

## EXTRACCIÓN DE ACEITES DE LA BORRA DE CAFÉ PARA FINES BIOENERGÉTICOS

### COFFEE OIL EXTRACTION FROM SPENT COFFEE GROUNDS FOR BIOENERGETIC FINES

Núñez-Correa S.\*, Pérez-Pastenes H., Cuevas-Díaz M del C., Guzmán-López O., María-Rueda A.

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana, Av. Universidad Km 7.5,  
Coatzacoalcos, Ver., 96538, México.

\* sarnunez@uv.mx

#### RESUMEN

Una de las problemáticas actuales respecto a la conservación del ambiente radica en otorgar utilidad a los residuos de la actividad industrial y social. En el caso de la agroindustria del café, solo el 9.5% del peso total del fruto es utilizado en la preparación de bebidas. Desde mediados del siglo pasado se han desarrollado alternativas para usar los subproductos como materia prima para la producción de forrajes, biogás, cafeína, pectina y abono, entre otros. Asimismo, la gran demanda a nivel mundial de combustibles promueve la búsqueda de fuentes de energías alternas, siendo la producción de biocombustibles una de las opciones más importantes. La producción de biodiesel representa un proceso respetuoso con el medio ambiente al utilizar como materias primas aceites vegetales o de origen animal, así como residuos o desechos

orgánicos, entre ellos la borraja del café. En este proyecto se realizó, a nivel planta piloto, la extracción del aceite contenido en residuos de café con potencial para la obtención de bioenergéticos. La borra de café recolectada fue secada al sol (aire en convección natural) por 6 horas. Se utilizó la técnica de extracción por solvente usando etanol en un equipo de extracción sólido-liquido. La extracción se realizó a 78°C, por 4 horas. El alcohol fue recuperado por destilación. La borra de café fue caracterizada antes y después de la extracción, así como el aceite obtenido. El rendimiento del proceso fue del 14.15%.

**Palabras clave:** Aceite de café; Borra de café; energía alternativa; extracción con solventes.

## ABSTRACT

One of the current problems regarding the conservation of the environment lies in giving utility to the waste of industrial and social activity. In the case of the coffee agribusiness, only 9.5% of the total weight of the fruit is used in the preparation of beverages. Since the middle of the last century, alternatives have been developed to use by-products as raw material for the production of fodder, biogas, caffeine, pectin and fertilizer, among others. Likewise, the high global demand for fuels promotes the search for alternative energy sources, with the production of biofuels being one of the most important options. The production of biodiesel represents an environmentally friendly process by using vegetable or animal oils as raw materials, as well as organic residues or waste, including coffee borage. In this project, the extraction of oil contained in coffee waste with potential for obtaining bioenergy was carried out at the pilot plant level. The collected coffee grounds were dried in the sun (air in natural convection) for 6 hours. The solvent extraction technique using ethanol was used in a solid-liquid extraction equipment. Extraction was performed at 78 °C, for 4 hours. The alcohol was recovered by distillation. The

coffee grounds were characterized before and after extraction, as well as the oil obtained. The process yield was 14.15%.

**Keywords:** Alternative energy; Coffee oil; Spent coffee ground, solvent extraction.

## INTRODUCCION

El mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad ha provocado el uso indiscriminado de recursos naturales. Una de las problemáticas actuales con respecto a la conservación del ambiente radica en cómo otorgarles utilidad a los residuos ocasionados por la actividad industrial y social del hombre. Actualmente, los procesos de reciclaje de desechos constituyen una vía muy utilizada para disminuir las consecuencias ambientales derivadas del vertimiento incontrolado de estos al medio ambiente [1].

Al mismo tiempo, existe en el mundo un creciente interés hacia el desarrollo de nuevas formas de energía alterna y renovable. El biodiesel es un combustible producido a partir de grasas y aceites vegetales o animales mediante una reacción de transesterificación o esterificación. En este sentido, los biocombustibles se presentan como una

alternativa energética para su uso en transporte y tienen una serie de ventajas frente a los combustibles fósiles como son: disminuyen el efecto invernadero por lo que mejoran la calidad del aire, disminuyen la lluvia ácida y la cantidad de material de desecho en el proceso, cuando se parte de residuos como materia prima [2].

Por otro lado, el café es una de las bebidas más consumidas en el mundo, y también es responsable de la generación de una gran cantidad de residuos. Considerando la gran cantidad de subproductos generados, el aprovechamiento integral de los mismos con aplicaciones específicas promete un desarrollo sustentable de la economía industrial y del mismo país productor [3]. En la agroindustria cafetera se utiliza solamente el 9.5% del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90.5% son subproductos resultantes, los cuales son dispuestos o almacenados inadecuadamente, contaminando los cuerpos de aguas y los suelos, generando afectación de los ecosistemas [4]. Los principales subproductos que se generan en el proceso de beneficio e industrialización del fruto de café y en los procesos de renovación del cultivo son: la

pulpa, el mucílago, el cisco, las pasillas, la borra y los tallos de café [5].

Desde mediados del siglo pasado se ha tratado de inventar métodos para utilizar estos desechos como materia prima para la producción de piensos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pécticas, proteína y abono [6].

La pulpa del café, debido a su composición química, presenta potencialidades para ser empleada como materia prima en la obtención de biogás, alimento animal y como sustrato en la producción de setas comestibles. Estas tecnologías permiten utilizarla como subproducto, eliminar la contaminación y, a su vez, generar beneficios en el orden económico, social y ambiental. Para el mucílago y las aguas de lavado del café, la digestión anaerobia para la obtención de biogás parece ser la opción más atractiva [1].

Varios intentos están siendo explorados en el aprovechamiento de los residuos de la industria cafetalera, la mayoría de ellos enfocados al aprovechamiento de sus azúcares polimerizados (celulosa y hemicelulosa) principalmente para la producción de bioenergéticos [7].

El aroma del café, característico en una prueba de taza, es debido a la alta cantidad de compuestos odoríferos que presenta el café tostado, por efecto de transformaciones y degradaciones químicas, logradas al someter el café verde a un proceso térmico (tostión). Los granos de café contienen un elevado contenido de aceites, entre un 10 y un 20% en peso, esta cantidad de aceites contenidos en el café es significativa si la comparamos con la contenida en las semillas tradicionalmente utilizadas en la fabricación de biodiesel: colza (37-50% en peso), palma (20% en peso) o soja (20% en peso).

El contenido en aceites en el grano del café no se altera significativamente tras su uso en la preparación de la bebida, por lo cual los residuos de los granos de café pueden convertirse en una fuente potencial de aceites para la producción de biodiesel [8-9]. Vinculado a esto, la generación de residuos sólidos ha sido entendida como una problemática ambiental e influyente en la salud pública. En el caso específico de los residuos sólidos derivados del consumo de café, la creación de estrategias para su manejo se convierte en la alternativa de solución a dicho problema y se convierte en una

posibilidad de valorización de estos residuos [10].

La borra de café es el residuo que se genera en las fábricas de café soluble del grano tostado y representa el 10% del fruto fresco.

A este respecto, un importante punto en la obtención del aceite del café es la selección del método de extracción, el cual es determinante de las propiedades físicas y químicas resultantes en el aceite. Lo anterior resulta de gran interés debido a que permite obtener un aceite o grasa natural ajustado a especificaciones particulares con potencial para fines concretos. Dentro de los posibles procesos de extracción están la destilación, la extracción con disolventes y la extracción con fluidos supercríticos [11].

En el caso de la extracción por solventes, se han utilizado diversos solventes derivados del petróleo como el ciclohexano, hexano, acetato de metilo, entre otros; sin embargo, estos reactivos son tóxicos. Atendiendo a estas consideraciones se han usado alcoholes como el etanol para este fin, reconociendo una disminución del porcentaje de extracción, la cual podría ser poco significativa con base a los beneficios

ambientales y en la salud que conlleva el uso de alcoholes en el proceso de extracción de aceites [12].

En los últimos años han adquirido importancia en el ámbito académico e industrial las investigaciones sobre solventes biodegradables y seguros, los llamados solventes “verdes”. Dentro de este grupo se destaca el etanol, un solvente obtenido biotecnológicamente, que no genera residuos tóxicos y no afecta la salud. La posibilidad del uso de este solvente para la extracción de aceites vegetales y sus solubilidades ha sido estudiada en décadas previas [13]. Por lo anterior, en el presente proyecto se evaluará la extracción de aceite a partir de residuos de café, usando etanol como solvente. Lo anterior contribuirá a la valoración de estos residuos en un carrier energético con potencial en la generación de biodiesel.

A partir de las ideas expuestas, en el presente proyecto se realizará la extracción, a nivel planta piloto, del aceite contenido en residuos de café, usando etanol como solvente. Lo anterior con el fin de obtener aceite con potencial para la obtención de bioenergéticos, contribuyendo a la valoración de los

residuos de café en un carrier energético para su posterior generación de biodiesel.

## METODOLOGÍA

La borra de café fue recolectada de la cafetería, oficinas y cubículos del campus Coatzacoalcos de la Universidad Veracruzana. El secado de los residuos de café fue realizado por exposición directa al sol por 2 horas y mediante un horno eléctrico durante 6 horas.

La extracción del aceite se realizó durante 1, 3 y 6 horas, usando etanol (96%) como solvente, **Figura 1**. Para lo anterior, en un saco de tela se colocaron 500 g de la borra de café seca y fueron puestos dentro del sifón de vidrio.



**Figura 1.** Equipo de extracción del aceite de café.

Se utilizaron 6 L del alcohol vertidos en el matraz de tres bocas. Se estableció un set point a 80° (temperatura de ebullición del etanol) y se tomó la muestra cero; al llegar al punto de ebullición se tomó la muestra 1 y posteriormente fueron tomadas alícuotas cada 30 min.

La eliminación de etanol en el aceite obtenido se realizó por destilación del alcohol, **Figura 2**. Los residuos de café antes y después de la extracción fueron caracterizados por termogravimetría.



**Figura 2.** Equipo de destilación del alcohol.

El aceite obtenido se caracterizó preliminarmente evaluando el pH mediante un medidor pH EXTECH, el índice de refracción con un refractómetro ABBE (modelo ZWAJ) y la densidad mediante un picnómetro.

## RESULTADOS

**Secado:** Después de la recolección la borra de café, la muestra fue mezclada para homogenizar sus características. Para eliminar la humedad y evitar el crecimiento microbiano la borra fue secada. El contenido de agua en los alimentos y en especial de los granos es uno de los criterios más importantes para la conservación de su calidad y su comercialización. Los alimentos en su estado natural están compuestos por materia seca y agua en cantidades específicas. El agua influye en la textura, sabor y calidad de los alimentos, pero es también una causa de su naturaleza perecedera.

Los porcentajes de humedad en base húmeda calculados a partir de los resultados de termogravimetría de un lote de café secado en horno eléctrico fue de 57% en peso y del 68.4% asistido por energía solar en charolas de aluminio. Las

condiciones de secado fueron de ~70 °C durante 6 h en el secado por horno eléctrico y por 6 horas en luz solar.

Considerando que en ambas pruebas se usó el mismo lote de café, se puede concluir que el método de secado de la borra de café asistido por luz solar es más eficiente, debido a que empleando el mismo tiempo de secado fue eliminada una mayor cantidad de agua. Lograr una mayor eliminación de agua prolonga el tiempo de vida en almacenamiento de este subproducto, evitando posibles alteraciones o deterioros en su composición, que se pueden manifestar por reacciones biológicas con microorganismos en presencia de humedad. Adicionalmente, representa un proceso económico y amigable con el ambiente, al no usar energía eléctrica.

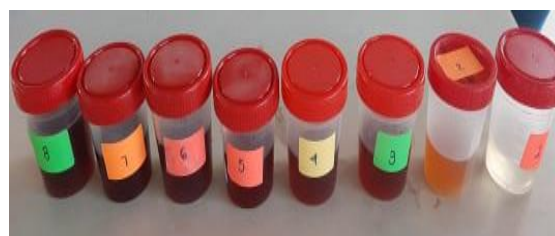
**Extracción:** En el proceso de extracción de los sólidos solubles en agua para la elaboración de bebidas de café, solo 1% del aceite de café es transferido al extracto, lo restante queda contenido en la borra de café [14]. Se realizaron tres extracciones variando la cantidad de solvente y soluto, así como el tiempo. En la **Tabla 1** se presentan las características

de cada prueba y la cantidad de extracto obtenida en cada caso.

**Tabla 1.** Resultados de las extracciones.

Extracción	1	2	3
Tiempo extracción, h	1.5	3	6
Alcohol, L	4	6	8
Borra de café, g	750	900	800
Extracto, L	1 ½	1 ½	4

Para dar seguimiento a la concentración y propiedades del aceite, durante la extracción se tomaron alícuotas cada 30 min, **Figura 2**, las cuales fueron posteriormente caracterizadas por reflectancia difusa, densidad y pH. Para eliminar el solvente (etanol) del aceite, el producto de la extracción fue destilado entre 78 a 82°C, con un tiempo de proceso de aproximadamente 4 horas en cada muestra, recuperando el 90% del alcohol.



**Figura 2.** Muestras de la extracción de aceite de café.

Tomando como referencia la muestra final de cada una de las pruebas de extracción, se podrían mencionar las siguientes características físicas y sensoriales similares en las tres muestras:

- Olor: característico a café tostado y alcohol
- Consistencia: aceitosos
- Color Café oscuro brillante.
- Aspecto: a temperatura ambiente es un líquido (poco viscoso).

Para determinar el rendimiento del proceso, se consideró la siguiente expresión:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{masa del aceite obtenido}}{\text{masa de la borra de café utilizada}} \times 100$$

La densidad en las muestras es comparable con lo obtenido en la literatura donde reportan una densidad promedio de 0.9359 g/mL en aceite extraído de la borra de café por el método de extrusión, y de 0.919 g/mL por el método de extracción por solventes (con *n*-hexano) [60].

El aceite contenido en el grano de café verde, en el grano tostado y en su residuo (borra) tiene una composición química similar a la de muchos aceites vegetales

comestibles como el de la semilla de algodón, soya, maíz, coco, oliva y linaza, entre otros [8]. En la literatura se ha reportado que en el grano de café verde se tiene un porcentaje entre 16 – 18 % en peso de aceite; y en la borra de café entre el 10 - 15% en base seca [15-16]. Por lo anterior, se considera que el rendimiento obtenido en este proyecto es aceptable y comparable con datos reportados en la literatura.

El bajo porcentaje de rendimiento en la extracción 1½ horas evidencia que es necesario un tiempo mayor para lograr tener un rendimiento aceptable. Adicionalmente se puede observar que el incremento en el rendimiento al realizar la extracción en 3 y en 6 horas no es significativo, siendo las 3 h adicionales un factor de gasto de energía, además de requerir una mayor cantidad de solvente. En la **Tabla 2**, se presentan los resultados de las pruebas de caracterización realizadas a los tres aceites obtenidos.

**Tabla 2.** Datos del aceite obtenido.

Tiempo, h	mL de Aceite	Densidad, mL/g	g de aceite	g de borra de café	% Rendimiento
1 ½	72	0.919	75.4	750	8.82
3	135	0.923	124.6	900	13.85
6	122	0.927	113.1	800	14.14



El parámetro de índice de refracción está ligado a la densidad, ya que la luz encontrará mayor dificultad para propagarse, cuanto mayor sea la cantidad de materia que haya que atravesar para una misma distancia [17]; teniendo en cuenta esa información, en la **Tabla 3** se presenta los resultados del índice de refracción en los tres extractos obtenidos, observando un incremento de su valor en función del tiempo.

**Tabla 3.** Pruebas de índice de refracción y pH.

Tiempo de extracción	Índice de refracción	pH
1 ½ hora	1.3602	5.6
3 horas	1.6625	4.78
6 horas	1.6997	4.94

Los resultados obtenidos de este parámetro en las extracciones realizadas en 3 y 6 horas son un poco mayores (~12%) a lo reportado en la literatura de 1.468 a 1.4773, índices que se calcularon en el aceite de café tipo genuino Antigua @ 22.5°C [18]. Lo anterior podría deberse a la calibración del equipo usado en este proyecto, así como a la temperatura de las muestras al realizar las determinaciones. Se recomienda volver a realizar la calibración y las determinaciones de este parámetro en las muestras obtenidas.

De acuerdo con la literatura, en general los índices de refracción de las sustancias grasas oscilan entre 1.46 y 1.50 medidos a 15 o 20°C. Se ve afectado por la temperatura y los ácidos grasos libres (al aumentar ambos disminuye el índice de refracción) [19].

Para los aceites la determinación se hace a 25°C, para las grasas parcialmente hidrogenadas a 40°C, para grasas hidrogenadas a 60°C y para ceras a 80°C. Se pueden hacer las determinaciones a otras temperaturas, pero se deben hacer las correcciones. Para hacer esta medición se emplea el refractómetro con escalas de 1.3 a 1.7. Si el equipo permite calibrar la temperatura se debe hacer antes de empezar el análisis [19].

Derivado de la comparación de los datos de la literatura y los obtenidos en este proyecto, concluimos que la temperatura influye en los parámetros del índice de refracción, ya que en nuestra caracterización obtenemos los resultados en un margen de 1.3 a 1.7 como lo menciona la literatura a 25°C.

Respecto a los resultados de pH, en la literatura se reportan valores entre 4.58 a 4.78 [16], observamos que en los datos de la Tabla 3, los valores de pH que más se

aproximan a la bibliografía son los obtenidos en tiempos de 3 y 6 horas de extracción, y con un valor menor en el aceite obtenido en 1½. Es importante destacar que los datos obtenidos en la literatura corresponden a pruebas realizadas al aceite extraído de muestras de café de un solo tipo, mientras que, en este proyecto, la recolecta de los residuos de café se realizó en distintos puntos y por consecuente el café tenía distinta naturaleza o tipo.

## CONCLUSIONES

A partir de los objetivos establecidos al inicio de este estudio se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El proceso de secado de la borra de café, para retirar el exceso de humedad, resulta mejor haciendo el uso de la energía solar.

Se obtuvo un óptimo rendimiento del 13.85% en el proceso de por 3 horas.

No es necesario llevar a cabo extracción de más de cuatro horas, para lograr que los valores de las caracterizaciones sean similares.

Se obtuvieron variaciones poco significativas en los índices de refracción y pH debido a la diferencia de temperatura en las muestras en la caracterización.

## REFERENCIAS

- [1] Serrat Díaz, D., Ussemame Mussagy, L., Camacho Pozo, M. I., Méndez Hernández, M. A., & Bermúdez, D. C., 2016. Valorización de Residuos Agroindustriales Ricos en Pectinas por Fermentación. *Tecnología Química* ISSN: 0041-8420. 1, 5-19.
- [2] Manzano, R. C., 2012. Producción de biodiesel a partir de residuos de café. Universidad rey Juan Carlos. BURJC DIGITAL.
- [3] Wong Paz J. E, Guyot S., Rodríguez Herrera R., Gutiérrez Sánchez Contreras Esquivel J. C, Saucedo Castañeda G., Aguilar C., 2013. Alternativas actuales para el manejo sustentable de los residuos de la industria del café en México. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 5, 10.
- [4] Capera Garzón, M. Tesis (2018). Diagnóstico del Impacto Ambiental de los Residuos Sólidos (pulpa y mucilago), del café Generados por unidades productivas no certificadas en BPA en las Veredas Tabacal y Betania del Municipio De Pitalito Departamento del Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá.
- [5] Vanegas F., 2016. Manejo de Subproductos del café en el beneficio húmedo. *Coffe Media*. <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2016/07/30/manejo-de-subproductos-del-cafe-en-el-beneficio-humedo/>

- [6] Rathinavelu R., Graziosi G., 2005. Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. ICS-UNIDO, Science Park, Padriciano, Trieste, Italia; Departamento de Biología de la Universidad de Trieste (Italia).
- [7] Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., y Teixeira, J. A. 2011b. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food Bioprocess Technology*, 4, 661–672.
- [8] López Fontal, E. M., 2007. Extracción de aceite de café. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 27, 1, 25-31.
- [9] Dufour, J., 2008. Residuos del café como fuente para la obtención de biodiesel | Energía y Sostenibilidad. <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2008/12/18/109640>
- [10] Olutoye, M., & Hameed, B., 2013. Production of biodiesel fuel by transesterification of different vegetable oils with methanol using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> modified MgZnO catalyst. *Bioresource Technology*, 132, 103-108.
- [11] Llanes Cedeño, E. A., Rocha Hoyos, J., Medrano Barboza, J., & Salazar Alvear, P., 2017. Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *INNOVA Research Journal* 2017, Vol. 2, No. 7., 59-76.
- [12] Suárez Agudelo, J.M. Tesis (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones. Universidad De Antioquia, Colombia.
- [13] Sánchez, R. J., Fernández, M. B., & Nolasco, S. M., 2015. Aceite de canola: estudio exploratorio de extracción con etanol. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aries – CONICET.
- [14] Ramírez Ovalle L. M., 200. Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado. (Tesis) Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [15] Valenzuela T. L S., Martínez K. G., Serna J. J. A. y Hernández M. C., 2018. Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. *Información Tecnológica* – 30, 2.
- [16] López F., E.M.; Castaño C., J.J., 1999. Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino. *Cenicafé* 50,1,66-77.
- [17] Calle C.D.A., Mendoza S.J.C., 2017. Extracción de Taninos de la borra de café mediante lixiviación Soxhlet.(Tesis).Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería química.
- [18] Sánchez Paz, I. M., & Figueroa Barrera, M. D., abril de 2013. "Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas

y cultivadas en Guatemala: Crescentia cujete (Morro), Mammea americana (Mamey), Pachira aquatica (Zapotón) Cucumis Melo (Melón) y Acrocomia mexicana (Coyolío)". (Tesis) Universidad de San Carlos de Guatemala.

- [19] Medina M. G. B. Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquia departamento de farmacia Bromatología.