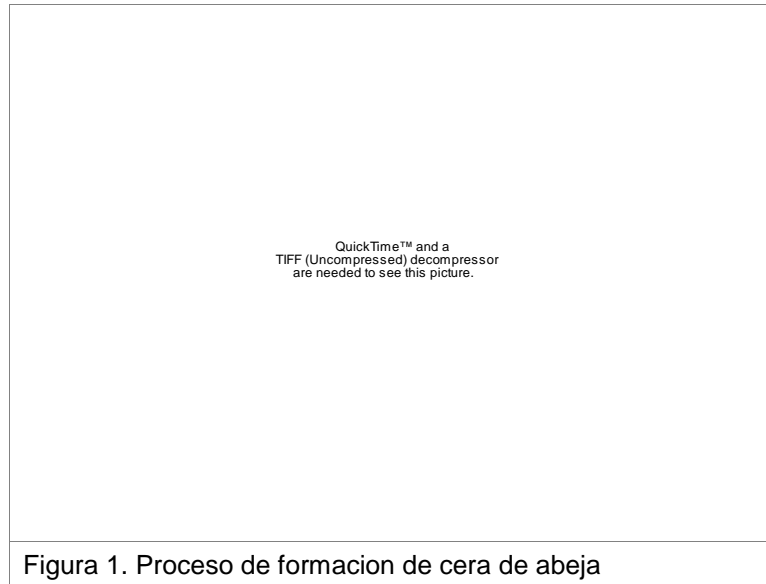
El material sólido combustible es pulverizado dentro de 1 a 3 milímetros de tamaño, con adherencia adicionada y el briqueteado (briquetted) resultante dentro de gránulos, cilindros o pastillas (pellets) con base en una presión que oscila entre 200 y 500 kilogramos por centímetro cuadrado.

La ventaja en el uso y ventaja del combustible sólido es que tiene una fuerte resistencia a la humedad, a la expansión y mantiene una alta resistencia mecánica durante períodos de almacenamiento prolongados.

**Cera de abeja sobre objeto plástico con base en la Patente US 7077.718B1.**

La patente esta relacionada con un proceso de formación de un producto plástico que va ser usado en avicultura comprende:

- Obtener un bloque de cera de abeja en estado endurecido y la cera de abeja fundida en estado líquido.
- Verter cera de abeja fundida dentro de un aplicador.
- Ubicar las píldoras plasticas usadas para formar un producto plástico dentro de un mecanismo abatible y depositar la cera de abeja con una pistola de aire desde el aplicador sobre las píldoras mientras están siendo volteadas de modo que las píldoras sean eventualmente depositadas con cera de abeja líquida.
- Cerrar un molde para una maquina de inyección, el molde debe tener cavidades que estan formadas dentro de la forma de un producto final terminado y que causa que la cera líquida se deposite en forma de capas que forman pastillas ubicadas dentro de las cavidades de la máquina de moldeo por inyección y,
- Abrir el molde después de que el producto final ha sido terminado y está formado en donde el producto final terminado esta hecho de plástico impregnado por todas partes con cera de abejas.



Composición de inóculo de hongos usados en toldos de tela que constan de semillas y un hongo inóculado seleccionado de hongos saprofitos y/o hongos entomopatógenicos. Patente WO200265836.

Las ventajas de esta patente radican en que su composición promueve la efectividad del inóculo de hongo de manera que crece, mejora la preservación y la recuperación del hábitat. La composición suministra una especie de ayuda que preserva y recupera el hábitat, también ayuda para la agricultura e incluye tanto el cultivo de plantas como el de cultivo de hongos.

Las actividades son de insecticida, pesticida y fungicida.

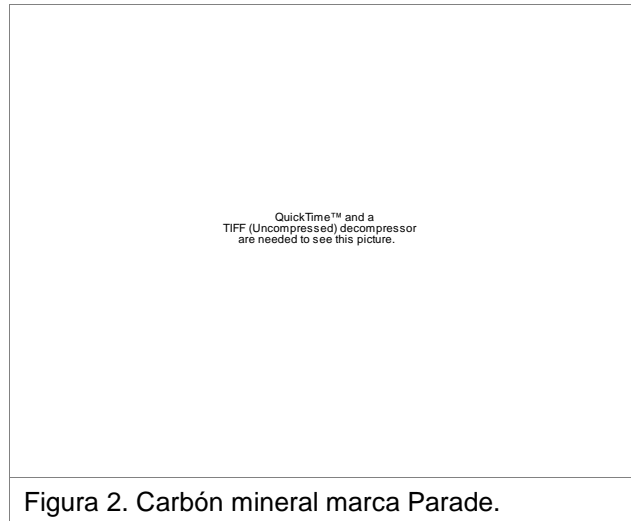
La patente no aporta el mecanismo de acción

## 2.2.ASPECTOS DE MERCADO

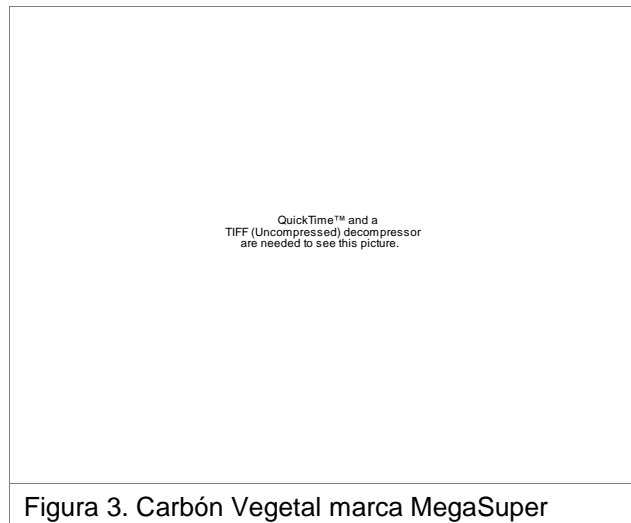
En el mercado costarricense se comercializan tres productos similares que son:

- Charcoal Briquets Parade es un carbón mineral hecho en Estados Unidos de América, tiene un peso neto de 4,5 kilogramos y un costo en 4.500 colones de 2007 empacado por Federated Group, Inc de Arlington Heights, IL 60005-1096 y vendido por AutoMercado de Costa Rica, después de 30 minutos de combustión produce

relativamente más ceniza y le cambia el sabor a las carnes que están siendo cocinadas.



- El carbón Megasuper tiene una presentación de 2,5 kilogramos y su precio de venta es de 800 colones. Es comercializado por Comercios de el Barreal S.A. para la Corporación MegaSuper, están ubicados en Barreal de Heredia, en el Edificio de CENADA, el teléfono es el 239-2649 y el telefax es el 239- 0755.



Carbón El Roble. Es un producto hecho en Costa Rica, fabricado y distribuido por Distribuidora Nacional de Carbón Vegetal. Con un empaque con código de barras. El empaque utiliza colores rojo, amarillo y negro, el contenido es de 2 kilogramos, un precio

de venta al consumidor de ¢ 879 colones. Según el etiquetado es un carbón 100% natural, arde mejor, se consume más lento y no altera el sabor de las carnes. El negocio está ubicado en San Juan de Dios de Desamparados, los teléfonos son el 219-7064, el 275-4505 y el 385-0074.



En la tabla 1 se hace una comparación entre las marcas Parade, Megasuper y Roble en términos de atributos cualitativos y cuantitativos. Se puede observar que en la marca Parade la relación peso/precio de 1/1, produce más ceniza y le cambia el sabor a las carnes. La marca Megasuper la relación peso/precio es de 3,125/1, produce menos ceniza y no le cambia el sabor a las carnes. La marca El Roble la relación peso/precio es de 2,275/1, produce menos ceniza y no le cambia el sabor a la carne.

Marca/Carbón	Parade	MegaSuper	El Roble
Peso (Kgs)	4,5	2,5	2,0
Precio (Colones)	4.500	800	879
Cambia sabor de carne	Si	No	No
Produce Ceniza	Mucha	Poca	Poca
Peso/Precio (gramo/colon)	1/1	3,125/1	2,275/1
Calorías/Gramo	--	--	--
Calorías/Colon	--	--	--
Tabla 5. Comparación de marcas en términos de atributos			

La libra de gas propano de Tropigas de Costa Rica S.A. (Teléfono: 438-2815) es de 7.805 colones la carga de 25 libras. El precio de una libra de gas propano es 312,2 colones. Al tomar en consideración que un metro cúbico de gas tiene un peso de una libra aproximadamente.

### 2.3.MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se desarrolló únicamente con recursos aportados por el ITCR. Los tiempos de los investigadores fueron aportados por la Vicerrectoría de Investigación y la Escuela de Diseño Industrial del ITCR.

La obtención de la tres patentes se logró gracias a la contribución del Centro Información del ITCR.

Las técnicas de recolección de datos se dieron con base en visitas a las Cooperativas de parte del Ingeniero José Gabriel Castillo (ahora pensionado).

En este proyecto no se hicieron pruebas de laboratorio. Aunque en años anteriores se hicieron pastillas de carbón a base de fibra de lirio de agua y en esa ocasión se contó con la ayuda del Profesor José Alberto Ramírez de la Escuela de Ciencias de los Materiales del ITCR:

En este proyecto no se hicieron experimentos orientados a establecer una relación entre el peso del carbón en gramos y cantidad de calorías liberadas por cada gramo de carbón en combustión.

Luego se dimensionó el tamaño de la producción de gas con base en la producción media de gas metano de los tres beneficios estudiados y los precios de mercado del gas propano.

Finalmente, se dimensionó el tamaño de la producción de carbón vegetal con base en la producción media carbón vegetal de los tres beneficios estudiados y los precios de mercado del carbón vegetal de MegaSuper que es el más barato, no le cambia el sabor a las carnes y produce menos ceniza.

## 2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión de literatura establece que la demanda bioquímica de oxígeno oscila entre 13.000 a 259.000 miligramos por litro.

De los datos obtenidos en la investigación de campo y presentados en la tabla 4 se puede observar que en los casos de San Ramón, Los Santos y Nandayure la producción de DBO/kilogramo oscila entre 100 y 404 DBO/Kilogramo y tiene un promedio de 235,33 de DBO/Kilogramo.

Café-cereza, DBO/Kg de aguas de lavado, jugos de pulpa y equivalente en personas				
	Café cereza	Aguas mieles	Producción de DBO/Kg	Equivalente en personas
San Ramón	83.333	1.770	404	623
Los Santos	762	885	202	331
Nandayure	122	245	100	150
Total	84.217	2.700	706	1.104

Tabla 4. Procesamiento de café-cereza (kilos/día), DBO/Kgs/día y kilos de contaminantes generados por aguas de lavado, jugos de pulpa y equivalente en personas

La revisión de literatura relacionada con los procesos para producir carbón vegetal a partir de pulpa de café apunta hacia lo siguiente:

La patente JP6203694 establece que la preparación de un material combustible sólido necesita una mezcla pulverizada o un combustible sólido triturado con un peso entre 3% al 80% para la adherencia, compuesto de 100 partes de peso en asfalto y entre 67 y 900 partes de peso de brea de petróleo, para comprimir la mezcla, fundir el aglomerante por medio del calor y comprimir la briqueta.

El punto inicial del combustible sólido es preferible que sea un desecho de la agricultura por ejemplo, desechos, paja, hojas de bambú, tallos de mata de tabaco, semillas de capoc, colochos de madera, cortezas, etc, desechos de comida tales como cáscara de granos de café, cáscara de almendras, cáscara de nueces, corteza de naranjas, desechos de la planta de caña de azúcar, desechos de cervecerías o desechos industriales tales

como desechos plásticos, madera en polvo, lodo de plantas papeleras, lodos de cervecerías, lodos activados, carbón en polvo, polvo de coque etc.

El material sólido combustible se pulverizar dentro de 1 a 3 milímetros de tamaño, con adherencia adicionada y el briqueteado resultante dentro de gránulos o pastillas con base en una presión que oscila entre 200 y 500 kilogramos por centímetro cuadrado.

La ventaja en el uso y ventaja del combustible sólido es que tiene una fuerte resistencia a la humedad, a la expansión y mantiene una alta resistencia mecánica durante períodos de almacenamiento prolongados.

La revisión de literatura relacionada con el potencial de materia prima para producir gas metano a partir de pulpa de café apunta hacia lo siguiente:

Una carga de gas propano de Tropigas de Costa Rica S.A. (Teléfono: 438-2815) tiene un costo de 7.805 colones (la carga de 25 libras). El precio de una libra de gas propano es 312,2.colones. Un metro cúbico de gas tiene un peso de una libra aproximadamente.

En la tabla 2 y en la tabla 3 de este documento, se puede observar que los tres beneficios estudiados (Cooperativas: Palmares, Llano Bonito y Cerro Azul) producen un promedio de 8.025,33 metros cúbicos (M3) de gas metano. Si se toma en consideración que el país cuenta con 103 beneficios entre pequeños, medianos y grandes.

Se tiene que: ---8.025,33 libras/beneficio x 103 beneficios x 312,2 colones/libra se puede hablar de un negocio de producción de gas metano que se acerca a los 258 millones de colones.

$$8.025,33 \text{ libra/beneficio} \times 103 \text{ beneficios} \times 312,2 \text{ colones/libra} = 258 \text{ millones de colones}$$

La revisión de literatura relacionada con el potencial de materia prima para producir carbón vegetal a partir de pulpa de café apunta hacia lo siguiente:

Un kilogramo de carbón vegetal vendido por MegaSuper tiene un precio de 320 colones.

En la tabla 2 y en la tabla 3 de este documento, se puede observar que los tres beneficios estudiados (Cooperativas: Palmares, Llano Bonito y Cerro Azul) producen 1.791,7

toneladas métricas de carbón vegetal, donde una tonelada métrica se compone de 1.000 kilogramos. Si se toma en consideración que el país cuenta con 103 beneficios entre pequeños, medianos y grandes.

Se tiene que---597,16 TM/beneficio x 1.000 kilogramos/TM x 103 beneficios x 320 colones/kilogramo se puede hablar de un negocio de producción de carbón vegetal que se acerca a los ¢19.682 millones de colones.

$$597,16\text{Tm/beneficio} \times 1.000 \text{ Kg/tm} \times 103 \text{ beneficio} \times 320 \text{ colones/Kg} = \text{¢ } 19.682 \text{ millones}$$

Según la literatura para producir carbón en forma de pastillas (pellets) la extrusión es un proceso que combina presión y calor por medio de un tornillo sin fin (con la base del hilo cónico) dentro de un usillo y resistencias que suministran calor. El usillo le dará forma de pastilla. El espesor de la pastilla se obtiene al alimentar un tornillo que posee una cuchilla que corta cada pastilla. Este proceso en apariencia es más barato que el de hacer briquetas no obstante en cada cortada se pierde un porcentaje de carbón.

Otro proceso estudiado es producir carbón en forma de briquetas (briquets) por medio de extrusión que es un proceso que combina presión y calor por medio de un tornillo sin fin dentro un usillo y resistencias que aportan el calor. Al final del usillo hay una serie de moldes que son los que le darán la forma final a las briquetas. En este proceso no se pierde carbón pero el sistema de moldes es costoso.

Aún falta profundizar la investigación para cuantificar los desechos sólidos y líquidos y sólidos de la industria cafetalera como totalidad más allá de las tres cooperativas estudiadas y el posible bien ambiental que eventualmente se obtendría al transformar la pulpa de café desechada en gas y carbón vegetal.

Para tener una idea general del interés del resto de las Cooperativas se hace necesario cuantificar globalmente la cantidad de aguas mieles y la cantidad de pulpa de café útil a nivel nacional susceptibles de convertirse en gas y carbón mineral.

El Profesor José Alberto Ramírez de la Escuela de Ciencias de los Materiales del ITCR ha trabajado en la fabricación a nivel de laboratorio de pastillas a partir de fibras vegetales, con base en la experiencia del Profesor Ramírez un aspecto que se debe investigar es el



adecuado tamaño del grano del carbón, la humedad del mismo, el aglomerante más adecuado que pueda unir las partículas, que suministre estabilidad dimensional adecuada y luego el proceso más adecuado para darle la forma a la presentación del carbón vegetal como nuevo producto a base de pulpa de café.

Dado que en este proyecto no se llegó a pruebas, será necesario hacerlas en laboratorio con mayor detalle y será necesario obtener recursos para preparar un pequeño horno según recomendó el Profesor Ramírez de la Escuela de Ciencias de Materiales del ITCR.

Es imperativo continuar con los estudios de viabilidad técnica y comercial de los futuros productos (gas y carbón) para efectos de difusión del nuevo conocimiento de parte de los nuevos emprendedores interesados en comercializar los resultados previa negociación de la propiedad intelectual con el ITCR.

### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. Conclusiones.

La obtención de recursos para financiar proyectos de investigación con el visto bueno de la Contraloría General de la República según la Coordinadora en el INFOCOOP, es proceso sumamente lento.

La patente JP6203694 establece la preparación de un material combustible sólido como una mezcla pulverizada o un combustible sólido triturado con un peso entre 3% al 80% para la adherencia, compuesto de 100 partes de peso en asfalto y entre 67 y 900 partes de peso de brea de petróleo, para comprimir la mezcla, fundir el aglomerante por medio del calor y comprimir [la mezcla por medio de presión y obtener la briqueta](#).

En caso de que se transformara la pulpa de café en gas metano el valor aproximado de la producción sería de 258 millones de colones.

En caso de que se transformara la pulpa de café en carbón vegetal el valor aproximado de la producción sería de ¢ 19.682 millones (colones).

Un proceso adecuado para producir carbón en forma de pastillas (pellets) es la extrusión. Otro proceso adecuado para producir carbón en forma de briquetas (briquets) es la extrusión y moldeo.

### 3.2. Recomendaciones.

La patente JP6203694 recomienda el inicio con combustible sólido, es preferible que sea un desecho de la agricultura por ejemplo, desechos, paja, hojas de bambú, tallos de mata de tabaco, semillas de capoc, colochos de madera, cortezas, etc, desechos de comida tales como cáscara de granos de café, cáscara de almendras, cáscara de nueces, corteza de naranjas, desechos de la planta de caña de azúcar, desechos de cervecerías o desechos industriales tales como desechos plásticos, madera en polvo, lodo de plantas papeleras, lodos de cervecerías, lodos activados, carbón en polvo, polvo de coque etc.

La patente JP6203694 establece que la preparación de un material combustible sólido necesita una mezcla pulverizada o un combustible sólido triturado con un peso entre 3% al 80% para la adherencia, compuesto de 100 partes de peso en asfalto y entre 67 y 900 partes de peso de brea de petróleo, para comprimir la mezcla, fundir el aglomerante por medio del calor y comprimir la briqueta.

El material sólido combustible se pulverizar dentro de 1 a 3 milímetros de tamaño, con adherencia adicionada y el briqueteado resultante dentro de gránulos o pastillas con base en una presión que oscila entre 200 y 500 kilogramos por centímetro cuadrado.

La literatura recomienda el uso y la ventaja del combustible sólido que tiene una fuerte resistencia a la humedad, a la expansión y mantiene una alta resistencia mecánica durante períodos de almacenamiento prolongados.

Se recomienda diseñar un experimento para evaluar las proporciones idóneas entre aglomerante y carbón vegetal.

Se recomienda diseñar y construir un horno pequeño a nivel de laboratorio para verificar la relación adecuada entre gramos de carbón y cantidad de calorías.

En caso de que el resultado sea técnicamente viable se recomienda solicitarle al Profesor del Curso de Preparación, Formulación y Evaluación de Proyectos de la Escuela de Administración de Empresas que se estudie la viabilidad comercial del proyecto.

En caso de que el resultado sea comercialmente viable y de acuerdo interés del CENIBIOT en proyectos de esta naturaleza se recomienda presentarlo a este Centro para valorar y llevarlo eventualmente una etapa de mayor escala.

Consultar la experiencia de Brasil en el envasado de gas metano con fines comerciales.

Consultar la experiencia de Brasil en la producción de carbón vegetal con fines comerciales.

Durante la ejecución del proyecto se encontró un empresario emprendedor con deseos de invertir, se recomienda hacer una presentación de estos resultados a la Ministra de Salud, con el fin de que se identifiquen empresarios interesados en construir y evaluar una eventual planta productora de gas y carbón vegetal basada en pulpa de café.

Plantear al INFOCOOP la idea de que empresarios (cafetalero y fabricante de equipo para la industria cafetalera) interesados junto con un grupo interdisciplinario investigadores del ITCR en el área de energía seleccionen un beneficio de café, diseñen y construyan un horno para preparar el carbón y una máquina para hacer briquetas de carbón vegetal a partir de pulpa de café, una vez negociada la propiedad intelectual y los derechos de explotación del conocimiento creado.

#### IV. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

Los estudiantes José Rodolfo Hernández, Gabriela Mata y Ernesto Olivares como parte del trabajo del Curso de Metodología Operativa del Diseño Industrial, con la asesoría del Profesor José Alberto Ramírez de la Escuela de Ciencias de los Materiales y basados en literatura de la FAO desarrollaron un tema de investigación que ellos denominaron: Producción de carbón vegetal a partir de los residuos sólidos generados por el beneficiado húmedo del café.

## V. LITERATURA CONSULTADA

1.	Conferencia de las Naciones Unidas <u>sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables</u> . Nairobi. Agosto.1981.
2.	ICAFFE, Embajada de Suiza. <u>Tratamiento de las aguas residuales de los beneficios de café en Costa Rica</u> . Informe de Consultoría. San José1998.
3.	Pérez, Noarys; Marquéz Frank. <u>Obtención de carbón activado a partir del residual sólido generado en el beneficio húmedo de café</u> . Universidad de Pinar del Río. ....1982
4.	Segura, Elena. <u>Procedimiento de preparación de briquetas combustibles sin humo con carbón y biomasa</u> . Solicitud de Patente: P200100403, solicitada en 2001-02-21. Email: <a href="mailto:esegura@dicar.csic.es">esegura@dicar.csic.es</a> . Teléfono: +34 976716038.

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Vicerrectoría de Investigación y Extensión  
Escuela de Diseño Industrial

## INFORME FINAL (Documento II)

PROYECTO:

Cuantificación, valoración y tecnificación de desechos  
(sólidos y líquidos) de la industria cafetalera



Aprobado: Aprobado: Sesión Ordinaria 13-2007 del Lunes 3 de Setiembre, 2007

Elaborado por: Juan Córdoba, Profesor. Escuela de Diseño Industrial.

## LOS OBJETIVOS PLANTEADOS SON:

- 1.2.1. Determinar las cantidades exactas de los remanentes sólidos y líquidos del beneficiado de café en las empresas seleccionadas.
- 1.2.2. Valorar (comparar) la generación de remanentes líquidos y sólidos del beneficiado de café, en procesos y subproductos que disminuyan la contaminación de ríos, quebradas, que sea de bajo costo y de alto valor agregado.
- 1.2.3. Cuantificar la eficiencia técnica y económica y ambiental de la tecnología existente.

## 1.3. RESULTADOS OBTENIDOS SON:

En la tabla 1 con relación al primer objetivo específico se obtuvo que en las tres cooperativas estudiadas el porcentaje de la pulpa de café es de un 40% y el porcentaje de las aguas mieles varía entre el 15 y el 21 %.

Café, remanentes y empresas			
2005-2006			
Empresas/Productos	Café/Fruto/Fanegas	Pulpa/Fanegas	Aguas Mieles
Cooperativa Palmares	50.000	20.000	10.620
	100%	40%	21%
Cooperativa Llano Bonito	25.000	10.000	3.810
	100%	40%	15 %
Cooperativa Cerro Azul	4.000	1.600	610
	100%	40%	15 %

Tabla 1. Cantidades de café y remanentes (sólidos y líquidos) en empresas

En la tabla 2 con relación al primer objetivo específico se obtuvo que en las tres cooperativas estudiadas en la Cooperativa de Palmares es significativa los remanentes diez veces mayores a los de la Cooperativa de Cerro Azul en cuanto a la producción de pulpa.

En cuanto a la producción de aguas mieles la Cooperativa de Llano Bonito es la mayor productora. En cuanto a la producción de gas la Cooperativa de Palmares es quince veces mayor al de Llano Bonito. Finalmente, la Cooperativa de Palmares es que más produce carbón y pulpa energética.

Remanentes y equivalente energético					
2005-2006					
	TM			TM	TM
Empresas/Sub-Productos	Pulpa	Mieles	Gas/M3	Carbón	Pulpa-Energética
Cooperativa Palmares	4.000	212,4	15.240	779	2.770
Cooperativa Llano Bonito	2.000	762	7.620	389,5	1.385
Cooperativa Cerro Azul	320	122	1.219	623	222

Tabla 2. Toneladas métricas de remanentes líquidos y sólidos y equivalente energético

En la tabla 3 están reunidos los datos de las tablas 1 y 2 anteriores

Café en fruto, pulpa, y aguas mieles en empresas seleccionadas						
Empresa/Producto	Café	Pulpa	Mieles	Gas/M3	Carbón	Pulpa Energética
CoopePalmares	50.000	10.390	7.620	15.240	779	2.770
CoopeLlano	25.000	5.195	3.810	7.620	389,5	1.385
CoopeCerro	4.000	831,2	610	1.219	623	222

Tabla 3. Café en fruto, pulpa y aguas mieles en empresas, período 2005-2006

En la tabla 4 se logró obtener la cantidad de café-cereza de San Ramón, Los Santos y Nandayure, las aguas mieles, la demanda bioquímica de oxígeno y su equivalente en personas.

Café-cereza, DBO/Kg de aguas de lavado, jugos de pulpa y equivalente en personas				
	Café cereza	Aguas mieles	Producción de DBO/Kg	Equivalente en personas
San Ramón	83.333	1.770	404	623
Los Santos	762	885	202	331
Nandayure	122	245	100	150
Total	84.217	2.700	706	1.104

Tabla 4. Procesamiento de café-cereza (kilos/día), DBO/Kgs/día y kilos de contaminantes generados por aguas de lavado, jugos de pulpa y equivalente en personas

Con relación al estado del arte de los procesos de transformación y la viabilidad técnica para transformar de pulpa de café en carbón se obtuvieron tres patentes:

- JP62036494 con Clasificación Internacional C1OL-005/16
- US 7077.718B1 Formación de cera de abeja sobre un artículo plástico
- WO200265836 Composición del inóculo de hongos usado en escaparates de ropas que comprenden semillas e inóculo de hongos. (Fungal inoculant composition useful in landscaping clothes comprises seeds and a fungal inocula).

Las primeras dos patentes están asociadas con procesos mecánicos para producción de pastillas o briquetas de carbón de múltiples fuentes de materia prima de origen vegetal como se puede ver en al figura 1 se utiliza un tornillo sin fin o extrusor y un molde que es que le da la forma a la briqueta. El tornillo sin fin o extrusor se utilizaría para obtener pastillas (pellets) de carbón vegetal.



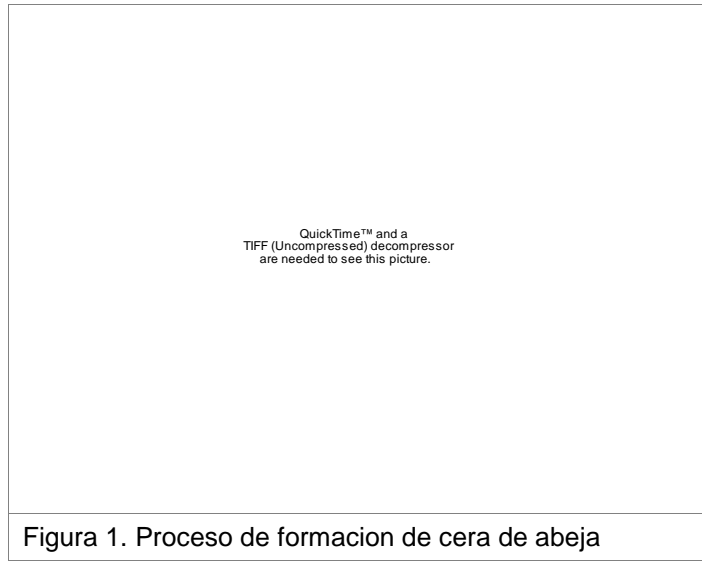


Figura 1. Proceso de formacion de cera de abeja

La tercera patente es de tipo biotecnológico es importante porque usa hongos inóculos como control biológico pero no aplica por ahora en la transformación de la materia prima en pastillas o briquetas de carbón vegetal.

<p>QuickTime™ and a TIFF (Uncompressed) decompressor are needed to see this picture.</p>	<p>QuickTime™ and a TIFF (Uncompressed) decompressor are needed to see this picture.</p>	<p>QuickTime™ and a TIFF (Uncompressed) decompressor are needed to see this picture.</p>
<p>Carbón Mineral Parade</p>	<p>Carbón Vegetal MegaSuper</p>	<p>Carbón Vegetal El Roble</p>
<p>Figura 2. Tipos de carbón y marcas</p>		

Marcas y Atributos			
Marca/Carbón	Parade	MegaSuper	El Roble
Peso (Kgs)	4,5	2,5	2,0
Precio (Colones)	4.500	800	879
Cambia sabor de carne	Si	No	No
Produce Ceniza	Mucha	Poca	Poca
Peso/Precio (gramo/colon)	1/1	3,125/1	2,275/1
Calorías/Gramo	--	--	--
Tabla 5. Marcas y atributos			

Una carga de gas propano de Tropigas de Costa Rica S.A. (Teléfono: 438-2815) tiene un costo de 7.805 colones (la carga de 25 libras). El precio de una libra de gas propano es 312,2.colones. Un metro cúbico de gas tiene un peso aproximado de una libra.

En la tabla 2 y en la tabla 3 de este documento, se puede observar que los tres beneficios estudiados (Cooperativas: Palmares, Llano Bonito y Cerro Azul) producen un promedio de 8.025,33 metros cúbicos (M3) de gas metano. Si se toma en consideración que el país cuenta con 103 beneficios entre pequeños, medianos y grandes.

Se tiene que: ---8.025,33 libras/beneficio x 103 beneficios x 312,2 colones/libra se puede hablar de un negocio de producción de gas metano que se acerca a los 258 millones de colones.

8.025,33 libras/beneficiox103 beneficios x 312,2 colones/libra= ¢ 258 millones (colones)

La revisión de literatura relacionada con el potencial de materia prima para producir carbón vegetal a partir de pulpa de café apunta hacia lo siguiente:

Un kilogramo de carbón vegetal vendido por MegaSuper tiene un precio de 320 colones.

En la tabla 2 y en la tabla 3 de este documento, se puede observar que los tres beneficios estudiados (Cooperativas: Palmares, Llano Bonito y Cerro Azul) producen 1.791,7

toneladas métricas de carbón vegetal, donde una tonelada métrica se compone de 1.000 kilogramos. Si se toma en consideración que el país cuenta con 103 beneficios entre pequeños, medianos y grandes.

Se tiene que---597,16 TM/beneficio x 1.000 kilogramos/TM x 103 beneficios x 320 colones/kilogramo se puede hablar de un negocio de producción de carbón vegetal que se acerca a los 19.682 millones de colones.

$$597,16 \text{ TM/Beneficio} \times 1.000\text{Kg/TM} \times 103 \text{ Beneficio} \times 320 \text{ ¢/Kg} = \text{¢ } 19.682 \text{ millones (colones)}$$

## II. LIMITACIONES

Al retirarse del investigador principal por razones de pensión y la no sustitución hace que el trabajo necesario de este proyecto no lo puede hacer un sólo investigador con una dedicación de 8 horas por semana.

Falta de investigar sobre la utilización de las aguas mieles, la producción de metano de las aguas mieles, la viabilidad de envasar ese gas metano y propuestas de tecnologías para descontaminar las aguas usadas en los beneficios antes de ser depositadas en los ríos.

Durante la ejecución del proyecto la participación de INFOCOOP y el interés mostrado, fue muy reducido.

El trabajo necesario de este proyecto no lo puede hacer un sólo investigador con una dedicación de 8 horas por semana.

Durante la ejecución del proyecto la participación de INFOCOOP fue muy reducido.

Según palabras de la Coordinadora en INFOCOOP lo anterior se debe a la lentitud con que trabaja la Contraloría General de la Republica.

### III. RECOMENDACIONES

La patente JP6203694 establece y recomienda que la preparación de un material combustible sólido necesita una mezcla pulverizada o un combustible sólido triturado con un 3% al 80% de peso para la adherencia, compuesto de 100 partes de peso en asfalto y entre 67 y 900 partes de peso de brea de petróleo, para comprimir la mezcla, fundir el aglomerante por medio del calor y comprimir la briqueta.

Recomienda como punto inicial que el combustible sólido es preferible que sea un desecho de la agricultura tal como desechos, paja, hojas de bambú, tallos de mata de tabaco, semillas de capoc, colochos de madera, cortezas, etc, desechos de comida tales como cáscara de granos de café, cáscara de almendras, cáscara de nueces, corteza de naranjas, desechos de la planta de caña de azúcar, desechos de cervecerías o desechos industriales tales como desechos plásticos, madera en polvo, lodo de plantas papeleras, lodos de cervecerías, lodos activados, carbón en polvo, polvo de coque etc.

En cuanto a la granulometría se recomienda que el material sólido combustible se puede pulverizar dentro de 1 a 3 milímetros de tamaño, con adherencia adicionada y el briqueteado resultante dentro de gránulos o pastillas con base en una presión que oscila entre 200 y 500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Se recomienda el combustible sólido que tiene una fuerte resistencia a la humedad, a la expansión y mantiene una alta resistencia mecánica durante períodos de almacenamiento prolongados.

Se recomienda diseñar un experimento para evaluar las proporciones idóneas entre aglomerante y carbón vegetal.

Se recomienda diseñar y construir un horno pequeño a nivel de laboratorio para verificar la relación adecuada entre gramos de carbón y cantidad de calorías.

En caso de que el resultado sea técnicamente viable se recomienda solicitarle al Profesor del Curso de Preparación, Formulación y Evaluación de Proyectos de la Escuela de Administración de Empresas que se estudie la viabilidad comercial del proyecto.

En caso de que el resultado sea comercialmente viable y de acuerdo interés del CENIBIOT en proyectos de esta naturaleza se recomienda presentarlo a este Centro para valorar y llevarlo eventualmente una etapa de mayor escala.

Consultar la experiencia de Brasil en el envasado de gas metano con fines comerciales.

Consultar la experiencia de Brasil en la producción de carbón vegetal con fines comerciales.

Durante la ejecución del proyecto se encontró un empresario emprendedor con deseos de invertir, se recomienda hacer una presentación de estos resultados a la Ministra de Salud, con el fin de que se identifiquen empresarios interesados en construir y evaluar una eventual planta productora de gas y carbón vegetal basados en pulpa de café.

Plantear al INFOCOOP la idea de que empresarios (cafetalero y fabricante de equipo para la industria cafetalera) interesados junto con un grupo interdisciplinario investigadores del ITCR en el área de energía seleccionen un beneficio de café, diseñen y construyan un horno para preparar el carbón y una máquina para hacer briquetas de carbón vegetal a partir de pulpa de café, una vez negociada la propiedad intelectual y los derechos de explotación del conocimiento creado.

## IV. LITERATURA CONSULTADA

1.	Conferencia de las Naciones Unidas <u>sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables</u> . Nairobi. Agosto.1981.
2.	ICAFE, Embajada de Suiza. <u>Tratamiento de las aguas residuales de los beneficios de café en Costa Rica</u> .Informe de Consultoría. San José1998.
3.	Pérez, Noarys; Marquéz Frank. <u>Obtención de carbón activado a partir del residual sólido generado en el beneficio húmedo de café</u> . Universidad de Pinar del Río. ....1982
4.	Segura, Elena. <u>Procedimiento de preparación de briquetas combustibles sin humo con carbón y biomasa</u> . Solicitud de Patente: P200100403, solicitada en 2001-02-21. Email: <a href="mailto:esegura@dicar.csic.es">esegura@dicar.csic.es</a> . Teléfono: +34 976716038.