

IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR Y DESARROLLO DE
ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA
CAFETERA COLOMBIANA

Lina María Rodríguez Jiménez

Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios

Ingeniería Industrial

Asesora. Evelyn Sarmiento Puentes

Bogotá D.C., 28 de enero de 2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Firma Tutor

Bogotá D.C. _____

CONTENIDO

IMÉGENES	4
GRÁFICAS	5
GLOSARIO	6
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1. SURGIMIENTO Y DESARROLLO DE LA ECONOMÍA CAFETERA EN COLOMBIA.....	13
2. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA CAFETERA COLOMBIANA.....	15
2.1. APLICACIONES DE LOS RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA CAFETERA	16
2.1.1. Fruto del café	17
2.1.2. Pulpa	18
2.1.3. Cáscara de café.....	19
2.1.4. Mucílago	21
2.1.5. Pergamino del café.....	22
2.1.6. Poso de café	23
3. LA PROTECCIÓN ECO-SISTEMÁTICA EN EL USO DE SUELOS Y RECURSOS HÍDRICOS	24
4. CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS.....	28

IMÉGENES

Imagen 1: Economía circular	11
Imagen 2: Regiones cafeteras	14
Imagen 3: Fruto del café	18
Imagen 4: Pulpa del café.....	19
Imagen 5: Cisco del café.....	21
Imagen 6: Mucílago	22
Imagen 7: Café pergamino.....	23
Imagen 8: Poso de café	24

GRÁFICAS

Gráfica 1: Producción de café en Colombia	10
---	----

GLOSARIO

ECONOMÍA CIRCULAR: Según SANDOVAL, JACA, ORMAZABAL “La economía circular es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible.” (Sandoval, V. P., et al., 2017).

REINGENIERÍA: “Rediseño rápido y radical de los procesos para lograr el mejoramiento decisivo del rendimiento” (Manganelli, R. L., 2004).

PULPA: “La pulpa del café es un material de desecho que procede de la industria del café” (Rathinavelu, R., & Graziosi, G., 2005).

PERGAMINO: “pergamino o cascarilla de café, que es duro y quebradizo cuando se seca, y el cual rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano” (Braham, J. E., & Bressani, R., 1978).

MUCILAGO DEL CAFÉ: “La fermentación del mucílago es una etapa intermedia en este proceso, en la que el producto de entrada es el café despulpado y el producto resultante es el café con mucílago degradado, listo para lavar” (Peñuela, A., et al., 2014).

SUSTANCIAS PÉCTICAS: “son macromoléculas de naturaleza glucídica, de origen exclusivamente vegetal y compuestas esencialmente de ácido galacturónico polimerizado” (García, G. N., 1985).

ENSILAJE: “El ensilaje es la fermentación anaerobia de carbohidratos solubles presentes en forrajes para producir ácido láctico” (Molina, A. M., et al., 2004).

PERCAPIO: “la piel o pericarpio del café que define su estado de madurez y calidad es prácticamente lignocelulosa y no tiene ningún valor comercial, no obstante, podría considerarse como una fuente importante de compuestos antioxidantes, sobre todo de antocianinas.” (Puertas Mejía, M. A., et al., 2012).

COMPOSTAJE: “los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable” (Vásquez de Díaz, M. C., et al., 2010)

RESUMEN

Esta revisión tiene como objetivo, identificar los tipos de residuos y plantear estrategias que reduzcan la contaminación y generen sostenibilidad por medio de la reutilización de residuos, manejo de los recursos (suelos e hídricos), reingeniería de productos y puesta en marcha de transformaciones circulares en la agroindustria colombiana, con el fin de establecer una industria que aumente el desarrollo sostenible, la economía y los índices medioambientales. De tal manera que puedan hacer frente a los retos económicos y ambientales actuales, con la implementación y desarrollo de la economía circular en búsqueda de la optimización de procesos, insumos, materiales y recursos, obteniendo mínimos porcentajes de residuos y mejorando el bienestar social.

Palabras clave: Economía circular, subproductos agroindustriales, residuos, contaminación.

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde existen altos grados de incertidumbre y todo avanza rápidamente, las organizaciones deben adaptarse a las condiciones con el fin de obtener éxito (Srisruthi, 2017).

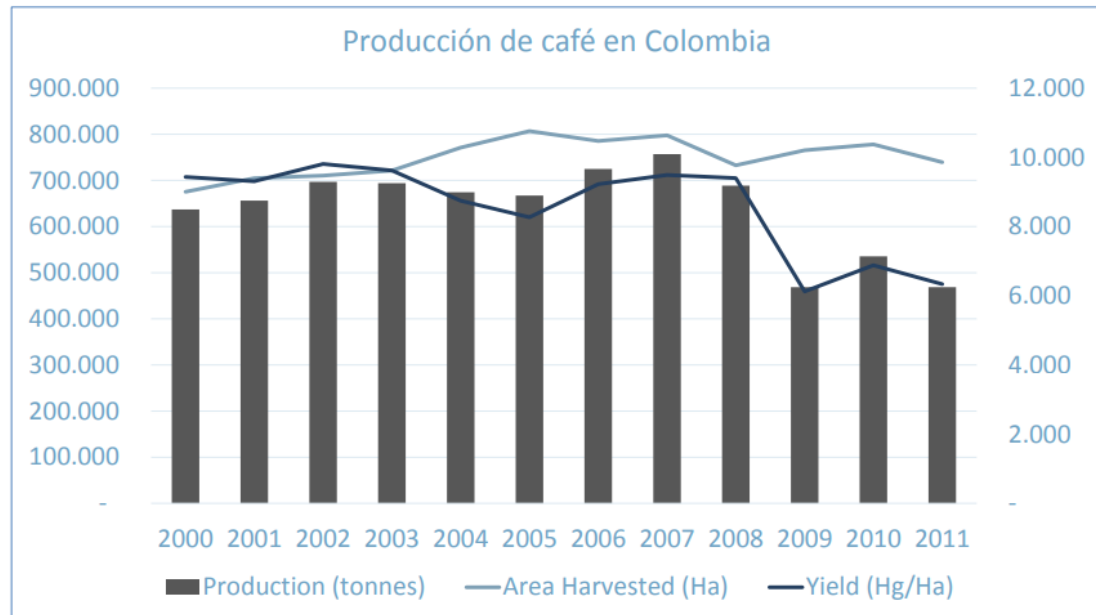
Una alternativa eficiente se trata de la adopción de la economía circular, la cual, se fundamenta en la reutilización, aumento de la vida útil y transformación de bienes en nuevos recursos, con el fin de minimizar la contaminación ambiental y el desperdicio de recursos (Stahel, 2016). Por otro lado, las empresas aumentan su productividad por medio de fuentes sostenibles, disminuyendo las corrientes de desperdicio en el ciclo de materiales (Srisruthi, 2017).

Un estudio incorporado en las naciones europeas planteó que la economía circular, reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero en un 70% y aumentaría la actividad laboral un 4% (Stahel, 2016). Así pues, el uso eficaz de este mecanismo y la reducción de residuos, generan beneficios socioeconómicos a largo plazo (Morseletto, 2020). En este modelo, las empresas tienen un papel activo en la degradación y preservación de su entorno, es decir, pueden generar un cambio notable y reaccionar en cadena, independientemente de su tamaño y clasificación, enfocándose en el objetivo principal que es lograr la sostenibilidad (Vargas y Morales, 2019).

La agroindustria cafetera requiere de la adopción de la economía circular, debido a su impacto e importancia económica a nivel mundial, ya que los consumidores, están interesados en la calidad y origen de los productos y en la sostenibilidad social, ambiental y económica (Samoggia y Riedel, 2019). El café, representa una fuente importante de ingresos para los países productores y un gran sector empresarial en países consumidores (Yeretzian), ya que es

denominado el producto alimenticio más importante entre los productos básicos, ocupando el segundo lugar después del petróleo crudo (Esquivel y Jiménez, 2011).

Gráfica 1: Producción de café en Colombia



Fuente 1:(Leibovich, J. & Llinas, G., 2013)

Mundialmente, existen 124 especies de café reconocidas en este sector, enfrentándose a nuevas amenazas como: el cambio climático, la incidencia y duración de la sequía, plagas, la propagación y gravedad de patógenos fúngicos y el marchitamiento del café (Aaron et al., 2019). Por esta razón, las pruebas de impacto sobre el cambio climático proponen una disminución hasta de un 50% en los terrenos adecuados para el café, reduciendo la propagación de pérdidas caficultoras que afectarían la calidad de vida de 100 millones de individuos en la industria (Imbacha et al., 2017), teniendo en cuenta que el café es cultivado en más de 60 países tropicales, contando con más de 11 millones de hectáreas y con 25 millones de agricultores y pequeños productores (Läderach et al., 2017).

Imagen 1: Economía circular



Fuente 2:(Aquae Foundation, s.f.)

A pesar de que Colombia, posee condiciones como la temperatura, las lluvias, los suelos y demás componentes que permiten desarrollar un producto de alta calidad en la población, actualmente, existen amenazas como periodos en donde el fenómeno del niño genera un decaimiento en la producción, aumentando las pérdidas de este (Dinero, 2004), ocasionando que el desaprovechamiento de recursos naturales se frecuente en esta industria (Montoya, 2011). Por otro lado, los sobrecostos de transporte terrestre y los consumos de energía y agua son muy elevados (Cano et al., 2012).

Por lo tanto, Colombia debe maximizar sus ganancias con nuevos modelos económicos que opten por implementar la reingeniería, creando nuevos productos a partir de los principios de la economía circular (Vargas y Morales, 2019). Otra razón se asocia al medio ambiente, dado que 2 millones de toneladas de pulpa y 420 mil toneladas de mucílagos son vertidos a campo

abierto, generando altos índices de contaminación y disminución de vida en los ecosistemas colombianos (Suárez, 2012).

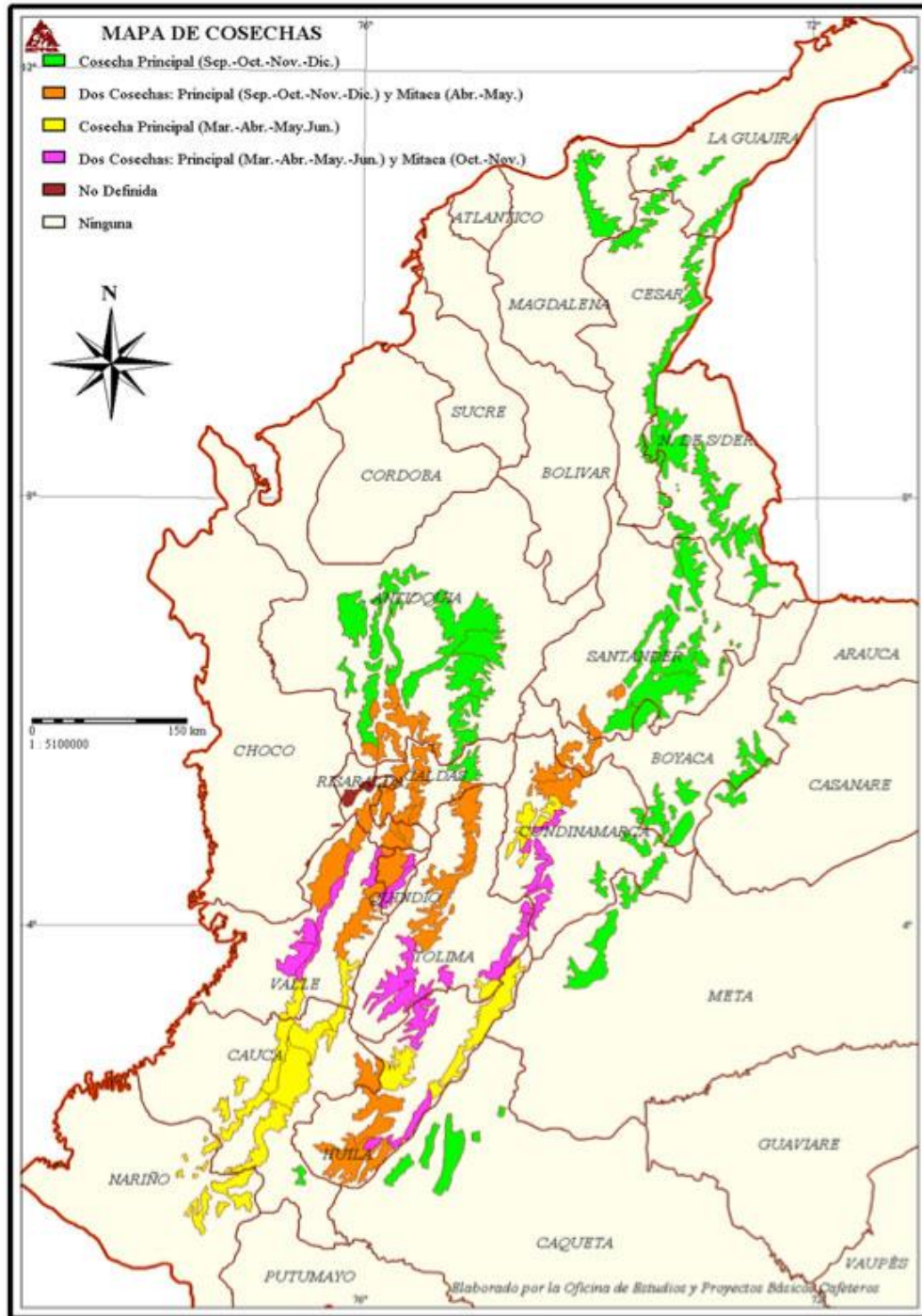
El presente documento, pretende realizar una revisión acerca de los tipos de residuos y las posibles aplicaciones y alternativas que Colombia puede implementar en las agroindustrias cafeteras, independientemente de su tamaño, evidenciando el aprovechamiento de los residuos en este tipo de industria en la fase de producción, con el objetivo de reducir costos y maximizar la rentabilidad y productividad, para enfrentarse de la mejor manera a los impactos ambientales y económicos inherentes a esta industria actualmente (Oliveros y Sanz, 2011). Otro objetivo, es generar un manejo sostenible de recursos (agua y suelo) exponiendo metodologías bajo los pilares de la economía circular.

IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR Y DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA CAFETERA COLOMBIANA

1. SURGIMIENTO Y DESARROLLO DE LA ECONOMÍA CAFETERA EN COLOMBIA

El café es catalogado como un ente económico permanente en Colombia, ya que es el mecanismo más importante para la generación de divisas netas y empleos rurales (Dinero,2004). Además, en el último año, el café aportó 7,2 billones de ingresos a la economía colombiana (Portafolio, 2020). El origen de la industria cafetera en Colombia se dio gracias a la propagación y la siembra en los Santanderes y Cundinamarca, siendo expandida por líderes antioqueños en la Cordillera de los Andes colombianos, aumentando la comunicación con países de primer mundo y llegando a departamentos como Antioquia, el Viejo Caldas, Tolima y Valle del Cauca (Clavijo, 2018). Actualmente, los departamentos de Colombia donde se desarrolla un cultivo continuo y de buena calidad son: Antioquia, Huila, Nariño, Santander, Sierra nevada, Tolima y el Eje Cafetero que encierra a ciudades como Caldas, Risaralda y Quindío (Dinero, 2004).

Imagen 2: Regiones cafeteras



Fuente 3: (Compañía nacional del café s.a.s., s.f.)

Debido al impacto en la economía colombiana generada por esta agroindustria, en 1927 se creó la Federación Nacional de Cafeteros Colombianos conformada por familias emprendedoras

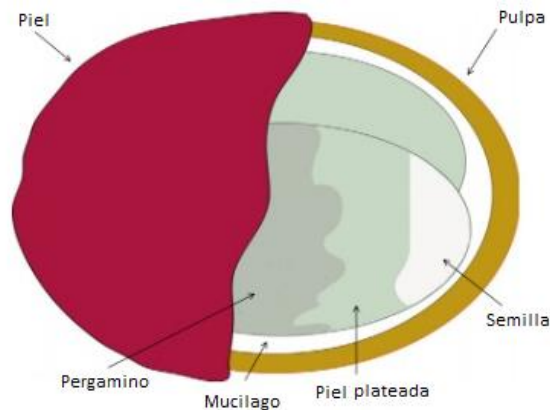
que ejercían la labor del cultivo y exportación del café, obteniendo beneficios económicos con la creación del Fondo Nacional del Café y desarrollando estrategias de rentabilidad económica, bienestar social, sostenibilidad ambiental y fortalecimiento de dicha organización gremial, con el fin de aumentar la productividad evitando la quiebra (Clavijo, 2018).

2. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA CAFETERA COLOMBIANA

La agroindustria cafetera utiliza el 9,5% del fruto para preparar bebidas, el 90,5% restante son subproductos vertidos en aguas (Suárez, 2012). Por esta razón, se generan diversos tipos de residuos dependiendo de la fase de procesamiento y de la cadena productiva, la cual, está compuesta por el procesamiento primario, las transformaciones agroindustriales y la disposición final del bien; las fases que describen su procesamiento son: el cultivo, la recolecta, el despulpado, el descascarado, el lavado, la separación de las dos mitades, pre-secado, secado al sol, distribución, comercialización, trillado y clasificado, empaque, sello de aprobación y regulación (García y Olaya, 2006).

En la figura 1 se representan las partes del café, donde se identifican los subproductos que son tratados como residuos en la agroindustria, los cuales son: las cáscaras de café, que se componen por la piel exterior de la baya, es decir la pulpa y el pergamino; la piel y pulpa, que se componen de proteínas, grasas y carbohidratos; el mucílago compuesto de agua, proteínas, azúcar, sustancias pécticas, y cenizas; el pergamino, compuesto de celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas; y la piel plateada, la cual es libre de fenol (Esquivel y Jiménez, 2012).

Figura 1: Partes del café



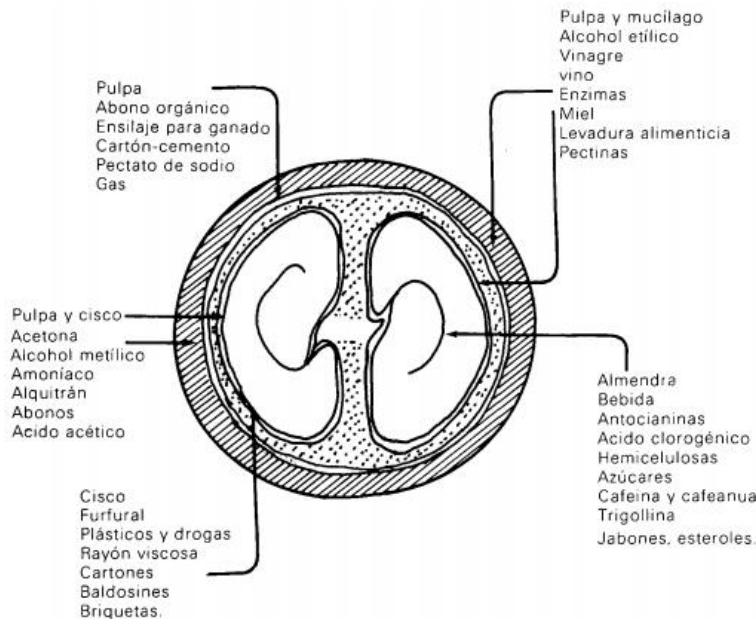
Fuente 4: Esquivel; Jiménez (2011)

La industrialización no sólo ha traído desarrollo y prosperidad sino también ha sido el autor de la perturbación los ecosistemas ambientales, la agroindustria cafetera es un ejemplo (Ashutosh y Manju, 2015), puesto que el agua residual de esta posee gran concentración de contaminantes orgánicos, perjudicando los cuerpos de agua cercanos, la salud humana y vida acuática (Thriveni et al., 2017). La pulpa, es el primer insumo generado en el procesamiento cafetero que puede convertirse en un contaminante crítico, puesto que aproximadamente 2,25 millones de toneladas de vertimientos generados aumentan la contaminación eco sistemática y reducen el porcentaje de tratamiento y reestructuración de residuos en zonas ecológicas y ambientales (SUÁREZ, 2012). Por otro lado, la cáscara de café suele incinerarse en área baldías, generando una contaminación directa con el aire (Sierra et al., 2013).

2.1.APLICACIONES DE LOS RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA CAFETERA

En la figura 2, se representan los subproductos del café y las posibles aplicaciones de este de manera general.

Figura 2: Subproductos del café



Fuente 5: Salazar, García; Olaya, (1984)

2.1.1. Fruto del café

El fruto del café se compone de una capa fina en el exterior llamada pericarpio, que cubre la pulpa y se caracteriza por ser amarilla, fibrosa y dulce; este fruto, refleja un color verdoso cuando está en proceso de maduración y rojo intenso cuando madura (Castillo et al., 2016). Aproximadamente, más del 50% de la fruta extraída del café no se utiliza, sin embargo, esta es empleada para fines industriales como la producción de energía, la adsorción de compuestos y la fabricación de productos industriales, como tableros de partículas, etanol, ácido giberélico y α -amilasa. El extracto del fruto contiene proantocianidinas condensadas, ácido químico y ferúlico, generando resultados para el cuidado de la piel (Esquivel y Jiménez, 2012).

Imagen 3: Fruto del café



Fuente 6: (Café ginebra el nuestro, s.f.)

2.1.2. Pulpa

La pulpa del café puede llegar a ser útil en varias industrias, ya que sustituye la alimentación del ganado lechero en un 20%, logrando economizar los costos asociados a la nutrición de animales hasta un 30%. Por otro lado, el municipio de Betania (Antioquia, Colombia) elabora café pergamino seco, en donde se produce aproximadamente 17.239.440 kilogramos de pulpa, por esta razón, se desarrollan procesos de compostaje que mitigan y eliminan la contaminación ambiental, contribuyendo a la reestructuración y mejoramiento sostenible (Suárez, 2012).

La composición química y biológica de la pulpa del café, permite producir productos de valor agregado como: levaduras alimenticias, alcohol, colorantes, biogás, pectinas, miel de café, bacterias eléctricas, materiales de construcción, productos químicos, hongos comestibles y medicinales, combustibles y ensilaje (Rodríguez, 2013).

Por esto, el bioetanol se obtiene mediante la fermentación, la destilación y la deshidratación azucarera de la pulpa, logrando desarrollar alcohol, empleado para la mezcla con gasolina utilizada en vehículos (Rodríguez y Zambrano, 2010). Así mismo, el lombricompostaje de la pulpa del café permite obtener abono orgánico, disminuyendo la mano de obra y aumentando la eficiencia del proceso, evitando infiltraciones de aguas lluvias o lixiviados que puedan generar impactos negativos, medioambientales y ecosistémicos (Rodríguez et al., 2015).

Imagen 4: Pulpa del café



Fuente 7: (Zambrano, D. & Rodríguez, N., 2010)

2.1.3. Cáscara de café

La cascarilla de café (cisco) se compone de pergamino, fracciones de granos, 12% de humedad y aproximadamente 6% de café seco de trilla, generando la obtención de plásticos, cartones, baldosas, briquetas, furfural, rayón, viscosa y droga, si este es mezclado con la pulpa, se adquiere acetona, alcohol metílico, amoníaco, carbón, alquitrán, abonos y ácido acético; Colombia, implementa este residuo mediante el uso de combustible para alimentar hornos (Salazar et al., 1984). A su vez, esta se constituye a partir del proceso de tostado, siendo desechada o empleada para la producción de combustible, fertilizante o alimento funcional, ya que se compone de fibra y posee un contenido bajo en grasas (Castillo et al.,

2016). Por otro lado, la cáscara puede quemarse en un generador de gas pobre, accionando un motor sobre este para generar electricidad; el calor residual que proviene del generador del gas y motor se puede utilizar para calentar una corriente de aire limpio, secando más café (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

Los subproductos pueden ser útiles para la salud humana, ya que las propiedades de la cáscara de café (piel plateada) ayudan a prevenir enfermedades crónicas relacionadas con la inflamación y el estrés oxidativo (obesidad), debido a que son una gran fuente de fitoquímicos y tienen potencial para convertirse en ingredientes alimenticios, evitando enfermedades crónicas (Rebollo et al., 2019). Además de tener beneficio humano, también aporta el ambiental, ya que la cáscara de café es de interés para la eliminación de metales pesados en las aguas residuales contaminadas, debido a su gran capacidad de adsorción y bajo costo (Ashutosh y Manju, 2015).

En la industria de la construcción, se utiliza la cascara del café para la elaboración de materiales, especialmente la cascarilla entera, ya que cuando las partículas son pequeñas se requiere más cantidad de cemento para ser recubiertas (Sierra, et al.), otro ejemplo de su uso en esta industria se encuentra en la fabricación de bloques de hormigón y placas aislantes, puesto que es factible como un agregado en la producción de bloques ya que sirve como aislante térmico reductor (López, 2015). Por otro lado, se obtienen cerámicos de construcción a partir del cisco del café, en reemplazo de la pasta cerámica, caracterizándose por disminuir la temperatura interior de viviendas y por ser un material con alta resistencia de compresión (Sánchez et al., 2018).

Imagen 5: Cisco del café

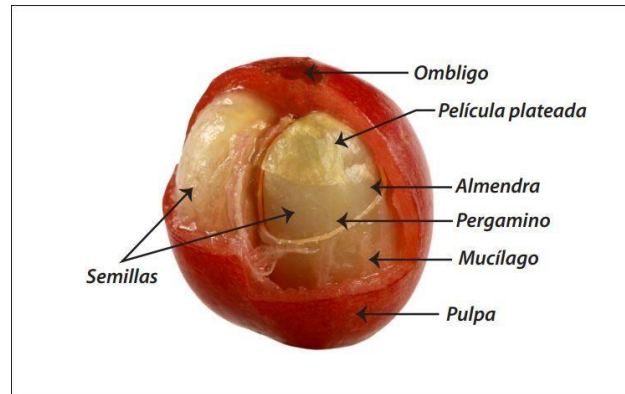


Fuente 8: (Zambrano, D. & Rodríguez, N., 2010)

2.1.4. Mucílago

El mucílago se compone de una capa viscosa, hidratada, fina y transparente (Castillo et al., 2016). A partir de este, se pueden obtener sustancias como: pectinas sin refinar; azúcares naturales del fruto del café; compuestos antioxidantes y flavonoides, los cuales, tienen la capacidad de combinarse de varias formas, fabricando una serie de aditivos en alimentos que pueden ser de interés para la variedad de alimentos saludables; por último, se pueden obtener antocianinas incoloras, las cuales podrían usarse para la fabricación de otros alimentos o síntesis más sofisticadas de otras sustancias químicas (Rathinavelu y Graziosi, 2005). Por otra parte, la recolección de miel de café obtenida mediante la extracción y concentración de jugos azucarados provenientes de la pulpa y el mucílago debe realizarse cuidadosamente, ya que existen frutos en proceso de maduración (Calle, 1977).

Imagen 6: Mucílago



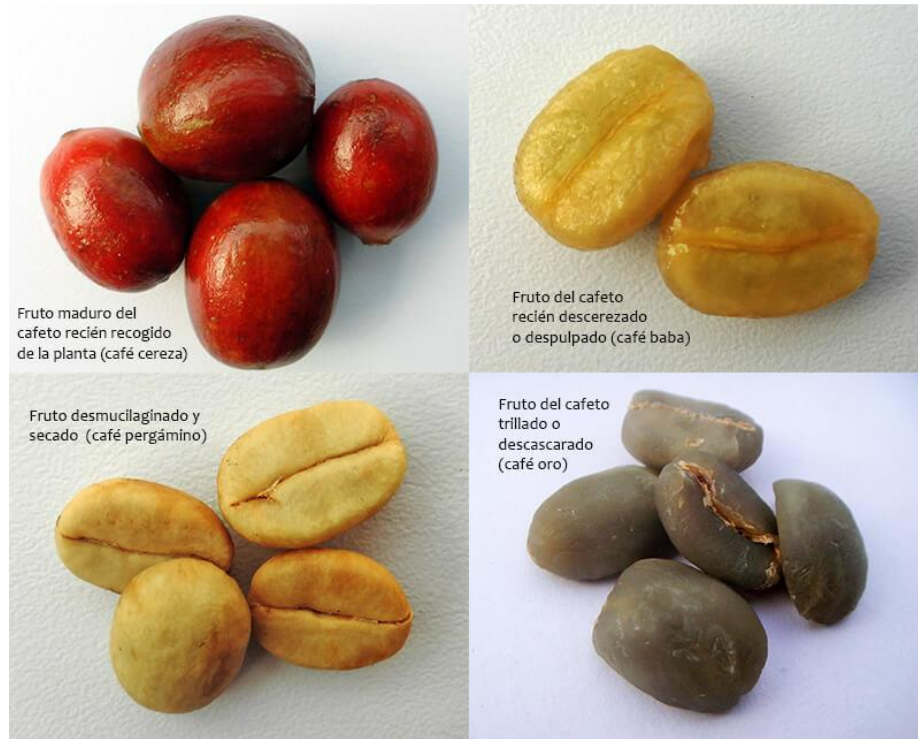
Fuente 9:(Primero café, s.f.)

2.1.5. Pergamino del café

El pergamino del café también llamado endocarpio, recubre el grano después del mucílago, posee aproximadamente 12% de café seco, su fibra cruda es mayor, el extracto libre de nitrógeno el más bajo y posee una concentración de lignina, pentosas y hexosas muy alta (Bressani y Braham, 1978). La obtención de este elemento se da por medio de la eliminación de la pulpa y el mucílago, con el fin de procesar cafés con 50% base húmeda, 100% base seca, suaves y de alta calidad (Roa et al., 1999). Así mismo, se emplea como fuente de energía en las calderas, debido a su composición celulosa (75%) y su estructura polímera (Moya, et al., 1990).

Imagen 7: Café pergamino

La transformación del fruto del cafeto en el proceso de beneficiado



Fuente 10:(Equipo mundo cafetero, 2018)

2.1.6. Poso de café

El poso de café es también llamado café agotado, a este, se le otorga un 27% de energía gracias a su quema y un 60% gracias a la utilización de rellenos sanitarios como fertilizantes orgánicos y reestructuración de suelos, por esto, por cada 1.000g de cereza de café producidos se obtienen 104g de poso de café, haciendo referencia al 10% de la producción (Marín, 2017). La industria textil, es clasificada como una de las más contaminantes a nivel mundial, sin embargo, algunas organizaciones emplean fibras recicladas amigables con el medioambiente con el fin de reducir el impacto negativo al ecosistema. El poso del café aporta beneficios en el tejido textil (rayos ultravioletas) generando resistencia óptima, secado y absorción eficaz. (Cortés, 2019).

Imagen 8: Poso de café



Fuente 11: (Universidad de Jaén, 2015)

3. LA PROTECCIÓN ECO-SISTEMÁTICA EN EL USO DE SUELOS Y RECURSOS HÍDRICOS

La protección de recursos hídricos es un aspecto de gran importancia en las zonas cafeteras, ya que por medio de plantas acuáticas (buchón de agua, repollito de agua, oreja de agua y lenteja de agua) y la obtención de efluentes limpias que contribuyan a la preservación del recurso natural, se genera la implementación y desarrollo de humedales artificiales (Rodríguez et al., 2015). Para la protección hídrica, Colombia utiliza métodos como el despulpado del café sin agua, la remoción mecánica del mucílago y el tratamiento biológico de residuos líquidos, usando reactores anaeróbicos (Rodríguez, 1999). En Colombia, se cultiva café orgánico, desarrollando una producción sin agroquímicos ni organismos genéticamente modificados, con el fin de garantizar una práctica de producción orgánica certificada que cumpla con las normas nacionales e internacionales (Quintero y Rosales, 2014).

Los posos de café se convierten en una alternativa eficiente y económica en la producción de compost para la tierra, plantas y hortalizas, ya que por medio de la tamización y la mezcla de mantillo vegetal se eliminan los residuos cafeteros, ocasionando un aumento enriquecedor en la

tierra y obteniendo un fertilizante ecológico que genere la hidrogenación y elimine elementos químicos encontrados en los abonos de esta (Cortés, 2019). El tratamiento de los residuos del café se desarrolla mediante lagunas de oxidación que generan la degradación de materia orgánica por el uso de microorganismos, estableciendo un mantenimiento que reduzca la energía eléctrica, el desarrollo de industrias en ecosistemas y zonas medioambientales (Suárez, 2012).

4. CONCLUSIONES

La revisión muestra que los residuos y subproductos de la agroindustria cafetera pueden convertirse en nuevos productos con valor agregado, ya sea para su uso dentro de la misma industria retroalimentando el proceso, o para otro tipo de industrias.

Además, el aumento de la productividad en las zonas cafeteras de Colombia permite incrementar la competitividad, ya que sus cultivos, suelos, temperaturas y climas permiten un aprovechamiento adecuado de los ecosistemas, reutilizando residuos propios provenientes de dicho tratamiento. Sin embargo, para fortalecer su actividad productora, económica y social se deben implementar tecnologías agroindustriales que permitan establecer alianzas entre la Federación Nacional y el Fondo Nacional de Cafeteros, con el fin de generar un mayor aprovechamiento de recursos y flexibilizar su transformación y comercialización nacional e internacional.

Finalmente, este documento tiene como fin generar conciencia en la sociedad cafetera colombiana, ya que esta población desconoce los beneficios económicos, sociales, culturales y empresariales que genera la articulación de la economía circular con la ingeniería inversa en la cadena productora y de distribución cafetera. Además, el mal manejo de los residuos emitidos por esta practica permiten reducir la contaminación ambiental y eco sistemática por medio del desarrollo e implementación de metodologías, generando nuevos productos amigables con el medio ambiente y de uso sano y común. Así mismo, se pretende entablar un vinculo directo con la Federación Nacional de cafeteros, ya que esta sociedad representa en su totalidad a miles de empresarios que generan esta práctica agro cafetera, con el fin de planear, analizar e implementar nuevos procesos productivos que permitan aumentar los ingresos económicos

sociales y familiares, incrementando el reconocimiento ambiental por el buen uso y manejo de residuos.

REFERENCIAS

Agudelo, J. M. S. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones.

Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia.

Aquae Foundation. (s.f.). [Imagen]. Economía circular, esencial para la sostenibilidad.

Braham, J. E., & Bressani, R. (1978). Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, CIID, IDRC-108s*, p. 152.

Café ginebras el nuestro. (s.f.). [Imagen]. Anatomía de un fruto del café.

Calle, V. (1977). Subproductos del café. CENICAFE, Manizales. *Boletín Técnico No. 6*, p. 85.

Cano-Sánz, C. G., Vallejo-Mejía, F. C., Caicedo-García, E., Amador-Torres, J. S., & Tique-Calderón, E. Y. (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores de Economía*; No. 710.

Castillo, M., Fernández, B., Ullate, M., & Mesa, M. D. (2016). Uso de productos de la cascarilla de café para la prevención y tratamiento de las patologías que conforman el síndrome metabólico y de sus factores de riesgo. *Patente de invención*, Oficina Española de Patentes y Marcas, España.

Clavijo, S. (2018). Panorama cafetero 2018-2019. *La república*, Universidad de los Andes.

Compañía nacional del café s.a.s. (s.f.). [Imagen]. Regiones cafeteras.

Cortés Tormo, D. (2019). Explotación de los residuos del café mediante un sistema de producción cíclico (*Doctoral dissertation*).

Davis, A. P., Chadburn, H., Moat, J., O’Sullivan, R., Hargreaves, S., & Lughadha, E. N. (2019). High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability. *Science advances*, Vol. 5, No. 1, DOI: 10.1126 / sciadv. aav3473.

DINERO. (2004). Café. Generación de riqueza. *Dinero*.

Equipo mundo cafetero. (2018). [Imagen]. El beneficio húmedo del café. *Mundo cafeto del cafeto a la taza*.

Esquivel, P. y Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. 46, p. 488- 495.

García, G. N. (1985). Sustancias pécticas: química y aplicaciones. *EDITUM*.

García, R. G., & Olaya, É. S. (2006). Caracterización de las cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café. *Cuadernos de administración*, Bogotá, Colombia, Vol. 19, No.31, p. 197-217.

Imbach, P., Fung, E., Hannah, L., Navarro-Racines, C. E., Roubik, D. W., Ricketts, T. H., ... & Roehrdanz, P. R. (2017). Coupling of pollination services and coffee suitability under climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol. 114, No. 39, p. 10438–10442.

Läderach, P., Ramirez–Villegas, J., Navarro-Racines, C., Zelaya, C., Martinez–Valle, A., & Jarvis, A. (2017). Climate change adaptation of coffee production in space and time. *Climatic Change*, 141(1), 47-62.

Leibovich, J. & Llinas, G. (2013). La producción de café robusta en Colombia. *Econ Estudio/ Asesoría y estudios económicos*.

López, J. (2015). Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos fabricando bloques de hormigón aislantes con cascarilla de café para su aplicación en la construcción de edificaciones. *Tesis de grado, Maestría en energías renovables, Universidad de las Fuerzas Armadas*, Ecuador, Sangolquí.

Manganelli, R. L. (2004). Cómo hacer reingeniería. *Editorial Norma*.

Molina, A. M. G., Roa, L. B., Alzate, S. R., León, J. G. S. D., & Arango, A. F. B. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista lasallista de investigación*, 1(1), 66-71.

Molina, J. S., Rozo, D. C. Á., & Díaz, J. F. G. (2018). Cisco de café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta. *Respuestas*, ISSN 0122-820X, ISSN-e 2422-5053, Vol. 23, No. 1, p. 27-31, DOI: 10.22463/0122820X.1326.

Morseletto, Piero. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*. Vol. 153, 104553.

Moya-Portuguéz, M., Duran, M., & Sibaja, M. (1990). Obtención de derivados celulósicos a partir de desechos de café. *Agronomía Costarricense*, Vol. 14, No. 2, p. 169-174.

Oliveros-Tascón, C. E., & Sanz-Uribe, J. R. (2011). Engineering and Coffee in Colombia. *Revista de Ingeniería*. No.33, p. 99-114.

Peñuela, A., Pabon, J., & Sanz, J. (2014). Método fermaestro: Para determinar la finalización de la fermentación del mucílago de café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)*.

Pesántez, D. G. M. (2017). Evaluación de la remoción del ibuprofeno mediante biosorción en tallos de rosas y posos de café. (*Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE CUENCA*).

Portafolio. (2020). El café aportó \$7,2 billones a la economía del país en 2019. *Portafolio*.

Primero café. (s.f.). [Imagen]. Diferencias entre café pergamino y café verde.

Puertas Mejía, M. A., Rivera Echeverry, F., Villegas Guzmán, P., Rojano, B. A., & Pelaez-Jaramillo, C. (2012). Comparación entre el estado de maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L.), el contenido de antocianinas y su capacidad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(4), 360-367.

Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. *Organización Internacional del Café, ITA*. ED 1967/05.

Rebollo-Hernanz, M., Zhang, Q., Aguilera, Y., Martín-Cabrejas, M. A., & Gonzalez de Mejia, E. (2019). Relationship of the phytochemicals from coffee and cocoa by-products with their potential to modulate biomarkers of metabolic syndrome in vitro. *Antioxidants*, 8(8), 279, doi:10.3390/antiox8080279.

Rizzuto, M. L. Q., & Rosales, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión gerencial, VirtualPro, Procesos Industriales, Visión Gerencial*, Año 13, No.2, p. 291-307.

ROA, G., Oliveros, C. E., Álvarez, J., Ramírez, C. A., Sanz, J. R., Dávila, M. T., ... & Rodríguez, N. (1999). Beneficio ecológico del café. *CENICAFE*, Manizales, p. 273.

Rodríguez Valencia, N., & Zambrano Franco, A. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Avances Técnicos Cenicafé* (Colombia) (no. 393) p. 1-8.

Rodríguez, N. (1999). Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Seminario internacional, gestión integral de residuos sólidos y peligrosos. *Virtual Pro, Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental BVSDE / Organización Panamericana de la Salud OPS*, Ponencia, p.44-45.

Rodríguez, N. (2015). Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. *Virtual Pro, Procesos Industriales, Revista Cenicafé*, Vol. 64, No.2, p. 78-93.

Rodríguez, N., Sanz, J., Oliveros, C., & Ramírez, C. (2015). Beneficio del café en Colombia. *Centro Nacional de Investigaciones en café (CENICAFE)*.

Salazar, J., García, C. D., & Olaya, J. M. (1984). Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. *Ingeniería E Investigación* No. 8, p. 51-56, ISSN 0120-5609.

Samoggia, A.y Riedel, B. (2019). Consumers' Perceptions of Coffee Health Benefits and Motives for Coffee Consumption and Purchasing. *MDPI, Nutrients*, Vol. 11, No.3, 653; doi:10.3390/nu11030653.

Sandoval, V. P., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, No.15, p. 85-95.

Sierra, J., Roque, H., & Medrano, J. (2013). Aprovechamiento de la cascarilla de café en la elaboración de materiales de construcción. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, Vol. 3, No. 1, p. 7-9.

Srisruthi, K. M. (2019). Circular Economy. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, Vol. 1, No. 6, p. 566-569, ISSN: 2456-6470.

Stahel, Walter. R. (2016). La economía circular. *Nature*, Vol. 531, p. 435-438, doi: 10.1038 / 531435^a.

Suarez, O. M. y Mejía, J. S. (2011). Estimación de la eficiencia técnica de las economías de los departamentos cafeteros de Colombia aplicando la función cobb douglas translogarítmica con fronteras estocásticas y datos de panel. *Scientia et Technica Año XVII*, No. 47, ISSN 0122-1701.

Thenepalli, T., Ramakrishna, C. y Ahn, JW (2017). Efecto ambiental de los residuos de café y propiedad antimicrobiana del tratamiento de residuos de concha de ostra. *Revista de ingeniería energética*, Vol. 26, No. 2, p. 39-49.

Tripathi, A. y Ranjan, MR (2015). Eliminación de metales pesados de aguas residuales mediante adsorbentes de bajo costo. *J Bioremed Biodeg*, vol. 6, Edición 6, 315.

Universidad de Jaén. (2015). [Imagen]. Secado más eficiente de los posos del café para biocombustible. *Revista alimentaria*. N° 464.

Vargas Hernandez, J. y Morales Medrano, M. (2019). The Circular Economy: Analysis Based on The Theory of Resources and Capabilities. *Revista gestão & sustentabilidade*. Vol 1, No. 1, p. 298-309.

Vásquez de Díaz, M. C., Prada, P. A., & Mondragon, M. A. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. NOVA-Publicación Científica en Ciencias Biomédicas.

Yeretzian, C. (s.f.). Coffee. *Food and Flavors. Part B*, 6.1, 6, p. 109-127.

Zambrano, D. & Rodríguez, N. (2010). [Imagen]. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Federación nacional de cafeteros de Colombia*. ISSN – 0120 – 0178.