

APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE CAFÉ, UNA ALTERNATIVA PARA ENRIQUECER ALIMENTOS A PARTIR DE RESIDUOS

COFFEE BAGASSE, A NEW ALTERNATIVE TO ENRICH FOODSTUFFS FROM WASTE

Brenda Montserrat González-Vázquez*
Minerva Rosas-Morales*
Dalia Castillo Hernández**
Ada María Ríos-Cortés**

1 Centro de investigación en Biotecnología Aplicada
Instituto Politécnico Nacional Ex-Hacienda San Juan Molino
Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5 Tlaxcala, México
C.P. 90700

bgonzalezv2102@alumno.ipn.mx

Abstract

Coffee is one of the most popular beverages consumed worldwide. In addition to its rich flavor and its high caffeine content, it presents properties that confer it the name of “functional food”, thanks to the benefits that it provides directly to the health of consumers. Among the benefits are a series of bioactive compounds such as phenolic compounds, chlorogenic acid, caffeic acid and some important alkaloids such as trigonelline and caffeine, whose main objective is to avoid oxidative damage to the cells in the organism. For this and many other reasons, coffee is of great importance in the world. In Mexico it is estimated that approximately 84% of the population consumes soluble coffee, while 20.8% of the population consumes roasted and ground coffee also known as “gourmet coffee” or “café de cafetera”. In Mexico it is estimated that the per capita consumption is 1.7 kg. The coffee elaboration process generates an important amount of bagasse or coffee grounds which is considered waste material; this contains important compounds that can be used by the food or cosmetic industry, for which reason alternatives are being sought to take advantage of them. The main purpose of this article is to present the strategies that can be implemented for the recovery of phenolic compounds from coffee bagasse, using this residue for its maximum utilization in the food, pharmaceutical, cosmetic, etc. industries, on the other hand, this will have a high impact on the environment, minimizing environmental contamination.

Keywords: Coffee bagasse, functional food, antioxidants, phenolic compounds.

Resumen

El café es una de las bebidas más populares consumidas a nivel mundial. Además de su rico sabor y su alto contenido de cafeína, presenta propiedades que le confieren el nombre de “alimento funcional”, gracias a los beneficios que le proporciona directamente a la salud de los consumidores. Dentro de los beneficios destacan una serie de compuestos bioactivos como por ejemplo; compuestos fenólicos, ácido clorogénico, ácido cafeico y algunos alcaloides importantes tales como trigonelina y cafeína, los cuales tienen como objetivo principal evitar el daño oxidativo de las células en el organismo. Por esta y muchas razones más, el café tiene gran importancia en el mundo. En la república mexicana se estima que un aproximado del 84% de la población consume café soluble, mientras que el 20.8% de la población consume café tostado y molido también denominado “café gourmet” o “café de cafetera”. En México se estima que el consumo per cápita es de 1.7 kg, el proceso de elaboración de café genera una cantidad importante de bagazo o borra del café el cual es considerado materia de desecho, este contiene compuestos importantes que pueden ser aprovechados por la industria alimentaria o cosmética, por lo cual se buscan alternativas para aprovecharlos. El propósito principal de este artículo es dar a conocer las estrategias que se pueden implementar para la recuperación de compuestos fenólicos del bagazo de café, utilizando este residuo para su máximo aprovechamiento, en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética etc., por otra parte, esto tendrá alto impacto en el medio ambiente minimizando la contaminación ambiental.

Palabras clave: Bagazo de café, alimento funcional, antioxidantes, compuestos fenólicos.

INTRODUCCIÓN

El café es una de las infusiones más populares consumidas a nivel mundial. Este producto es obtenido a partir de los frutos de café también denominados “cereza de café”, los cuales previamente pasarán por un proceso de tostado y molido. Existen diversos factores ambientales, como el clima, la zona geográfica, la ubicación, entre otros, que determinan la calidad en taza, contribuyendo atributos sensoriales en cuanto a sabor, textura, firmeza, aroma y color, México produce al año aproximadamente 944.413 toneladas, estimando una cantidad exorbitante a nivel mundial. Existen dos especies principales para la producción de café, *Coffea arabica* (69-74%) y *Coffea robusta* (23-30%) estas últimas utilizadas para los cafés solubles (Alves, R. C., et al. 2017). Si bien el café es consumido como bebida y a generado un alto impacto a nivel industrial y económico por las grandes cantidades que se producen al año, se presentan problemáticas ambientales dentro de las que destacan el deficiente tratamiento de aguas por la generación excesiva de residuos de este producto tales como lo son la cáscara, pulpa, piel y bagazo (Nitthikan, N., et al. 2018).

El bagazo es uno de los subproductos de café que a tenido alto impacto a nivel ambiental derivado de la generación por la preparación de bebidas de café, la cual se estima que representa aproximadamente el 45%, siendo este, un resultado significativo que afecta principalmente a la comunidad (Chacón-Figueroa, et al. 2022). A pesar de que representa el 10% en peso seco del grano de café, el bagazo representa una amenaza si existe esta generación excesiva por las industrias de café, cafeterías, y consumo de la bebida preparada en cafetera desde casa (Torres-Valenzuela, L. S., et al. 2020). Aunque existen alternativas para su uso como biofertilizante, biocombustible, o inclusive como mascarillas en la industria cosmética y alimento para ganado, existe una nueva estrategia que se puede implementar para poder utilizar los componentes del café que se quedan resguardados en este residuo, ya que es rico en proteínas, lignina, polisacáridos, minerales como el potasio, que es el más abundante, grasas como el ácido palmítico y linoleico, vitamina E, fibra dietética, y compuestos formados por las reacciones de Maillard como las melanoidinas (Rochín-Medina, J. J., et al. 2018). Existen compuestos a nivel bioquí-

mico que se encargan de evitar el daño celular oxidativo, mejorando la calidad de vida del consumidor, estos compuestos son denominados “antioxidantes” y por ende, tiene efectos benéficos en el organismo de aquellos que lo consumen en su dieta diaria. El ácido cafeico y clorogénico son los compuestos fenólicos más importantes del bagazo del grano de café, ya que desempeñan la función anteriormente mencionada, aunque también destaca por la mejora de los atributos sensoriales de la bebida (Solomakou, N., et al. 2022).

CULTIVO DE CAFÉ

La cultura de la siembra y cosecha de café, también denominada “cafecultura” es una actividad de gran importancia para la población indígena y campesina que reside en las áreas montañosas del centro y sureste de México (principales zonas de cultivo de café), debido a que la producción y venta de este grano ha permitido obtener una gran cantidad de ingresos económicos los cuales sirven de apoyo para la comunidad cafetalera (Fonseca-S. A. 2006). En México, el cultivo de café representa una alternativa viable para mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores cafetaleros (ver Figura 1). La producción óptima y calidad en taza del café está directamente relacionada con la calidad de su desarrollo en todas las etapas de su crecimiento. El café por ser un cultivo perenne su ciclo de vida en condiciones comerciales puede superar los 20-25 años; dependiendo del sistema de cultivo (Barva-H. et al. 2011). Bajo las diferentes condiciones climáticas en que se desarrolla el cultivo de café, se presentan problemáticas en la producción y comercialización las cuales son afectadas por factores como: baja rentabilidad, falta de estímulos para la producción del café, precios bajos que ponen en riesgo la venta de café, y las diversas plagas y enfermedades que afectan directamente a los cafetos y al producto final (Morales-Antonio, M. et al. 2019). Además, los predios están en zonas de difícil acceso, lo que dificulta la atención adecuada de la zona de cultivo (Figueroa-Hernández, E. et al. 2015).



Figura 1. Cafetos (Coffea arabica). Cultivos de la zona nororiental del estado de Puebla (Municipio de Huitzilán de Serdán Pue). Imagen capturada por el autor Brenda Montserrat González Vázquez en 2022.

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE CAFÉ PARA LA GENERACIÓN DE BAGAZO

Cuando hablamos del procesamiento de café, nos referimos a la serie de pasos que se deben seguir para poder producir esta materia prima consumida a nivel mundial. La mayoría de ellos se encuentran desarrollados en el proceso de “beneficiado”, el cual lleva a cabo procesos de fermentación, lavado, selección, torrefacción y molienda de los granos de café con el fin de obtener calidad con alto contenido nutrimental en taza (ver Figura 2). Una vez generado el café en forma de grano tostado o grano molido, se procede a su distribución y comercialización en centros comerciales, tiendas locales e inclusive cafeterías, las cuales ya están destinadas para comercializar este producto y ser consumido directamente por el cliente. El último de los pasos que se lleva a cabo en el proceso de producción es la extracción o lixiviado, o bien, generación de la bebida de café. Es por ello que existen diferentes métodos de extracción de café, los cuales han tenido un alto impacto en la sociedad derivado del arte que conlleva el poder elaborar la infusión de esta bebida. A este tipo de extracción comúnmente se le denomina en química “extracción sólido-líquido”, en donde los parámetros involucrados en el proceso tendrán un efecto significativo cuando se realiza el análisis en la cinética de extracción de los diferentes compuestos que están presentes en el café tostado. La torrefacción es un punto clave en el desarrollo de los diferentes compuestos que

se encuentran presentes en el café, ya que existen reacciones bioquímicas las cuales producen infinidad de compuestos fenólicos, volátiles y aquellos que mejoran las cualidades sensoriales y organolépticas del café. Los métodos de preparación del café son diferentes de acuerdo al entorno social, cultural y geográfico, pero sobre todo se toman en cuenta las preferencias personales del consumidor (Mestdagh. et al. 2017). En la mayoría de los casos se requiere del contacto directo con agua caliente con los sólidos del café previamente tostado y molido, para poder realizar la infusión por el arrastre y la conservación de compuestos con esta temperatura (Moroney. et al. 2015). En general, el proceso de extracción de café se divide principalmente en dos temperaturas (altas y bajas) y esto depende del entorno en el que se encuentre y los requerimientos que se establecen (Muzykiewicz-Szymańska. et al. 2021). Los métodos de preparación de café caliente más populares incluyen la técnica turca, el expreso, los filtros (V6o, aeropress, prensa francesa entre otros).

Los métodos simples de maceración (Caprioli. et al. 2014). El expreso es una de las bebidas favoritas consumidas a nivel internacional. Durante el proceso de preparación, el café molido se presuriza brevemente con agua caliente usando una percoladora para producir una pequeña dosis de expreso (Stanek, N. et al. 2021). Existen diversas formas de utilizar los filtros de café, la más conocida es la V6o. En el método V6o, el café molido se prepara con agua entre 96 y 98°C en una unidad de preparación cónica. Esta cafetera consta de tres partes: el gotero de tapa cónica, el papel de filtro y el recipiente de vidrio. En este proceso, se vierte el agua en el V6o para crear un pequeño agujero en medio del café molido, esto con el fin de humedecerlo un poco y que comience la infusión (De-Figueiredo-Tavares. et al. 2020). Las técnicas de preparación del café que no utilizan altas temperaturas durante la extracción incluyen el goteo en frío, el macerado o el prensado francés en frío, también denominado “Cold Brew” (ver Figura 3) .



Figura 2. Proceso de beneficiado húmedo de café. La figura ilustra el proceso de producción de café denominado “beneficiado húmedo” en el cual se lleva a cabo fermentación, lavado, selección, torrefacción y molienda de los granos de café. Imagen capturada por el alumno Erick Xavier Escobar Hernández.



Figura 3. Métodos de extracción de café. A continuación se observan los métodos más populares para obtener la bebida de café dentro de los cuales se encuentran goteo, chemex, oroley, aeropress, V60 y espresso, etc. <https://disfrutacafe.wixsite.com/disfrutacafe/post/m%C3%A9todos-de-preparaci%C3%B3n-de-caf%C3%A9-tienes-que-conocerlos>

BAGAZO DE CAFÉ

El bagazo de café es un desecho orgánico constituido por el grano molido, tostado y procesado para la extracción de café, el cual, si no se trata durante un tiempo prolongado, expulsa olores desagradables los cuales son producidos a partir de la gran cantidad de compuestos en descomposición que sufren cambios generando compuestos aromáticos indeseables, transformándose en un medio óptimo para la proliferación de microorganismos y plagas (Hidalgo Segovia, C. S., & Rivera Garcés, S. G. 2018).

Este residuo se obtiene a partir del procesamiento del café, siendo ésta, una fuente importante de metabolitos como polisacáridos y

compuestos fenólicos, con propiedades funcionales derivadas de su actividad antioxidante y antimicrobiana (Larez, F.L.G., et al. 2021). El “bagazo o borra de café” es el subproducto que abarca alrededor del 30% de la producción mundial procesada para café soluble (ver Figura 4) (Campos-Vega, R. et al. 2015). Este residuo tiene un tamaño de partícula fina, contenido de humedad (entre el 80 y el 85%) y contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos con un alto valor nutrimental pudiendo utilizarse como un producto con valor agregado. Gracias a las propiedades mencionadas anteriormente, estos residuos sólidos de café abren una amplia variedad de aplicaciones para su reutilización en diferentes procesos biotecnológicos como, por ejemplo; su uso como aditivo para evitar el deterioro de los alimentos (Equivel-P. et al. 2012). Todas estas características hacen de este material de desecho del café, una materia prima idónea para su revalorización en diferentes ambientes industriales. Cuando se realiza la extracción del café el bagazo presenta una apariencia de color café oscuro, humedad del 80% y muestra un cambio de coloración a café claro cuando disminuye la humedad hasta un 5% o 10%. De acuerdo con lo citado por Marcelo. et al., en 2017, los residuos del café se consideran ricos en compuestos tales como la cafeína, taninos y polifenoles. Actualmente, se generan grandes cantidades de residuos que deben tratarse adecuadamente para minimizar su impacto negativo, ya que contaminan suelos y aguas de riego, convirtiéndose en un peligro para la sociedad. Una gestión adecuada de los residuos ayudará a reducir no solo el impacto ambiental, sino también el económico. Hasta ahora, los mayores avances se han logrado en su utilización para fines industriales distintos de la industria alimentaria, como la producción de energía, la adsorción de compuestos tóxicos y la manufactura de productos industriales, obtención de etanol (Sagredo-Acitores, M. et al. 2020).



Figura 4. Bagazo de café. La figura nos muestra el residuo generado a partir de la obtención de la bebida de café, es decir el bagazo. https://www.bioguia.com/ambiente/10-usos-creativos-para-los-restos-del-cafe_29281871.html.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BAGAZO DE CAFÉ

Al igual que el café, el bagazo es rico en compuestos antioxidantes tales como lo son el ácido clorogénico, ácido cafeico, elálgico, trigonelina, etc (Puertas-I. et al. 2013). Los compuestos bioactivos de estos subproductos pueden utilizarse en la producción de bebidas envasadas, productos de alto consumo como lácteos y jugos, productos de panadería actuando como antioxidantes y colorantes, así como en la industria farmacéutica, cosmética, agrónoma entre otras. Además, tienen aplicaciones en productos antienviejecimiento y antiarrugas como agentes protectores en diferentes cosméticos (Bondam-A. F. et al. 2022). El procesamiento y obtención de los subproductos del café ha captado la atención de investigadores y productores industriales de todo el mundo. Especialmente, el aumento de la producción anual de café ha dado lugar a un incremento asociado a la cantidad de residuos sólidos generados; es por ello que en la actualidad, se ha aumentado la búsqueda de la funcionalidad biológica y las aplicaciones tecnológicas de este material de desecho. Además, el potencial de reutilización de subproductos en las industrias alimentaria y farmacéutica ha llamado la atención debido al desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción y recuperación eficiente de este tipo de compuestos (De-Melo. M. et al. 2017). El potencial antioxidante y antimicrobiano de los extractos de este tipo subproductos del café sugiere su adición a matrices alimentarias, lo que podría aumentar su valor y vida de anaquel al tiempo

que se valorizan estos productos. Pues si bien, se amplían los mercados con ingredientes innovadores y ecológicos, se contribuye al desarrollo sostenible utilizando fuentes alternativas para obtener compuestos bioactivos con potencial valor de mercado para las diferentes industrias en las que se utilice (Sagredo-Acitores, M. et al. 2020). Por ejemplo, la adición de extractos ricos en compuestos antioxidantes podría permitir el desarrollo de formulaciones cosméticas, alimentarias y farmacéuticas producidas a partir de extractos de subproductos del café, las cuales reducen la carga microbiana de los alimentos, o inclusive de los productos que se coloquen en la dermis para prolongar la vida útil y aumentar el contenido de antioxidantes naturales, ofreciendo así opciones a los consumidores que buscan cada vez más alimentos y productos seguros con ingredientes bioactivos y alto potencial nutricional (Bondam-A. F. et al. 2022).

COMPUESTOS BIOACTIVOS DE BAGAZO DE CAFÉ

Algunos de los compuestos que destacan en el bagazo de café son el ácido cafeico y clorogénico, los cuales suscitan gran interés por sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria, aunque también tiene gran impacto en la industria cosmética (Costa, A. S., et al. 2014). La producción de alimentos y bebidas funcionales ha aumentado debido a sus beneficios para la salud de los consumidores, es por ello que los compuestos fenólicos generados durante el proceso de torrefacción del grano de café y la elaboración de la bebida juegan un rol importante en el organismo, ya que mejoran la salud de aquellos que la consumen (Herawati, D., et al 2019). Un ejemplo de ello se demuestra en la aplicación, uso y manejo de antioxidantes en alimentos funcionales que se han relacionado con la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y tumorales. Esta aplicación, ha tenido un impacto positivo en la salud humana y está asociado al contenido o la adición de compuestos bioactivos en los alimentos como alternativa emergente (Torres-Valenzuela, L. S., et al. 2020). Los compuestos fenólicos, como el ácido cafeico y clorogénico se encuentran entre los principales compuestos bioactivos utilizados en alimentos y bebidas funcionales, clasificándose como compuestos con actividad antioxidante.

Los compuestos fenólicos se biosintetizan a partir de las plantas para actuar como bioestimulantes durante el crecimiento vegetal, es por ello que se encuentran de forma nativa en las plantas de café (Arai, K., et al. 2015). Estos compuestos fenólicos tienen propiedades biológicas como antiinflamatorias, anticancerígenas, antialérgicas, antivirales y antioxidantes (Solomakou, N., et al. 2022). Como definición principal se puede mencionar que los compuestos con actividad antioxidante que inhiben, detienen o controlan la oxidación de un sustrato, permiten la interacción entre los radicales libres, neutralizando el daño celular oxidativo que pueden llegar a generar (Pearson, J. L., et al. 2014). Este compuesto antioxidante puede prevenir o retrasar significativamente la oxidación del sustrato, una característica a considerar como aditivo funcional en bebidas y mejorar las propiedades biológicas de los alimentos funcionales (Costa, A. S., et al. 2014).

APROVECHAMIENTO DE BAGAZO DE CAFÉ

Existen diversas estrategias que se han implementado en las diferentes áreas de la ciencia, las cuales tienen como objetivo principal, transformar los residuos del café (bagazo) aprovechando las propiedades benéficas que tienen los compuestos activos que se encuentran en él.

Aplicaciones del bagazo de café:

1. Aprovechamiento del Bagazo Industrial de café como biomasa para la sustitución parcial de combustible (Gracia Carvajal, T. D., Mateo Coello, G. F. (2016).
2. Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus* (Romero-Arenas, O., et al. 2013).
3. Obtención de jabón a partir de la extracción del aceite de bagazo de café (Pita Cañola, M. J., & Pincay Durán, A. I. 2012).
4. Propuesta de un manual de aprovechamiento y minimización de residuos orgánicos generados por el bagazo en Di CaféHervacio Alvarado, S. L., & Regalado Moreno, A. C. (2020).
5. Co-combustión de carbón con bagazo de café (Gutiérrez Quintero, S. 2018).

6. Eficiencia en el uso del bagazo de café para la elaboración de briquetas y su uso como biocombustible (Calle Macas, J. L., Rodríguez Feijoo, Y. 2022).

7. Efecto del disolvente de extracción sobre el contenido de metabolitos, actividad antioxidante y antibacteriana del bagazo de café (Larez, F.L.G., et al. 2021).

CONCLUSION

El conocimiento sobre las características fisicoquímicas que tienen los residuos de café (bagazo), abre una oportunidad importante para su aprovechamiento y diversificación como fuente principal de compuestos fenólicos recuperables y aplicables en la industria alimentaria y cosmética, por una parte en el enriquecimiento de alimentos a base de antioxidantes que evitan el daño celular oxidativo y mejoren la salud humana generando un amplio abanico de aplicaciones, aportando beneficios a la salud; por otra parte la generación de grandes cantidades de bagazo que pueda ser aprovechable, minimizará el impacto ecológico al ser depositados al medio, ya que representa una fuente de contaminación severa al lixiviar los compuestos en el suelo, acidificándolos y modificando por completo las condiciones de los hábitat.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional y Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada Unidad Tlaxcala, por proporcionar el acceso a la base de datos utilizada para la consulta bibliográfica y poder llevar a cabo la investigación enfocada en esta revisión. De igual manera, agradecemos a CONACYT por haber otorgado la beca estudiantil para alumnos del programa de Maestría en Biotecnología Productiva.

DECLARACIÓN DE NO CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Referencias

Alves, R. C., Rodrigues, F., Nunes, M. A., Vinha, A. F., & Oliveira, M. B. P. (2017). State of the art in coffee processing by-products. *Handbook of coffee processing by-products*, 1-26.

Arai, K., Terashima, H., Aizawa, S. I., Taga, A., Yamamoto, A., Tsutsumiuchi, K., & Kodama, S. (2015). Simultaneous determination of trigonelline, caffeine, chlorogenic acid and their related compounds in instant coffee samples by HPLC using an acidic mobile phase containing octane-sulfonate. *Analytical Sciences*, 31(8), 831-835.

Barva, H. (2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. San José: AGRIS, Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Consultado el 25 de agosto del 2020.

Bondam, A. F., da Silveira, D. D., dos Santos, J. P., & Hoffmann, J. F. (2022). Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*.

Calle Macas, J. L., & Rodríguez Feijoo, E. Y. (2022). Eficiencia en el uso del bagazo de café para la elaboración de briquetas y su uso como biocombustible (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., Vergara-Castañeda, H. A., & Oomah, B. D. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 24-36.

Caprioli, G., Cortese, M., Maggi, F., Minnetti, C., Odello, L., Sagratini, G., & Vittori, S. (2014). Quantification of caffeine, trigonelline and nicotinic acid in espresso coffee: The influence of espresso machines and coffee cultivars. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(4), 465-469.

Chacón-Figueroa, I. H., Medrano-Ruiz, L. G., Moreno-Vásquez, M. D. J., Ovando-Martínez, M., Gámez-Meza, N., Del-Toro-Sánchez, C. L., & Dórame-Miranda, R. F. (2022). Use of Coffee Bean Bagasse Extracts in the Brewing of Craft Beers: Optimization and Antioxidant Capacity. *Molecules*, 27(22), 7755.

Costa, A. S., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V., Nunes, M. A., Cunha, L. M., & Oliveira, M. B. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, 350-357.

De Figueiredo Tavares, M. P., & Mourad, A. L. (2020). Coffee beverage preparation by different methods from an environmental perspective. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(7), 1356-1367.

De Melo, M. M., Silvestre, A. J., Portugal, I., & Silva, C. M. (2017). Emerging technologies for the recovery of valuable compounds from coffee processing by-products. *Handbook of coffee processing by-products*, 141-169.

Equivel, P., & Jimenez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *J. Food Research International*, 46(2), 488-495.

Figueroa Hernández, E., Pérez Soto, F., & Godínez Montoya, L. (2015). La producción y el consumo del café.

- Fonseca, S. A. (2006). El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta ecológica*, (80), 19-31.
- Gracia Carvajal, T. D., & Mateo Coello, G. F. (2016). Aprovechamiento del Bagazo Industrial de café como biomasa para la sustitución parcial de combustible (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química).
- Gutiérrez Quintero, S. (2018). Cocombustión de carbón con bagazo de café.
- Herawati, D., Giriwono, P. E., Dewi, F. N. A., Kashiwagi, T., & Andarwulan, N. (2019). Critical roasting level determines bioactive content and antioxidant activity of Robusta coffee beans. *Food science and biotechnology*, 28, 7-14.
- Hervacio Alvarado, S. L., & Regalado Moreno, A. C. (2020). Propuesta de un manual de aprovechamiento y minimización de residuos orgánicos generados por el bagazo en Di Café.
- Hidalgo Segovia, C. S., & Rivera Garcés, S. G. (2018). Obtención de Carbón Activado a partir del Bagazo del Café como una propuesta de utilización del residuo de una Industria Cafetera (Bachelor's thesis).
- Larez, F. L. G., Hernández, J. L. M., Sánchez, R. D. V., Urrutia, G. R. T., Martínez, B. D. M. T., & Escalante, A. S. (2021). Efecto del disolvente de extracción sobre el contenido de metabolitos, actividad antioxidante y antibacteriana del bagazo de café. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24(1), 1-10.
- Marcelo-Díaz, R., Luján-Gonzales, V., Ramírez, L., Olano, M., Vargas, A., Rojas, M. L., & Linares, G. (2017). Fenólicos a partir de residuos de café: Optimización del proceso.
- Mestdagh, F., Glabasnia, A., & Giuliano, P. (2017). The Brew-Extracting for Excellence. *The Craft and Science of Coffee*, 355-380.
- Morales Antonio, M. A., Santiago Martínez, G. M., Lozano Trejo, S., Castañeda Hidalgo, E., & Pérez León, M. I. (2019). Manejo agronómico e impacto social y económico en la producción de café en la Sierra Sur de Oaxaca-México. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (marzo).
- Moroney, K. M., Lee, W. T., O'Brien, S. B. G., Suijver, F., & Marra, J. (2015). Modelling of coffee extraction during brewing using multiscale methods: An experimentally validated model. *Chemical Engineering Science*, 137, 216-234.
- Muzykiewicz-Szymańska, A., Nowak, A., Wira, D., & Klimowicz, A. (2021). The Effect of Brewing Process Parameters on Antioxidant Activity and Caffeine Content in Infusions of Roasted and Unroasted Arabica Coffee Beans Originated from Different Countries. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(12).
- Nitthikan, N.; Leelapornpisid, P.; Natakankitkul, S.; Chaiyana, W.; Mueller, M.; Viernstein, H.; Kiattisin, K. Improvement of Stability and Transdermal Delivery of Bioactive Compounds in Green Robusta Coffee Beans Extract Loaded Nanostructured Lipid Carriers. *J. Nanotechnol.* 2018, 2018, 7865024.
- Pearson, J. L., Lee, S., Suresh, H., Low, M., Nang, M., Singh, S., ... & Khoo, C. S. (2014). The liquid chromatographic determination of chlorogenic and caffeic acids in Xu Duan (*Dipsacus asperoides*) raw herb. *International Scholarly Research Notices*, 2014.
- Pita Cañola, M. J., & Pincay Durán, A. I. (2012). Obtención de jabón a partir de la extracción del aceite de bagazo de café (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).
- Puerta, G. I. (2013). Composición química de una taza de café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)*.
- Rochín-Medina, J. J., Ramírez, K., Rangel-Peraza, J. G., & Bustos-Terrones, Y. A. (2018). Increase of

content and bioactivity of total phenolic compounds from spent coffee grounds through solid state fermentation by *Bacillus clausii*. *Journal of food science and technology*, 55, 915-923.

Romero-Arenas, O., Treviño, I. H., Lezama, J. C. P., Specia, M. N. M., & Leal, J. L. A. (2013). Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 33, 472-481.

Sagredo Acitores, M. (2020). Recuperación de compuestos con propiedades antioxidantes a partir de residuos de la industria del café de extracción. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 405-410.

Sagredo Acitores, M. (2020). Recuperación de compuestos con propiedades antioxidantes a partir de residuos de la industria del café.

Solomakou, N., Loukri, A., Tsafrakidou, P., Michaelidou, A. M., Mourtzinou, I., & Goula, A. M. (2022). Recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds through optimized extraction processes. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 25, 100592.

Stanek, N., Zarębska, M., Biłos, Ł., Barabosz, K., Nowakowska-Bogdan, E., Semeniuk, I., Błaszkiwicz, J., Kulesza, R., Matejuk, R., & Szkutnik, K. (2021). Influence of coffee brewing methods on the chromatographic and spectroscopic profiles, antioxidant and sensory properties. *Scientific Reports*, 11(1), 1-13.

Torres-Valenzuela, L. S., Ballesteros-Gómez, A., & Rubio, S. (2020). Supramolecular solvent extraction of bioactives from coffee cherry pulp. *Journal of Food Engineering*, 278, 109933.

https://www.bioguia.com/ambiente/10-usos-creativos-para-los-restos-del-cafe_29281871.html.
<https://disfrutacafe.wixsite.com/disfrutacafe/post/m%C3%A9todos-de-preparaci%C3%B3n-de-caf%C3%A9-tienes-que-conocerlos>