

Caracterización química de subproductos obtenidos del beneficiado del café

Heidel Moronta¹, Ámbar Espailat¹, Amadeo Escarramán² y Sandra Lagunes³

Abstract

Mucilage and wastewater honeys are byproducts generated from the process of transformation of the coffee fruit. These are highly polluting for the environment. However, its rich sugar composition would allow the use of these residues as a source to obtain bioethanol. The objective of this study is to characterize chemically the fresh mucilage and the honey wastewater, to compare its potential in the production of ethanol and to diminish its potential of contamination. Samples of mucilage and water were collected at the Samir coffee farm, S.R.L located in Mahoma, Rancho Arriba, San José de Ocoa province. The following variables were measured and analyzed in each sample: pH, soluble solids, density, titratable acidity, sugars (total, reducing and non-reducing), pectins and acetic acid. According to the results, it was found a higher density and pH in the mucilage and higher concentration of non-fermentable sugars in the coffee water, however, both showed low content of calcium pectate. It was determined that the mucilage of coffee presents the best conditions for obtaining bioethanol..

Keywords: mucilage, wastewater honeys, chemical characterization, waste management, coffee processing.

Resumen

El mucílago y las aguas mieles son subproductos que resultan del proceso de transformación del fruto de café. Estos son altamente contaminantes para el ambiente. Sin embargo, su composición rica en azúcares permitiría un uso de estos residuos como fuente de bioetanol. El objetivo de este estudio es caracterizar químicamente el mucílago fresco y las aguas mieles, comparar su potencial en la producción de etanol y disminuir su potencial de contaminación. Se colectaron muestras de mucílago y aguas mieles en la finca de café Samir, S.R.L ubicada en Mahoma, Rancho Arriba, provincia San José de Ocoa. Se analizaron las siguientes variables en cada muestra: pH, sólidos solubles, densidad, acidez titulable, azúcares (totales, reductores y no reductores), pectinas y ácido acético. De acuerdo a los resultados, se encontró una mayor densidad y pH en el mucílago y mayor concentración de azúcares no fermentables en las aguas mieles del café, sin embargo, ambos mostraron bajo contenido de pectato de calcio. Se determinó que el mucílago del café presenta las mejores condiciones para la obtención de bioetanol.

Palabras clave: mucílago, aguas mieles, caracterización química, manejo de residuos, beneficio de café.

INTRODUCCIÓN

La planta del cafeto es un arbusto que produce los granos de café. El café es un fruto económicamente importante a nivel mundial, consumido como una bebida energética. A partir de la cosecha de los frutos, el proceso productivo, también conocido como beneficiado, conlleva diferentes fases en las que se transforma el café cereza en café pergamino mediante la eliminación de las capas que envuelven el fruto. En este proceso se producen diversos subproductos que pueden ser contaminantes, como la pulpa, el mucílago, la cáscara, la broza y las aguas mieles, Rodríguez y Zambrano (2010).

Hay dos variantes del método para procesamiento del café por vía húmeda, estos son: el beneficio húmedo tradicional y el beneficio ecológico. La diferencia entre ambos radica en que el método tradicional remueve el

mucílago del café por medio de la fermentación natural de los granos, mientras que en el beneficio ecológico se hace de forma mecánica, lo que permite utilizar menos agua y disminuir los niveles de contaminación, causados por los remanentes del beneficiado.

El mucílago y las aguas mieles constituyen la mayor parte de la contaminación generada en el beneficiado de café. La disposición inadecuada de estos puede modificar la acidez, color, turbidez, temperatura, olor y composición química del agua, suelo y subsuelo; causando desequilibrio en el ecosistema acuático, degradación de los suelos y afecciones a la salud humana, Alfaro y Rodríguez (1994), Anacafe (2004), Balseca y Cabrera (2011), Cervantes *et al.* (2014), Savigne y Romanovski (2009). Además, el mucílago y las aguas de mieles in-

¹ Estudiantes. Trabajo de grado para optar por la licenciatura en Ecología y Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (Pucmm). Teléfono: 829-965-9412 y 829-837-2557. Correos electrónicos: heidel12@hotmail.com y ambarcristal001@hotmail.com.

² Investigador en café del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Teléfono: 809-710-5724. Correos electrónicos petty28@hotmail.com

⁴ PhD en Ciencias de alimentos. Teléfono: 809-964-9021. salaga042009@gmail.com

crementan la demanda química de oxígeno (DQO), que puede ser de 120,000 a 300,000 mg/L en el beneficio tradicional, Alfaro y Rodríguez (1994) y Vásquez (1999) y cerca de 1,000 mg/L en el beneficio húmedo ecológico, Grullón (2008). Estos valores superan el nivel sugerido en la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas, un máximo de 250 mg/L para DQO, Semarena (2003).

En la República Dominicana se han reportado casos de contaminación por el manejo inadecuado de mucílago y las aguas mieles como subproductos del café, como son: el del río Gurabo en Juncalito, provincia Santiago y el río Cimacual en Hondo Valle, provincia Elías Piña. Esto indica que es necesaria la búsqueda de usos alternativo de los residuos de la industria cafetalera, Periódico Hoy (2006).

El alto contenido de azúcares hace que las aguas mieles y el mucílago de café sean una fuente potencial para la producción de bioetanol. Estudios realizados en Colombia revelan valores promedios de 57.90 a 58.37 ml de bioetanol obtenido a partir de 1 kg de mucílago, Rodríguez y Zambrano (2010). En las aguas mieles, en Honduras se obtuvieron valores de 69.30 ml/L, mediante un proceso de destilación fraccionada en tres etapas, Paredes (2012). Ambos subproductos pueden utilizarse como fuente de obtención de etanol, efectuando variaciones de las técnicas de obtención del mismo, dependiendo del fin de su uso.

La caracterización química del mucílago y las aguas mieles permite estimar su potencial en la producción de etanol. La producción de etanol podría ser una opción para utilizar los residuos del beneficiado de café y disminuir las consecuencias de la contaminación generada por este proceso en el país y promover un manejo sostenible de estos en las fincas cafetaleras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se realizó en la finca Samir, S.R.L, localizada en Mahoma, Rancho Arriba, provincia de San José de Ocoa. Altura entre 850 a 1,000 msnm.

Entre las variedades de cafeto cultivadas se encuentran: 'Caturra', 'Catuai', Catimores y Sarchimores. En el procesamiento café cereza utilizan beneficio húmedo ecológico.

Variables a medir

a) pH, sólidos solubles (°brix), y densidad (g/cm³) y b) la acidez titulable (%), el porcentaje de azúcares (totales, reductores y no reductores), pectato de calcio (%) y ácido acético (ppm).

Metodología

se realizaron 4 recolecciones de café entre los meses de febrero y marzo, con un espacio de 15 días entre cada una. En cada recolección se tomó una muestra de mucílago fresco de *Coffea arabica* L. y una muestra de aguas mieles, para un total de 8 muestras (4 de mucílago fresco y 4 de aguas mieles). El mucílago se obtuvo directamente de la máquina desmucilagadora, marca Pinhalense, mientras que las aguas mieles se obtuvieron a partir de la fermentación natural de los granos de café despulpados, despulpadora Pinhalense, por aproximadamente 20 a 24 horas.

Las muestras se refrigeraron a una temperatura de 10 °C, inmediatamente fueron recolectadas, hasta llegar al lugar de almacenamiento para evitar cambios en sus propiedades. Se midieron los niveles de pH, sólidos solubles (°Brix) y densidad (g/cm³), a todas las muestras, luego fueron congeladas. El pH se obtuvo según el método 981.12 AOAC (2005) con un pH-metro; los sólidos solubles se midieron bajo el método 931.12 AOAC (2005) con un refractómetro portátil; y la densidad se determinó con un densímetro de inmersión para líquidos más o menos pesados.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Dirección General de Aduanas para determinar las demás variables: acidez titulable (%), el porcentaje de azúcares (totales, reductores y no reductores), pectato de calcio (%) y ácido acético (ppm). La acidez titulable se determinó según el procedimiento 931.12 AOAC (2005) y los azúcares por medio del método de Lane-Eynon, 923.09 AOAC (2005). El porcentaje de pectato de calcio se obtuvo a través del filtrado y desecado de las muestras. Por último, la cuantificación del ácido acético se realizó con la técnica de cromatografía de gases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH

Después de la fermentación aumenta la acidez, por lo que en el mucílago el pH promedio fue de 5.28 y para el agua miel 4.29.

Sólidos solubles

En la fermentación se forman alcoholes y ácidos, lo que disminuye la concentración de azúcar y densidad de la solución. Los grados Brix para las muestras de aguas mieles deberían ser menores. Sin embargo, los valores fueron mayores para el mucílago en las muestras 2 y 4, con valores de 5.2 y 6.6 °Brix, respectivamente, y para las aguas mieles en las muestras 1 y 3 con 8.0 y 7.2 °Brix, Figura 1. Esto se atribuye a que la cantidad de agua que se utilizó en el proceso de obtención de las muestras no fue controlada.

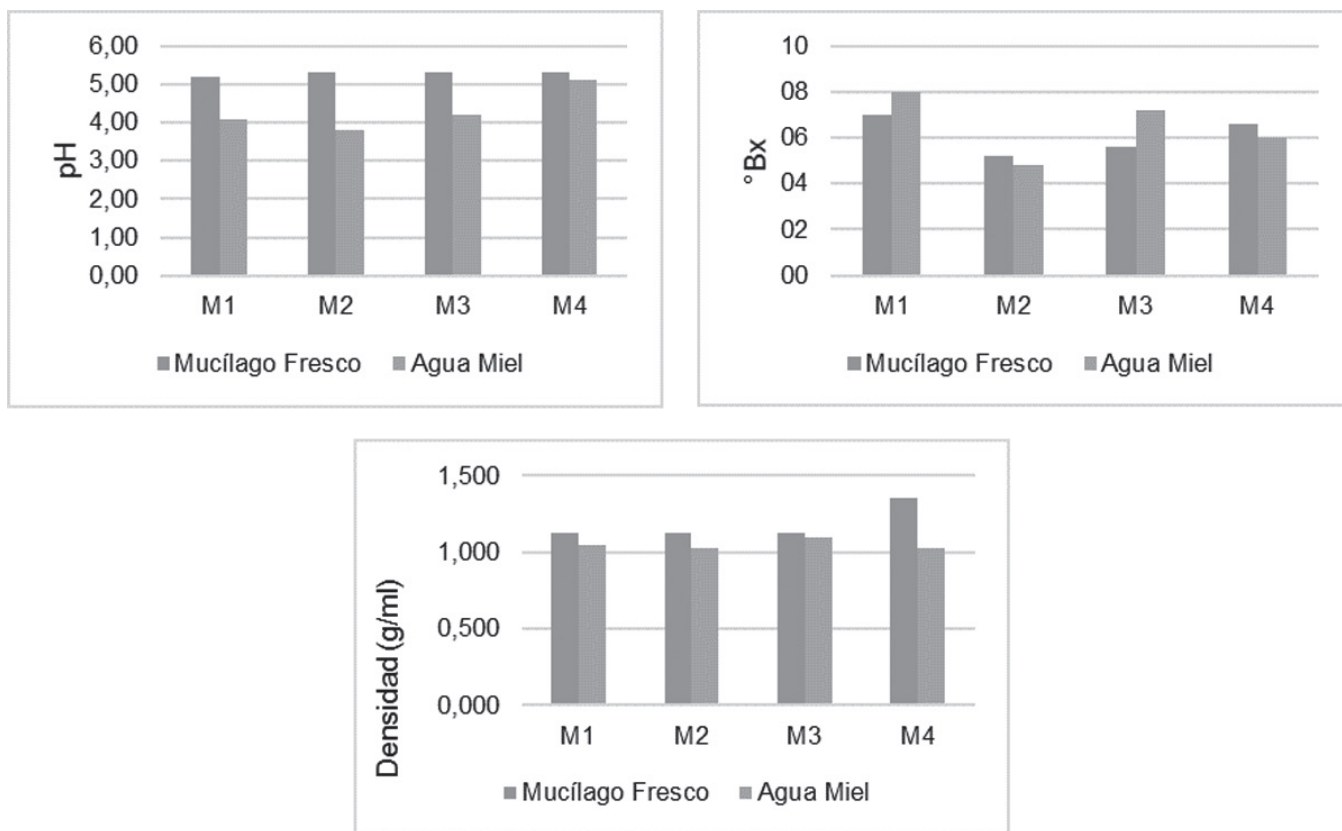


Figura 1. pH, °Brix y densidad de las muestras de mucilago y agua miel.

Densidad

La densidad promedio de las muestras de mucilago fue de 1.181 g/ml, mayor que la de las aguas mieles (1.050 g/ml), debido a que estas atravesaron por el proceso de fermentación.

Acidez titulable

En promedio, el valor de la acidez titulable en las muestras de aguas mieles es mayor (3.256 %) que el correspondiente al mucilago (1.333 %). Esto se debe a que luego del proceso de fermentación natural la presencia de ácidos orgánicos en la sustancia aumenta.

Azúcares totales

Los azúcares totales constituyen del 6.2 % al 7.4 % del peso húmedo del mucilago fresco de café maduro, Puerta (2012). Rodríguez y Ríos (1999) indican que el porcentaje de azúcares totales corresponde a 6.43 % b.h. En el caso del mucilago, el promedio de azúcares totales fue de 1.863 % y 2.431 % para las aguas mieles analizadas. Estas diferencias pueden deberse al tiempo de congelación de las muestras, así como la cantidad de agua utilizada en el tratamiento de obtención de estas.

Azúcares reductores o fermentables

La presencia de los azúcares reductores propicia el desarrollo de microorganismos encargados de la fermentación. El porcentaje de azúcares reductores promedio es similar para ambos grupos de muestras: 1.470 % en las aguas mieles y 1.423 % en el mucilago fresco. En las muestras 1 y 2, tanto para mucilago como para agua miel se obtuvieron los mismos valores 1.38 % y 1.10 %, Figura 2.

Los azúcares reductores constituyen del 4 al 4.6 % del peso del mucilago fresco, Puerta (2012). Aunque los valores de referencia mencionados son diferentes a los obtenidos en esta investigación, se debe considerar, el tiempo de conservación de las muestras y la cantidad de agua, que no pudo ser controlada en el proceso de obtención, podría haber diluido la concentración de azúcares.

Azúcares no reductores

En promedio, el nivel de esta variable fue superior en las aguas mieles (0.856 %) que en el mucilago (0.441 %). Las muestras con menores valores fueron la No. 1 y 4 de mucilago con 0.1160 % y 0.4980 % y las de mayor concentración de azúcares no reductores fueron las muestras 1 y 2 de agua miel con 0.7152 % y 2.4779 %,

respectivamente. Estos azúcares tardan más tiempo en descomponerse durante la fermentación. Se hidrolizan, posteriormente a la descomposición de los azúcares reductores, para dividirse en azúcares más simples, y reductores y luego fermentarse. Esto explicaría los valores elevados para las muestras 1 y 2 de agua miel, Figura 2.

Pectinas

Las sustancias pécticas (protopectinas, ácidos pécticos, pectatos, pectinatos y pectinas) constituyen del 0.6 al 2.0 % del peso del mucílago fresco de café, Puerta (2012). Los resultados de esta investigación se expresan en pectato de calcio, siendo este uno del total de compuestos pécticos. El porcentaje promedio de pectato de calcio fue similar en el mucílago (0.4%) y para el agua miel (0.39 %), Figura 2.

Ácido acético

El porcentaje de ácido acético de ambos grupos de muestras fue ligeramente mayor para el mucílago en comparación con las aguas mieles, 1338 ppm y 1262 ppm, respectivamente, Figura 2. Esta variación puede indicar sobre fermentación, posiblemente causada por el tiempo transcurrido entre la recolección de las muestras hasta las pruebas de laboratorio.

CONCLUSIONES

El mucílago de café fresco fue de pH de 5.3 y una densidad aproximada de 1.125 g/ml. Mientras que el agua miel tiene un pH más ácido, con un promedio de 4.29, y una densidad más baja de 1.050 g/ml. Estas variaciones de pH y densidad de las aguas mieles se debe al proceso de fermentación natural.

El mucílago fresco tiene en promedio 6.10 °Bx y las aguas mieles 6.5 °Bx, lo que puede deberse a la formación de sustancias menos densas en el proceso de fermentación.

La acidez titulable del mucílago (1.333 %) es menor que la correspondiente a las aguas mieles (3.256 %). Esto debido a las sustancias ácidas generadas durante la fermentación natural de las aguas mieles.

La concentración de azúcares totales fue mayor en el agua miel (2.431 %) que en el mucílago (1.863 %). Igualmente, la concentración de azúcares no reductores es mayor para las aguas mieles.

Los valores elevados de acidez titulable, y la baja densidad de las aguas mieles indican que en el proceso de fermentación fueron consumidos gran parte de los azúcares reductores.

La uniformidad de los valores del porcentaje de pectato de calcio en las muestras de mucílago y aguas mieles se atribuye al grado de fermentación de las muestras. También, hay que considerar que el pectato de calcio no representa el total de las sustancias pécticas contenidas en las muestras.

Los niveles de ácido acético fueron elevados tanto para el mucílago como para las aguas mieles. Su presencia indica que se consumió alcohol al reaccionar este con otros compuestos, lo que influenciaría la cantidad de etanol que se pueda obtener.

RECOMENDACIONES

- Recolectar muestras en tiempos diferentes dentro del período de cosecha. Al tomar en cuenta la época de recolección de los granos de café, si se procura que se realice en los tiempos intermedios de cosecha, donde el nivel de maduración del fruto es el óptimo, su concentración de azúcares es mayor.
- Llevar a cabo los análisis planteados en esta investigación inmediatamente realizada la recolección de las muestras para evitar cambios en las sustancias, producidos por la congelación prolongada de las mismas y el tiempo antes del análisis.
- Realizar la medición de los grados Brix con un equipo más especializado para evitar la consecución de errores en los valores obtenidos.
- Analizar otros componentes pécticos, además del pectato de calcio, como: el ácido galacturónico y las protopectinas, para tener una proporción real de la cantidad de pectinas o sustancias pécticas presentes en el mucílago y las aguas mieles.
- Realizar pruebas de composición química para el mucílago y las aguas mieles tomando en cuenta un mayor número de parámetros y poder realizar una descripción química de estos de forma más profunda.
- Desarrollar futuros estudios en este campo para impulsar las investigaciones en torno al manejo de los demás residuos del proceso de producción de la industria cafetalera.

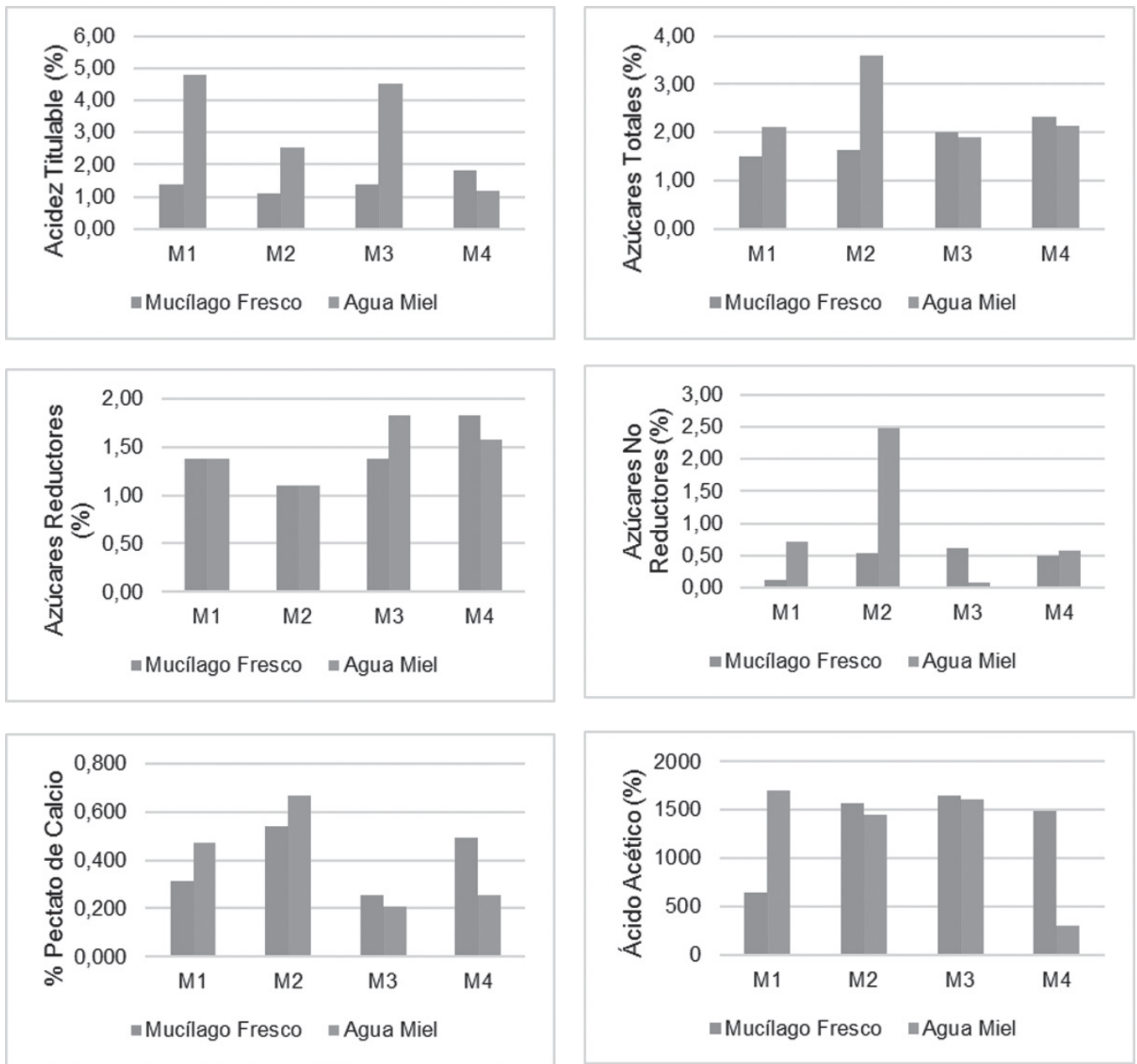


Figura 2. Acidez Titulable, Azúcares Totales (Reductores y No Reductores), Pectato de Calcio y Ácido Acético de las muestras de mucilago y agua miel.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, M.; Rodríguez, J. 1994. Impacto ambiental del procesamiento de café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18 (2): 217-225.
- Anacafé (Asociación Nacional del Café, GT). 2004. Los subproductos del café. (En línea). Revisado el 15 de febrero del 2016. Disponible en: www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos
- AOAC (Association of Analytical Communities, US). 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. Maryland, US. Revisado el 15 de marzo de 2016. Disponible en: http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/aoac/publications/official_methods_of_analysis/aoac_member_pubs/oma/aoac_official_methods_of_analysis.aspx?hkey=5142c478-ab50-4856-8939-a7a491756f48
- Arias, M.; Henao, L.; Castrillón, Y. 2009. Producción de ácido láctico por fermentación de mucílago de café con *Lactobacillus bulgaricus* NRRL-B548. *Dyna* 76 (158):147-153. (En línea). Revisado el 15 de marzo de 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a14v76n158.pdf>
- Balseca, D.; Cabrera, J. 2011. Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Zamorano, HN. (En línea). Revisado el 15 de marzo del 2016. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/454/1/IAD-2011-T004.pdf>
- Cervantes, R.; Castro, I.; Cabrera, J.; Fernández, D.; Fernández, D. 2014. Efecto de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Mayebeque, CU. *Rev Cie Téc Agr* 24 (2). (En línea). Revisado el 15 de abril del 2016. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n2/rcta06215.pdf>
- Grullón, R.; Durán, M.; Quezada, F. 2008. Establecimiento de una metodología de monitoreo y seguimiento a los sistemas de saneamiento ambiental del beneficiado de café en el municipio de Jarabacoa. Tesis de Grado, Universidad Agroforestal Fernando Arturo de Meriño (UAFAM). Escuela de Agronomía, Jarabacoa, DO.
- Paredes, J. 2012. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles de café. Universidad Tecnológica Centroamericana (Unitec), San Pedro Sula, HN. (En línea). Revisado el 15 de febrero de 2016. Disponible en: <https://www.google.com.do/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj-nev5mp3WAhXKKiYKHTh0DX0QFggkMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unitec.edu%2Finnovare%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-attachments%2Fincludes%2Fdownload.php%3Fid%3D731&usg=AFQjCN GehfJgUZ9WcCbImqtq1nIjmq6g>
- Puerta, G. 2012. Factores, procesos y controles en la fermentación de café. Centro de Investigaciones del Café (Cenicafé). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Programa de Investigación Científica, Fondo Nacional del Café, Manizales, CO. (En línea). Revisado el 15 de mayo de 2016. Disponible en: https://www.google.com.do/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj7L3Mm53WAhVC5SYKHwD_DgoQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.cenicafe.org%2Fbitstream%2F10778%2F327%2F1%2Favt0422.pdf&usg=AFQjCNEtcMvyFQiQFJVpxGO6bNvO9X-HEW
- Puerta, G.; Ríos, S. 2011. Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. *Cenicafé* 62 (2):23-40.
- Rodríguez, N.; Ríos, R. 1999. Caracterización del mucílago de Café utilizado como materia prima para la producción de pectinas p.v. Informe Anual de Actividades de Investigación: Disciplina Química Industrial, Centro de Investigaciones del Café (Cenicafé), Chinchiná, CO.
- Rodríguez, N.; Zambrano, D. 2010. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Cenicafé), Programa de Investigación Científica, Fondo Nacional del Café, Chinchiná, CO. Revisado el 15 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.jotagallo.com/agricola/assets/cenicafe-avance-tecnico-393-subproductos-del-cafe.pdf>
- Semarena (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DO). 2003. Norma ambiental de sobre calidad del agua y control de descargas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Santo Domingo, DO.
- Savigne, D.; Romanovski, O. 2009. Impacto de los residuales del beneficio húmedo del café en la provincia de Guantánamo. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Guantánamo, CU. Revisado el 15 de abril de 2016. Disponible en: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/01/cubtar016.pdf>
- Vásquez, R. 1999. El beneficiado ecológico del café. En *Desafíos de la Caficultura en Centroamérica* (págs. 171-191). Editorial Agroamérica. San José, CR. Revisado el 30 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B3981e/B3981e.pdf>