

Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados¹

Yessica Fernández Cortés², Karla Daniela Sotto Rodríguez³, Luis Alberto Vargas Marín⁴

Resumen

Introducción. Este documento contribuye a la identificación de impactos ambientales derivados de la producción del café y aprovechamiento sustentable de los residuos generados, en la vereda la Morena del municipio de La Plata – Huila Colombia. **Objetivos.** Analizando las prácticas del proceso de producción que se presentan en la comunidad cafetera, e identificando los métodos de aprovechamiento sustentable de los residuos generados por la pulpa. **Materiales y métodos.** Este estudio se llevó a cabo mediante una combinación de metodología enfocado a una investigación explícita, precisando los métodos de la implementación del cultivo, sistemas del beneficio del café para la obtención de la almendra, y el aprovechamiento de los residuos obtenidos en los procesos de despulpado. Entre las técnicas de recolección de información se realizaron dos grupos focales, entrevistas semi-estructuradas a productores de la vereda, y entidades como el Comité Cadehiuila, Comité

de Cafeteros del Municipio, las diferentes compraventas de café, la Unidad de Desarrollo Rural del Municipio (UDR), Occicafé, y cultivadores de café sostenible del Municipio. **Resultados.** Se identificaron 29 fincas en el sector, teniendo en cuenta 12 fincas que se encontraban en producción, identificando aspectos como la implementación del cultivo, métodos del beneficio del café para la obtención de la almendra, y el aprovechamiento de los residuos obtenido en los procesos de despulpado. **Conclusiones.** Reconociendo que la afectación de los procesos del cultivo del café en el contexto local es alta puesto que reducen permanentemente la posibilidad de recuperación de fuentes hídricas que resultan contaminadas con los desechos de la pulpa, por lo tanto, es importante que el caficultor conozca la ventaja que trae implementar prácticas de desarrollo sostenible por medio de los agroecosistemas.

Palabras claves: Beneficio del café, caficultores, impacto ambiental, monocultivo

1 Artículo original breve derivado del proyecto de investigación Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados, realizado en la Universidad de Manizales, entre agosto y diciembre de 2019, financiado por los autores.

2 Mg. en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Universidad de Manizales, pregrado en Ingeniería Ambiental – Corporación Universitaria del Huila CORHUILA. Correo: yessicaferco11@gmail.com. ORCID: 0000-0001-9791-8085

3 Mg. en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Universidad de Manizales, pregrado en Ingeniería Ambiental – Corporación Universitaria del Huila CORHUILA. Correo: karlasotto20@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2060-8326

4 Candidato a Doctor en Desarrollo Sostenible-Universidad de Manizales-Colombia, Mg. en Educación-Docencia, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales-Colombia, pregrado Economía- Universidad de Manizales – Colombia, Correo: lvargas@umanizales.edu.co. ORCID: 0000-0002-5391-4274

Autor para correspondencia: Yessica Fernández Cortés, correo: yessicaferco11@gmail.com

Recibido: 18/02/2020 Aceptado: 21/07/2020

Environmental impacts from coffee production and to the sustainable use of the waste generated

Abstract

Introduction. This paper contributes to the identification of environmental impacts derived from coffee production and to the sustainable use of the waste generated, in La Morena village of the municipality of La Plata – Huila Colombia. **Objective.** Analyzing the practices of the production process in the coffee community and identifying methods for the sustainable use of waste generated by the pulp. **Materials and methods.** This study was carried out through a combination of methodologies focused on an explicit research, specifying the methods of the implementation of the crop, systems for the process of coffee to obtain the coffee beans, and the use of the waste obtained in the pulping process. Among the information gathering techniques, two focus groups were carried out, semi-structured interviews with producers from the village, and organizations such as the Cadefihuila Committee, the Municipality Coffee Growers Committee, the different coffee traders, the Municipality’s Rural Development Unit (UDR, by its acronym in Spanish), Occicafé, and sustainable coffee growers from the Municipality. **Results.** Twenty (29) farms were identified in the sector, taking into account 12 farms that were in production, identifying aspects such as the implementation of the crop, coffee processing methods for obtaining the almond, and the use of the residues obtained in the pulping processes. **Conclusions.** Acknowledging that the coffee cultivation processes has a high impact in the local context because it permanently reduces the possibility of recovering the water sources that are highly contaminated with pulp, mucilage and boiled water wastes, thus, it is important that the coffee

grower knows the advantage of implementing sustainable development practices through agro-ecosystems.

Keywords: Coffee process, coffee growers, environmental impact, monoculture.

Impactos ambientales da produção do café e aproveitamento sustentável dos resíduos gerados

Resumo

Introdução. O presente documento contribuiu para a identificação de impactos ambientais derivados da produção do café e aproveitamento sustentável dos resíduos gerados, na vereda “La Morena” do município “La Plata- Huila, Colombia”. **Objetivos.** Analisando as práticas do processo de produção que é apresentado na comunidade cafeteira, e identificando os métodos de aproveitamento sustentável dos resíduos gerados pela polpa do café. **Materiais e métodos.** O estudo foi realizado através de uma combinação de metodologias focadas em pesquisas explícitas, precisando os métodos da implementação do cultivo, sistema de benefícios do café para a obtenção da amêndoa e a utilização dos resíduos obtidos nos processos de despulpado. Entre as técnicas de colheita de informação realizar-se dois grupos focais, entrevistas semiestruturadas para os produtores das veredas e algumas entidades como é o (Cadefihuila), comitê de cafeteiros do município, as diferentes compra e venda do café, a unidade de desarrollo rural do município (UDR), (Occicafé) e cultivadores de café sustentável do município. **Resultados.** Identificavam-se vinte e nove fazendas no sector, tendo em conta, as doze fazendas encontravam-se em produção, identificando aspectos como a implementação dos cultivos, métodos do benefício do café para

a obtenção de amêndoa e o aproveitamento dos resíduos obtendo nos processos de despulpados. **Conclusões.** Reconhecendo a afetação dos processos do cultivo do café no contexto local, tem impactos maiores, assim mesmo reduzindo permanentemente a possibilidade de recuperação das fontes de

água, portanto, é importante que o cafeicultor encontre a vantagem de trazer e práticas de desenvolvimento sustentável através de dois sistemas agrícolas.

Palavras chaves: benefício do café, cafeicultores, impacto ambiental, monocultura.

Introducción

El café en Colombia logró un nivel de producción que lo posicionó como un producto bandera que fortaleció la economía de los recursos, generando ingresos a las familias cafeteras de pequeños y medianos productores.

En los 37 municipios del departamento del Huila, el café se ha posicionado como primer productor en el contexto actual.

De acuerdo con el Comité Departamental de Cafeteros, el 96% de los cafeicultores son pequeños propietarios de cultivos con un tamaño promedio de 1,5 hectáreas, los cuales responden por el 82 por ciento de la producción huilense. (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. s.f)

En el proceso de cultivo e industrialización del café, solamente se aprovecha el 5% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 95% restante está representado por residuos. 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. La pulpa de café se genera durante la etapa del despulpado del fruto y representa, en base húmeda, alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco. Su producción media es de 2,25 toneladas frescas/ha-año y se constituye en el principal subproducto del proceso de beneficio. (Rodríguez, 2007)

El cultivo de café debe realizarse con sombrero, coberturas de suelo con malezas nobles, barreras vivas y prácticas de manejo ecológico del beneficio de café, minimizando y haciendo más controlable la contaminación por mieles y pulpa. (PBOT. La Plata–Huila. 2002.)

Es importante mencionar que en el proceso del café no solo se generan impactos ambientales negativos, (que afectan las fuentes hídricas, los suelos, la biodiversidad y los ecosistemas); estos impactos pueden generar graves alteraciones en el desarrollo de la sociedad. Es por ello que es importante la conservación y protección de los recursos naturales pues por medio de ellos el ser humano puede satisfacer sus necesidades, trabajando por un desarrollo sostenible y comprendiendo la importancia de conservar del medio ambiente. Por lo anterior, surge la necesidad de estudiar los impactos ambientales derivados de la producción del café, y su aprovechamiento sustentable de los residuos generados.

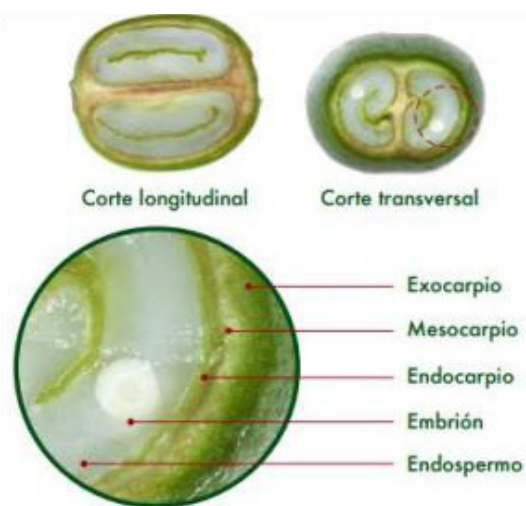
Uno de los factores más afectados por el proceso del café es el agua, debido a su alto consumo en la despulpada, es por ello que es necesario que la comunidad desarrolle estrategias que disminuyan esta carga contaminante.

Teniendo como objetivo identificar los impactos negativos asociados a la producción de café y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados en la vereda la Morena del municipio de La Plata departamento del Huila.

Resulta interesante entender la importancia del café, pero a su vez es indispensable mitigar impactos negativos, para ello se requiere conocer aspectos teóricos relativos al cultivo:

- **Café:** El café es uno de los productos más consumidos, solamente precedido del agua (Preedy VR, 2019). Se consume una media de 2.25 billones de tazas de café diariamente en el mundo (Dadi D, et al. 2018), por lo que se considera una de las materias primas más comercializadas (Jiménez-Zamora A. et al 2015). El café se cultiva en alrededor de 80 países, de los que el 90% son países en vía de desarrollo, por lo que su producción tiene una importancia social relevante (Dadi D, et al. 2018), Destacan como zonas productoras las áreas tropicales de África, Java, Sumatra, India, Islas del Pacífico, México, Centro y Sur América (Preedy VR, 2019).
- **Taxonomía del Café:** Taxonómicamente, todas las plantas del género *Coffea* se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m.; sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas, que varían tanto en tamaño como en textura; sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos) blancas y tubulares; y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran la semilla, normalmente dos por fruto. (Suarez, 2012).
- **Estructura del fruto de café:** (citados por Arcila et al 2007). El fruto del cafeto está compuesto por el pericarpio (pulpa de café), el mesocarpio (mucílago de café), el endocarpio (pergamino o cascarilla) y el endospermo (café almendra) (Arcila et al. 2007).

Figura 1: Estructura del fruto del café



Fuente: FNC 2013

El mucílago representa el 11,8% del fruto en base húmeda. Los granos están revestidos por una doble membrana: la primera es el endocarpio, amarillo pálido y de consistencia dura y frágil, comúnmente llamado pergamino, representa del 6,1% del fruto en base húmeda; y la segunda, más fina que la anterior y adherida al grano (albumen), llamada película plateada (tegumento seminal), que representa 10,2% del fruto en base húmeda. El endospermo, también llamado café verde, representa el 38,9 y 55,4% del fruto en base húmeda y base seca, respectivamente. (Arcila et al. 2007).

- **Pulpa del café:** La producción anual de pulpa de café, en Colombia, es de aproximadamente 2 millones de toneladas. En la mayoría de los casos, los procesos estudiados para su utilización han estado encaminados en hacer de la pulpa de café un producto apto para el consumo animal, en forma de ensilaje o bien seca (Bressani, 1978). De igual forma se ha utilizado para la producción de abono orgánico, obtención de cafeína, extracción de proteína, sustancias pécticas y enzimas pectinolíticas.

- Mucílago de café: Debido a la elevada cantidad de azúcares reductores contenidos en esta fracción del fruto y a la facilidad de ser utilizados por los microorganismos, se le confiere al mucílago una importancia industrial como sustrato en fermentaciones para la producción de metabolitos de interés económico (González, 1982). El mucílago del fruto de café es muy rico en sustancias pécticas, de las que se podría obtener pectinas, de igual forma por su contenido de azúcares se puede utilizar para la producción de miel y de alcohol etílico y por fermentación anaerobia se puede producir gas metano (Calle, 1977).
 - Fermentación del mucilago del café: La fermentación es un proceso bioquímico de una duración aproximada de 10 a 18 horas el cual permite que el mucílago del café, transcurrido este tiempo, se disuelva en agua. Hay que entender que durante este tiempo el proceso de fermentación le ocurre al mucilago del café y no al grano por lo cual no se deteriora la calidad del café y por lo tanto no hay defectos en la bebida, de ahí la importancia de no realizar una sobre fermentación, siendo este es un proceso crítico de mayor cuidado para la conservación de su calidad. (Roa et al. 1999).
 - Aguas mieles: El mucilago es un subproducto generado en los beneficios húmedos de café, su mal manejo genera contaminación a las fuentes de agua, malos olores y cría de moscas u otras plagas. Los impactos negativos a lo largo de los años han generado que se emitan leyes que regulan el manejo adecuado de los subproductos del café para reducir los impactos ambientales.
 - Despulpado: Entre la pulpa y el pergamino de los granos de café maduros se encuentra el mucílago, un líquido gelatinoso con viscosidad y humedad apropiadas para que mediante la acción de fuerzas que presionen el grano en las despulpadoras, ocurra, el despulpado, que separa los granos de café de la pulpa, sin utilizar agua. (Roa et al., 1999).
 - Componente ambiental: Hace referencia a los aspectos concernientes para garantizar no solo producción limpia sino también reducción de contaminación a niveles mínimos y de esta manera contribuir a lo que se considera al contexto moderno en lo sostenible.
 - Se debe aplicar el desarrollo sostenible como una estrategia fundamental y necesaria para garantizar un futuro del medio ambiente y condiciones favorables la sostenibilidad es la posibilidad de las generaciones de garantizar la explotación sostenida de los recursos o factores productivos, a las generaciones futuras (Brundtland, 1987).
- La implementación de sistemas modulares de tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café, diseñados en Cenicafé para descontaminar las aguas residuales generadas en el lavado del café y originadas en beneficiaderos húmedos donde se retira el mucílago o baba por el método de fermentación natural (Zambrano, Isaza, Rodríguez y López, 2006).

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló teniendo en cuenta los “Impactos ambientales de la producción del café y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados”, en la vereda La Morena del municipio de La Plata, a

través de técnicas de observación y entrevistas con los propietarios de los predios, con el propósito de conocer los diversos aspectos que se generaban de las actividades que desarrollaban.

El enfoque metodológico que se empleó para realizar esta investigación fue basado en la técnica de estudios de casos puesto que se investiga sobre nuevas formas que lleven a un conocimiento inmediato de la realidad ambiental.

Ubicación local de la zona de estudio: El área de estudio es la vereda La Morena en el municipio de La Plata departamento del Huila; una de las zonas que se expresa con mayores fortalezas por sus características de un café calificado tradicionalmente como de excelente calidad de la región y donde se han iniciado proyectos productivos en el marco de las denominadas caficultoras.

Recolección de la información

La información secundaria se generó a través de un orden referencial, regional, local y global, tomando como punto referencia el sector cafetero del departamento del Huila en el municipio de La Plata. Información aportada por instituciones gremiales, gubernamentales tales como Cadefihuila, Comité de Cafeteros del Municipio, las diferentes compraventas de café, la Unidad de Desarrollo Rural del municipio (UDR), Occicafé, e información entregada por miembros de la comunidad en aspectos relacionados con la caficultura sostenible. Es importante mencionar que en el levantamiento de la información secundaria se tienen en cuenta estudios de investigación elaborados en las diferentes regiones del país, teniendo como base los impactos asociados en la producción del cultivo del café, por medio de la cual se puede conocer y entender los diferentes componentes que enmarcan el

universo de las fincas productoras de café desde su nivel local, contextos de vulnerabilidad y la contextualización de los modelos de vida.

Recolección de la información primaria

Definida el área, se visitaron los predios o fincas que se encontraban dentro de la zona de influencia con el fin de conocer de los diferentes métodos teniendo en cuenta aspectos como la implementación del cultivo, técnicas para el beneficio del café para la obtención de la almendra, y el aprovechamiento de los residuos obtenidos en los procesos de despulpado con el propósito de conocer la caficultura que empleaban.

Entrevistas: para determinar el estudio se realizaron entrevistas a personas conocedoras del tema y a caficultores que se encontraban en la zona de influencia, a los cuales se les realizaron preguntas de tipo técnico, ambiental, estado fitosanitario, y valor agregado en los procesos de pos cosechas del grano. Posteriormente se procedió a analizar la información obtenida con el propósito de desarrollar la caracterización ambiental de la producción del café, y su posible mitigación a partir del aprovechamiento sustentable de los residuos generados.

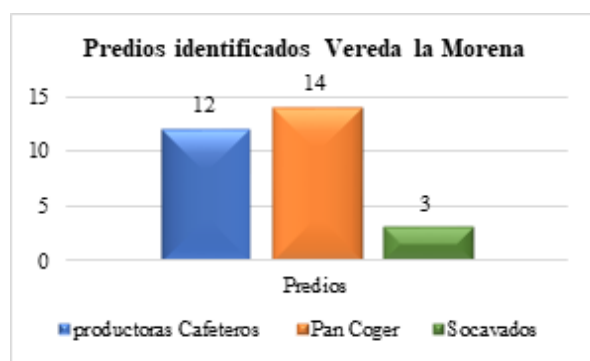
Resultados

Los cultivos son tradicionales, es decir siembra que se produce una vez se rosa, tala y quema el bosque nativo afectando la biodiversidad, la fauna, la flora, especies en vía de extinción que requieren ser protegidas y no destruidas y se suma a esto los pocos programas y proyectos en construcción de beneficiaderos ecológicos que garanticen menor contaminación al recurso hídrico; los caficultores no son conscientes de las afectaciones porque creen erróneamente que los recursos son inagotables y desconocen el permanente deterioro que

producen con los subproductos y las malas prácticas de sus proceso, cultivos y cosechas.

En la visita realizada en la vereda la Morena, se identificaron 29 fincas en el sector, de ese número de predios 15 son productoras de café, 3 de ellas ya habían pasado su producción de 6 años y estaban podadas o como manifestaban los propietarios el cultivo estaba soqueado, lo cual no había producción de café en el momento de la visita. Las 14 fincas restantes también fueron visitadas, pero no son relevantes a la investigación puesto que se identificó que sus cultivos son de pan coger. Grafica 1

Grafica 1. Predios en producción identificados en la Vereda la Morena



Fuente: elaborado por los autores

Teniendo en cuenta que los tres predios que en el momento no presentaban producción de café, tenían alternado el cultivo soqueado con la siembra de productos transitorios como plátano, frijol, yuca, maíz, para tener un ingreso mientras que el cultivo volvía a su etapa productiva.

Los catorce propietarios de los predios que manifestaron no tener cultivos de café trabajan las tierras con cultivos de pan coger y monocultivos como es el cacao, expresando en la entrevista que no cultivaban café porque no era rentable para ellos, y no contaban con el recurso económico de inversión para este tipo de cultivo; teniendo en cuenta que el cafeto es

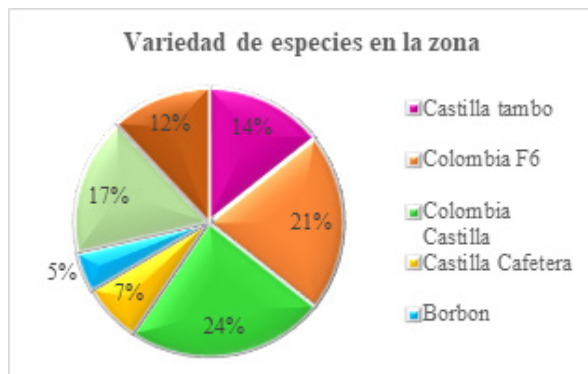
una planta perenne y se considera que alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los 6 y los 8 años de edad, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. (Pulgarín, 2007).

En cuanto a los 12 predios visitados que se encontraban en producción, se analizaron aspectos como la implementación del cultivo, métodos del beneficio del café para la obtención de la almendra, y el aprovechamiento de los residuos obtenido en los procesos de despulpado.

Según los parámetros que los caficultores de la zona establecen en el proceso de siembra de la plántula de café, (agua, aire, suelo, clima y temperatura), son importantes en el momento de una siembra productiva, fue lo que manifestaron los propietarios de las fincas cafeteras de la vereda la Morena. Ellos conocen que el suelo es uno de los principales factores que se deben utilizar de la mejor manera, organizando el terreno para el proceso de siembra sin desaprovechar los espacios y acomodar un mayor número de plántulas por superficie, para la preparación del terreno realizan actividades como el corte de toda la maleza, tala de árboles, quemadas, despalizada, de las cuales se identificaron impactos ambientales como erosión del suelo, pérdida de la biodiversidad y pérdida de micro y macro nutrientes del suelo.

La vereda la Morena se encuentra en una zona montañosa con una temperatura promedio ligeramente inferior: 23°C terrenos donde los caficultores han sembrado variedad de especies que se han adaptado para ofrecer al mercado una taza de café de buena calidad. En Colombia todo el desarrollo hecho en café, se ha adelantado con cafés arábigos, pasando desde las variedades Typica, Borbóm, el Catrurra, variedad Colombia y finalmente variedad Castilla adaptadas a las zonas de ladera de la cordillera andina, que responden a una ecología tropical. (Herrón. 2013)

Grafica 2. Variedad de especies identificadas en la Vereda la Morena



Fuente: elaborado por los autores

De acuerdo con la gráfica 2, se evidencia que el 24% de los predios cultivan una variedad de Colombia Castilla, también especies como Colombia F6 con un 21% de siembra en diferentes terrenos, Caturra el 17%, y Castilla Tambo con 14%, en los predios visitados son las especies más representativas que se encontraban, contando cada uno de dos a tres clases de especies de café cultivado. Otras variedades de especies de café son: Variedad Colombia, Castilla Cafetera, Borbón que se encontraron en muy pocos predios, pero las alternaban con Caturra o Colombia Castilla.

Estas especies más representativas son sembradas porque no son tan susceptible a las plagas y enfermedades más comunes como la roya, broca, Chamusquina, manifiestan los propietarios que realizan el control natural de este tipo de enfermedades, que las especies más susceptibles a la roya como Borbón, y Caturra, emplean el uso de fungicidas protectores como el Oxiclورو de Cobre, y sistémicos como el Cyproconazol o Triadimefon. (Federación Nacional de Cafeteros. 2010).

Teniendo en cuenta, que, como cualquier cultivo, el café necesita de fertilización que contribuye con un óptimo crecimiento y lograr el máximo potencial productivo en el cultivo.

Para esto los productores realizan pruebas de análisis de suelos cada dos años para establecer el plan de fertilización que necesita el cultivo en su etapa productiva, buscando mantener los nutrientes en el suelo para que las deficiencias o excesos que, debido a la naturaleza del material presente, o los cambios del clima o el uso y manejo del suelo se corrijan de acuerdo con los requerimientos del cultivo y su capacidad de producción del área. De acuerdo con Sadeghian, González (2012) la fertilización busca mantener o aumentar la materia orgánica, nutrientes en el suelo y la resistencia de las plantas a condiciones de estrés como la incidencia de plagas, enfermedades, y sequías.

Existen diversas investigaciones relacionadas con el efecto de los nutrientes en el cultivo del café, algunos autores mencionan que la demanda de nutrientes varía con la etapa de desarrollo del cultivo Echeverri (1994). Sin embargo, la dosis anual recomendada es de 1 000 kg de mezcla de fertilizantes simples para cafetales con rendimiento promedio por año de 5000 Kg ha⁻¹, sin considerar análisis de suelo (Valencia, 1992). Se realiza la fertilización según la recomendación de la Federación Nacional de Cafeteros dos veces en el año, la primera se realiza dos meses antes de la cosecha, y la segunda es dos meses antes de la mitaca, teniendo en cuenta que la cosecha grande inicia entre los meses de abril, mayo, junio, julio con una recolección del 60% del fruto, y la mitaca es el 30% de cosecha restante que se presentan en el mes de octubre.

Los procesos de cosecha, conocidos en muchos lugares como beneficio y secado, comienzan a partir de la recolección de las cerezas de café, la temporada de cosecha que varía de acuerdo a las condiciones climáticas, el suelo, los métodos de cultivo y de la especie. Por lo general el periodo de lluvia que se presentan en todo el año crea a su vez floraciones relativamente produciendo de

dos a tres cosechas en el año, mientras que en periodos secos solo deja madurar la baya una sola cosecha. En este sector la recolección de la cosecha es de manera manual, es decir en forma tradicional que va desde las manos al canasto sujetado a la cintura del operario.

De igual manera los caficultores consideran esta labor importante para conservar la calidad del fruto maduro en la recolección, puesto que seleccionan el fruto óptimo para el proceso del beneficio, por lo tanto, los productores consideran que al adquirir tecnología para la recolección es un limitante, debido a que sus cultivos no cuentan con una maduración uniforme y pueden perder la calidad del mismo. En Colombia, la recolección manual selectiva es la técnica empleada para garantizar la calidad de los cafés suaves colombianos; sin embargo, incide en los costos del proceso, con una participación alrededor de 40% (Oliveros y Sanz, 2011).

La recolección de la cereza madura es uno de los criterios que determinan la calidad de la tasa, sin embargo, el proceso de pos cosecha o sistema de beneficio es fundamental para su calidad.

El fruto tiene 4 pieles que deben ser retiradas antes de ser tostado, la pulpa y el mucilago son las dos primeras que deben ser retiradas rápidamente después de ser recogida la cereza, este proceso es llamado beneficio del café que es transformar la café cereza en café pergamino seco; las otras dos pieles se retiran en el proceso de tostión.

Los productores visitados realizan el beneficio húmedo del café que incluye el despulpado, fermentado, lavado y el secado del grano; de los 12 caficultores 3 de ellos se identificaron como los mayores productores de la zona, el cual seleccionan el 10% de su cosecha para el beneficio seco del café, que consiste en

que la cereza madura se recoge y se exponen al sol durante varios días con la pulpa y piel exterior, es decir no se despulpa ni se realiza el proceso de fermentación, se deja ahí hasta alcanzar cierto grado de humedad. Este método es utilizado por los productores con el fin de buscar el efecto de absorción de la semilla con los azúcares y otros compuestos presentes en el mucílago del café, práctica que realizan sin conocer que cuando no se usa agua se evita la contaminación potencial al recurso hídrico.

Según las características de los sistemas reconocidos de beneficio húmedo de café, se identificaron dos tipos de beneficio, convencional con secado solar y ecológico con secado solar y mecánico. Obteniendo que 11 de los 12 caficultores implementan un sistema de beneficio convencional con secado solar, este proceso inicia en recibir el café cereza en la tolva, como resultado tenemos que 4 caficultores reciben el café en la tolva con agua para separar por densidad materiales como hojas, ramas, frutos enfermos, secos y/o materia externa, con un consumo específico de agua de solamente 0,025 L/kg de café pergamino seco (Oliveros et al., 2009); los productores restantes reciben el café en la tolva en seco.

En el desplazamiento de la cereza al despulpado el 64% de los caficultores no implementan agua en este proceso, simplemente lo hacen por acción de gravedad o de forma mecánica por tornillos sin fin, pero el 36% restante de los caficultores implementan agua en este proceso manifestando que es para ayudar a retirar la pulpa del grano y ayudar a su clasificación.

El proceso de despulpado consiste en retirar la pulpa del grano de café, este sistema se realiza sin la implementación de agua debido a que la humedad que trae la cereza ayuda y permite que por acción mecánica o por efectos de presión y fricción se retire la pulpa dejando solo el

mucilago en el grano, encontrando que cuando no se usa agua en el despulpado se evita el 72% de la contaminación potencial de las aguas por beneficio húmedo de café (Oliveros, Sanz 2011).

El grano de café es transportado a tanques o pilas para el proceso de fermentación que desprende el mucilago del grano el cual se obtiene al poner el café en seco para que pueda transcurrir teniendo un aumento de temperatura, PH, y activación de proceso bacteriano, este proceso los caficultores lo realizan de forma natural sin la implementación de algún mecanismo químico o mecánico.

Posteriormente el café pasa al proceso de lavado, que permite retirar el mucilago fermentado del grano, el 66% de los caficultores utilizan agua limpia del acueducto veredal, el 34% de fuentes hídricas cercanas u/o nacadero que tienen en sus predios. Este primer lavado lo realizan en el mismo tanque teniendo un promedio de consumo de agua de 5 a 6 litros por cada kilogramo de pergamino seco, el agua de la primera lavada es desechada, sin ser reutilizada para las siguientes lavadas por que altera la calidad del café, la segunda y tercera lavada para el enjuague se adiciona agua hasta cubrir la masa de café que se encuentra en el tanque o tina agitándose donde elimina todos los residuos restantes. En el cuarto y último enjuague se llena el tanque de agua superando un centímetro la masa de café con la finalidad de que salgan los flotes o granos malos. En el momento de descargar el tanque realizan un lavado para no dejar residuos que afecten el siguiente proceso, puesto que el objetivo es quitar el mucilago que fermenta el grano drenando las aguas mieles.

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC-1998), el agua para el correcto lavado del café, debe disponerse en cantidad suficiente y limpia. Las malas prácticas de lavado y la baja calidad del agua (sucia) hacen que los granos de buena calidad pasen a

convertirse en cafés de calidad inferior (olor a podrido, avinagrado, pergamino manchado), causando pérdidas cuantiosas. En tres de los predios se encontraron canales de correteo que permiten lavar y clasificar el café, con un flujo de agua constante agitando el café para que por acción de gravedad salgan los flotes o granos con menor densidad y cuando se observa el agua del lavado clara o sin residuos, cierran el flujo de agua, con un tiempo de lavado de 30 a 40 minutos, generando un alto consumo de agua.

El lavado del café en canal de correteo tiene gastos variables de agua, entre 7,3 a 19,3 L.kg cps y entre 28 y 54 L.kg cps. El proceso de beneficio convencional, presenta una contaminación unitaria equivalente a 115 g de DQO.kg café cereza (ce), originándose el 73,7% en el despulpado y transporte de pulpa y 26,3% durante las operaciones de lavado y clasificación (Castro, 1987; Zambrano, 1989).

Al terminar el proceso de lavado, se realiza el traslado del grano al sitio de secado solar de forma manual, en el cual se evidencio que los caficultores manejaban variedad de secado, entre ellos en patio de cemento y solar parabólico, con un tiempo estimado de secado del café de 5 a 7 días dependiendo de la temperatura del lugar y los cambios de clima.

En el recorrido se identificó uno de los mayores productores de la zona con aproximadamente 120.000 árboles de café en zona de semi-sombreado, dentro del área cuenta con 5 nacimientos de agua que están en su predio y que son protegidos con diferentes especies forestales para la conservación de estas fuentes hídricas.

Este productor realiza un beneficio ecológico con secado solar y mecánico método de obtención de café pergamino seco, con este sistema busca reducir el consumo de agua en las etapas del beneficio del café, mediante un

proceso continuo hasta la etapa de secado, aplicando el módulo de Ecomill tecnología de Cenicafé, la implementación de este modelo es producir grano de café reduciendo el porcentaje de contaminación a la fuente hídrica.

Este sistema de beneficio ecológico inicia recibiendo la café cereza en la tolva con agua; la cual una vez finalizado el proceso es reutilizado para riego agrícola.

El transporte del café cereza de la tolva de recibo a la despulpadora se hace por medio de un tornillo sin fin, iniciando un despulpa sin agua, actividad donde la pulpa es retirada de la almendra, generando un residuo sólido que es depositado a una fosa, quedando solo la almendra.

La almendra con el mucilago pasa a fermentación natural en tanques cilíndricos sin el uso de agua, que por medio de un sistema mecánico se almacena en los dos tanques según la cantidad de café recogido. En esta fase el café oscila entre 12 a 18 horas buscando descomposición del mucilago. El caficultor con este sistema de beneficio ecológico tiene la opción de fermentar o pasar directamente al lavado.

Por medio de acción mecánico el grano con mucilago pasa al desmucilagador permitiendo el lavado del café con una eficacia de remoción del mucilago en un 95% con un bajo volumen específico de agua en promedio de un 0,6L por kilogramo de café pergamino seco. El cultivo de café genera como subproducto residual el mucilago, el cual se genera en la etapa del desmucilagado, representado alrededor del 14,85% del peso del fruto, posee 35,8 de sustancias pécticas, el 17% está representado por celulosa y ceniza y el 45,8% son azúcares (Sarasty, 2012).

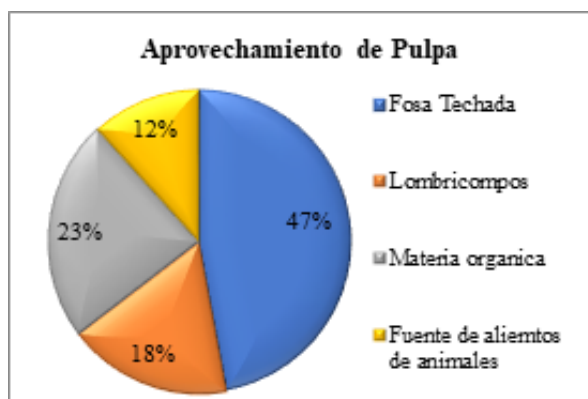
Cabe resaltar que este caficultor cuenta con tanques de almacenamiento de agua lluvia que es aprovechada para el lavado del café. De esta manera la única agua residual que se genera es en este proceso son las provenientes del lavado del equipo que se caracteriza con un bajo volumen y una baja carga orgánica.

El propietario después del lavado en un promedio del 60% del café le realiza el proceso de secado, implementando un equipo diseñado como un horno de estructura cilíndrica denominado secado mecánico, donde deposita el café húmedo y que por medio de la implementación de calor disminuye la humedad del grano, obteniendo el pergamino seco, el 10% del café implementa secado solar parabólico y el 30% es empacado húmedo para ser comercializado en las diferentes cooperativas del municipio.

En el proceso de cultivo del café se aprovecha aproximadamente un 5% del fruto en su preparación, y el 95% restante está representado en los residuos generados. Del subproducto del beneficio del café se obtiene pulpa, mucilago y aguas mieles, los cuales si no se tienen un manejo de reutilización pueden ser agentes que alteren a nivel desfavorable el medio ambiente, debido a sus propiedades químicas y biológicas. (Sarasty 2012)

La pulpa es el primer producto que se genera en el procesamiento del fruto del café, y contiene cerca del 43,58% del peso del fruto fresco. Lo cual lo lleva a hacer uno de los problemas ambientales asociados a la producción del café. (Sarasty 2012). Durante el recorrido se evidencio que los propietarios hacen un tipo de aprovechamiento con este sub producto. Grafica 3

Grafica 3. Aprovechamiento de la pulpa



Fuente: elaborado por los autores

De acuerdo con información suministrada por los propietarios de los predios visitados el 47%, manifestaron establecer fosas techadas en las cuales algunas veces aplicaban microorganismos eficientes con el propósito de acelerar el proceso de descomposición y su respectivo volteo para tener control de la temperatura y olores, esta actividad es fundamental para la descomposición de la pulpa, además permite evitar un 75% de la contaminación hídrica. Se evidencia que con la descomposición de esta pulpa se genera líquidos o lixiviados que no son tratados, sino que son drenados directamente al suelo, también se presenta riesgo sanitario por presencia de vectores por la descomposición de este residuo.

El 23% de los predios utilizan directamente la pulpa como fuente fertilizante en sus cultivos de pan coger por su composición físico-química que contiene cenizas, grasas, fibra, proteínas, nitrógeno, fósforo, potasio, elementos menores que ayudan a recuperar el suelo como fertilizante natural. El 18% de los cafeteros implementan la técnica de lombricompost con el fin de acelerar el proceso de transformación, considerándolo una de las prácticas más sencillas para el aprovechamiento eficiente de este subproducto. La lombriz roja facilita el manejo de la pulpa del café en sus transformación en abono orgánico,

con muy buenos resultados en cuanto a la reducción en el tiempo de procesos (comparado con las prácticas tradicionales) en incremento de biomasa de lombriz y la calidad del lombricompost obtenido (Dávila, Ramírez, 1996), el cual por sus características físico – químicas es un excelente acondicionados de suelos y debido a su gran riqueza microbiológica es buen abono orgánico (Blandón et al, 1998). Y el 12% de los cafeteros los utilizaban como fuente de alimento para los animales como el ganado y los cerdos. En otras investigaciones realizadas menciona que para que la pulpa tenga las mejores características para la alimentación animal esta debe tener un proceso de ensilaje o en seco aclarando que esto se debe combinar con concentrado y forraje. (Noriega 2009).

El mucilago del café es una agente con altos contenidos de pectinas y azúcares lo que lo convierte en un buen reactivo para la obtención de abono orgánico en compost y lombricompost, debido a su gran presencia de microorganismos que ayudan a degradar pectinas y ácido láctico, además de ser muy apto para la obtención de biocombustibles. Siendo estas las estrategias más efectivas que se han implementado para el manejo de este producto residual del beneficio del café. (Sarasty 2012).

De los cafeteros que están en etapa de producción solo uno cuenta con el sistema de desmucilagador, generando mucilago con un porcentaje mínimo de agua. El contenido del agua en el mucilago del café varía entre 85% y 90%, los artículos consultados para esta investigación coinciden que el mucilago es rico en azúcares y pectinas, representando también valores de 0.95% de proteínas, 0,08% de grasa y 0,45% de ceniza y se resalta la presencia de elementos K, Ca, Mg y P. Por tanto, tiene aplicaciones tanto a nivel animal como vegetal, además de aplicaciones industriales. (Sarasty 2012). También del mucilago pueden derivarse pectinas, cafeína, y otros. Por otra parte, el

pergamino puede utilizarse como combustible para secamiento de café. (Chacón, 2001). Hasta el momento él propietario solo realiza un manejo dentro del sistema de aguas mieles sin realizar ningún tipo de aprovechamiento ni proceso para la obtención de subproductos.

El agua que se maneja para el lavado y despulpado del café se convierte en residual (agua miel). “Su naturaleza está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucilago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con agua limpia. (López, Castillo 2011). Las aguas miles o aguas residuales, son aguas que presentan un alto contenido de materia orgánica y acidez que pueden generar graves afectaciones a las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano.

En el sistema de beneficio húmedo del café se utiliza el agua como medio de transporte para el fruto y la pulpa, durante este transcurso se pueden identificar dos flujos de agua residual, como lo son el agua en el despulpado y lavado, las cuales son utilizadas para clasificar, despulpar y lavar formando las aguas mieles, generando corrientes durante el beneficio, presentándose con características particulares y en períodos diferentes. Cuando se hace el lavado tradicional, las aguas procedentes de esta labor son causantes de un 28% de la contaminación total, si se utiliza un desmucilagador mecánico las aguas mieles que se vierten a los cauces naturales causan el doble de la contaminación, comparado con el método tradicional que es de 34 gr DBO (demanda biológica de oxígeno)/kg. de uva. (Chacón, 2001). Las aguas residuales del café si proviene del despulpado tienen un color café oscuro debido a pigmentos en los residuos de pulpa. Por el contrario, las aguas del lavado y desmucilagado tiene un aspecto turbio color crema o lechosos debido a su mayor viscosidad (Guzmán, 2008)

Los caficultores de los predios visitados realizan el procedimiento de sistemas modulares de tratamiento anaerobio para el manejo de aguas residuales del beneficio húmedo del café. A pesar de que los SMTA (Sistemas Modulares de Tratamiento Anaeróbico) desarrollados en Cenicafé permiten eliminar el 80.4 % de la carga orgánica inicial, cumpliendo con lo dispuesto por la legislación ambiental (80 % DQO5- Decreto 1594 / 84), estudios realizados por (Matuk V., 1998) encontraron que los efluentes de los SMTA aún generan un impacto biológico adverso en el ecosistema acuático cafetero, razón por la cual es necesario desarrollar sistemas de postratamiento que disminuyan el 19.6 % restante, en las aguas tratadas.

Por lo anterior a este sistema dos caficultores como un valor agregado a su tratamiento de aguas miles, implementan el sistema de biodigestor con el fin de minimizar la carga contaminante que generan estas aguas residuales, dando un aprovechamiento por biocombustibles, gas utilizado por uso doméstico. Cada agua miel “cuando es sometida al procesamiento en los sistemas de plantas de tratamientos de aguas residuales, se logra separar, por un lado, el agua clarificada y por otro los lodos orgánicos; estos son un buen aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio etc., se pueden mezclar con la pulpa para hacer un compost (Zambrano et al. 2006).

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en la visita a los productores de café de la vereda la Morena del municipio de La Plata, se tiene en cuenta los principales procesos de implementación del cultivo, sistema de beneficio húmedo y el aprovechamiento de los residuos, reflejando el uso inadecuado de los recursos naturales y sus impactos ambientales generados en cada una de sus técnicas para

la producción de café pergamino seco. La transformación del paisaje se puede entender como una respuesta a las necesidades básicas demandadas por el hombre, la cual genera una fuerte presión sobre los sistemas ecológicos. La deforestación descontrolada para sostener la expansión agrícola y ganadera ha sido uno de los principales causantes de transformación. (Etter et al. 2006).

Por lo tanto, la agricultura ha alterado radicalmente los paisajes y ecosistemas del planeta. Estas transformaciones cambian la oferta de bienes y servicios ambientales y, por ende, afectan el bienestar de la sociedad. La agricultura moderna ha generado impactos ambientales muy serios. Ante este escenario se han fortalecido sistemas productivos que reducen el impacto ambiental y mejoran las condiciones de vida de los productores. El cultivo del café bajo sombra es uno de los sistemas productivos más amigables con el entorno (Guhl, 2009). Sin embargo, se evidenció que los caficultores de la zona no implementan el cultivo bajo sombra.

El departamento del Huila ha sufrido enormes deterioros de las zonas cultivadas con café de diferentes variedades, en un afán de obtención de capital y riqueza sin observar ni procurar la afectación al paisaje, solo por cumplir con las necesidades básicas del hombre, generando una fuerte presión sobre el sistema ecológico donde especies nativas son arrasadas, destruidas, quemadas, con el fin de implementar el cultivo. En la zona cafetera colombiana, la erosión hídrica ha sido en gran medida acelerada por varias causales entre ellas: localización inapropiada de los cultivos, suelos totalmente desnudos por el uso generalizado y reiterativo de herbicidas o por efecto de las quemas, laboreo excesivo del suelo y manejo inadecuado de las aguas de escorrentías entre otros (Salazar, Hincapié 2006).

El uso de agroquímicos afecta directamente la salud de los agricultores y los pobladores rurales, así como la calidad del suelo y del agua, en este caso los productores visitados manifestaron que en el momento del proceso ellos aplican agroquímicos si lo requiere la planta para el crecimiento sano del fruto.

Uno de los resultados más importantes relacionados con el beneficio de café consistió en demostrar que el agua no es necesaria para realizar el despulpado del café, ya que la humedad propia del fruto es suficiente para que las semillas sean separadas de la pulpa, con muy bajos esfuerzos (Oliveros, Sanz 2011). El proceso que se implementan por el beneficio húmedo del café en las prácticas tradicionales se estima un consumo de agua entre los 40 y 60 litros para la obtención de 1 kilogramo de café pergamino seco, con un consumo elevado que impacta al recurso hídrico, el cual es implementado en el despulpado, traslado, fermentación, lavado del grano, generando un aumento considerable en la demanda biológica de oxígeno, la carga de sólidos totales, incremento de la temperatura del agua y generación de malos olores por aguas mieles.

La implementación de tanques de tratamiento o biodigestores, permiten que el agua sea utilizada solo para fines agrícolas, impidiendo su aprovechamiento para el consumo, afectando ecosistemas acuáticos y limitando sus usos recreativos.

El beneficio ecológico favorece la disminución del consumo de agua en la implementación de tecnología eficiente para el beneficio del café, como la recirculación para el propio beneficio o aprovechamiento de aguas lluvias. Existe vigilancia de la autoridad ambiental competente que ejercen control sobre la contaminación de aguas a cuencas hidrográficas de influencias cafeteras o el consumo desmesurado para los procesos de

beneficio. El 92% de los caficultores de la zona realizan actividades tradicionales en el beneficio húmedo del café, sin implementar tecnologías eficientes que disminuyan el impacto generado por esta actividad.

En el momento de comparar diferentes procesos que emplean los caficultores, se identifica que la alta calidad o el café sostenible se caracteriza por estar involucrado con el compromiso ambiental, impacto positivo, destacando el uso de tecnologías eficientes, el consumo de productos ecológicos, orgánicos, favoreciendo a una producción sostenible. Cenicafé ha generado tecnologías exitosas, derivadas de aplicaciones de distintas ramas de la ingeniería, que han contribuido a la solución de desafíos encontrados en la producción, cosecha y postcosecha de café. Con ellas se ha buscado mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, disminuir el impacto ambiental y mejorar las condiciones económicas y sociales de los productores (Oliveros, Sanz 2011).

Conclusiones

La afectación de los procesos del cultivo del café en el contexto local, regional, nacional es un impacto alto puesto que reducen permanentemente la posibilidad de recuperación de las micro cuencas los ríos y quebradas que resultan altamente contaminadas con los desechos de la pulpa, mucilago y aguas hervidas que sin un previo proceso de descontaminación purificación y limpieza vuelve nuevamente a las fuentes naturales con una carga bacteriana que afecta considerablemente el hábitat natural de las especies acuáticas.

La necesidad de realizar un adecuado tratamiento de las aguas residuales y los residuos sólidos generados en la vereda la Morena del Municipio de la Plata (Huila), es importante puesto que constituyen de una

forma significativa minimizar los impactos ambientales que se puedan generar, y dar a conocer a otros campesinos esta problemática.

La Federación Nacional de cafeteros y el Fondo Nacional del café asumiendo su responsabilidad social han procedido con investigaciones para la construcción de beneficiadores ecológicos, máquinas de despulpado en seco o de utilización mínima de agua, para la limpieza o purificación de las aguas mieles y utilizadas para el lavado y despulpado del producto.

Es importante que el caficultor conozca la ventaja que trae implementar prácticas de desarrollo sostenible por medio de los agroecosistemas, y así poder obtener los beneficios otorgados por la naturaleza y su conservación logrando un desarrollo sustentable.

Referencias

- Arcila P. J., Farfán V. F., Moreno B. A., Salazar G. L. F., (2007). Hincapié G, E. Sistemas de Producción de café en Colombia. Capítulo 2. Crecimiento y desarrollo de la planta del café. Chinchiná, Cenicafé.
- Blandón G., Dávila M.T., Rodríguez N. (1998). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de los subproductos del beneficio del café en proceso de lombricompostaje.
- Bressani, R. (1978). Posibles usos de los subproductos del grano de café. In: Braham, J. E. and Bressani, R. Pulpa de café. Composición, Tecnología y Utilización. INCAP. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. CIID. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

- Calle, H. (1977). Subproductos del café. Chinchiná (Colombia).Cenicafé. Boletín Técnico N°6
- Castro, Q., G. (1987). Estudio comparativo del lavado y clasificación del café fermentado en canalón y canal semi-sumergido. Universidad Nacional de Colombia. Centro Nacional de Investigación del Café, Cenicafé.
- Centro Nacional De Investigaciones Cafeteras, Cenicafé. Manizales (Caldas)
- Chacón Cáliz. E. O. (2001) Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café. Zamorano Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.
- Constitución Política (1991). Edición Jurídica. Bogotá (Colombia).
- Dadi D, Mengistie E, Terefe G, Getahun T, Haddis A, Birke W, et al. Assessment of the effluent quality of wet coffee processing wastewater and its influence on downstream water quality. Abril de 2018, Ecohydrol Hydrobiol.
- Dávila M. T, Ramírez C. A. (1996). Lombricultura en pulpa de café. Cenicafé
- Echeverría, L. M. J. (1994). Fertilización de los cafetales basada en el análisis de suelos, la mejor inversión. Avances técnicos Cenicafé.
- Etter, A., Mcalpine, C., Wilson, K., Phinn, S., Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. Agriculture, Ecosystems & Environment. ScienceDirect
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). Café y medio ambiente. Recuperado de: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/mucho_mas_que_una_bebida/cafey_medio_ambiente/
- Federación nacional de cafeteros de Colombia (FNCC). (1998). Café, generalidades de su proceso. Publicación del Centro de Preparación del Café.
- Federación Nacional De Cafeteros De Colombia. (2012). Comité Departamental del Tolima. Tolima café de alta calidad. Recuperado de: http://www.tolima.federaciondecafeteros.org/fnc/nuestro_cafe/category/118
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2015). Renovación, Compromiso Cafetero, Huila.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2016). Producción de Café de Colombia creció 4% en enero. Recuperado de: http://www.cafedecolombia.com/cci-fnces/index.php/comments/produccion_de_cafe_de_colombia_crecio_4_en_enero
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. s.f. Huila, eje del nuevo mapa cafetero colombiano. Recuperado de: https://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/buenas_noticias/huila_ej_e_del_nuevo_mapa_cafetero_colombiano/
- Garavito, A.; Puerta, G.I. (1998). Utilización del mucílago de café en la alimentación de cerdos. Revista Cenicafé (Colombia).
- González, E. (1982).Temas selectos sobre el aprovechamiento de los residuos del beneficiado húmedo del café. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- Guhl, A. (2009). Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. Revista de Estudios Sociales. Universidad de los Andes.

- Guzmán Mora M. (2008). Utilización de las mieles del desmucilaginado mecánico del café (*coffea arábica*) en la alimentación del ganado bovino. Universidad de Costa Rica.
- Herron Ortiz A. (2013). Producción de café en zonas no tradicionales. Estudios técnicos agrícolas S.A.S
- Jiménez-Zamora A, Pastoriza S, Rufián-Henares JA. Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. Abril 2015. LWT–Food Sci Technol.
- López A., Castillo B. (2011). Aprovechamiento de las aguas mieles para la producción de etanol y abono orgánico. Estelí: Universidad Nacional de Ingeniería
- Matuk, V. (1998). El impacto biológico de las aguas residuales del lavado del beneficio húmedo del café tratado anaeróbicamente. Edición de la Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana.
- Noriega, A. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal, Venezuela: Zootecnia.
- Oliveros Tascóna C. E., Sanz Uribe J. R. (2011). Ingeniería y café en Colombia
- PBOT. 2002. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. La Plata Huila.
- Peñuela A., 2010. Estudio de la remoción del mucilago de café a través de fermentación natural. Manizales (Colombia), Universidad de Manizales. Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo-CIMAD-. (Tesis: Maestría Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente).
- Preedy VR. Coffee in Health and Disease Prevention. Elsevier; 2015 (citado 9 de julio de 2019). 1080 p. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20120069591>
- Pulgarin Arcila J. 2007. Renovación y administración de los cafeteros para estabilizar la producción de la finca. Cenicafé
- Ramírez, C., Oliveros C., y Sanz, J. (2015). Manejo de lixiviados y aguas de lavado en el proceso de beneficio húmedo del café. Revista Cenicafé
- Roa, G; Oliveros, C; Álvarez, J; Sanz, J; Dávila, M; Álvarez, J; Zambrano, D; Puerta, G; Rodríguez, N. (1999). Beneficio ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé.
- Rodríguez V. N.; Zambrano F., D.A.; Ramírez G., C.A. (2013). Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. In: Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná: FNC: Cenicafé.
- Rodríguez, N. Informe anual de actividades 2006-2007. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental, 2007. (Mecanografiado)
- Sadeghian, K. S. y González, O. H. (2012). Alternativas generales de fertilización para cafetales en etapa de producción. Avances técnicos Cenicafé.
- Sarasty Zambrano D. J (2012). Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiadero del café. Universidad industrial de Santander.
- Smith (2000). La riqueza de las naciones, Editorial Siglo XXI. Bogotá (Colombia).

Suarez, J. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficiodel café, en el Municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones. Caldas, Antioquia: Corporación universitaria lasallista.

Valencia, G. A. (1992). Fertilización de los cafetales. Avances técnicos Cenicafé.

Zambrano D. Rodríguez N. Y López U. et al. (2006) Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Caldas: Cenicafé.

Zambrano, D; Isaza, J; Rodríguez, N; López, U. (2006). Tratamiento anaeróbico de las aguas mieles del café. Cenicafé, Boletín Técnico N° 29 Chinchiná Caldas (Colombia).

Zambrano, F., D. A. (1989). Resultados de los estudios de laboratorio. In: Informe anual de actividades octubre 1988.