

**Tecnologías utilizadas en el beneficio del café para la reducción de la contaminación
ambiental y los procesos de adopción**

Nicolás Robledo Giraldo

Monografía opción de grado en la Especialización de Gestión de Proyectos

YENLY PERDOMO GRANJA

Director de trabajo de grado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Escuela de Ciencias Administrativas, Económicas, Contables y de Negocios

Especialización en Gestión de Proyectos

CEAD Dosquebradas

2020

Tabla de contenido

Introducción	6
Planteamiento del problema.....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Metodología	12
1. Beneficio del café en Colombia.....	13
1.1 Proceso del beneficio del café.....	13
1.2 Subproductos en el proceso de beneficio	15
1.3 Los impactos negativos como consecuencia del beneficio del café.....	16
1.4 Tipos de beneficio del café en Colombia	19
2. Tecnologías en el proceso de beneficio del café.....	24
2.1 Tanque Tina.....	24
2.2 Modelo Becolsub.....	27
2.3 Modelo Ecomill.....	28
2.4 Otras prácticas sostenibles	29
2.4.1 Normas y certificaciones ambientales	29
2.4.2 Oportunidades de prevención de la contaminación en el lavado del café	31
2.4.3 Buenas prácticas agrícolas BPA	32
2.5 Aprovechamiento de los residuos.	33
3. Proceso de adopción de las tecnologías	35
3.1 Elementos del proceso.....	36
3.2 Adopción y factores que inciden en su proceso	37
Conclusiones	40
Opinión personal.....	43
Referencias.....	46

Resumen

El café colombiano tiene una alta demanda a nivel mundial por la calidad, esto obliga al sector cafetero a aumentar su productividad y competitividad.

Estos desafíos traen adheridos impactos negativos al medio ambiente por la aplicación de tecnologías insostenibles, un ejemplo de ello es el proceso de beneficio convencional del café, el cual para su ejecución necesita grandes cantidades de agua, las cuales en el proceso de transformación generan subproductos como la pulpa y el mucilago que contienen grandes cantidades de agentes orgánicos y llevan cuando no se tiene un manejo adecuado a contaminar las fuentes hídricas existentes en la región.

Esta Monografía, tiene como objetivo caracterizar las principales tecnologías desarrolladas para el beneficio del café como el Tanque Tina, el Becolsub y el Ecomill, las cuales reducen el consumo de agua y permiten hacer uso de los subproductos, aminorando significativamente la contaminación ambiental generada en los sistemas productivos cafeteros.

De esta forma se pretende ayudar a través de la difusión, la adopción en los sistemas agroproductivos; aspectos que se han visto limitados por las condiciones socioeconómicas y culturales del entorno cafetero, llevando a los productores a crear resistencia al cambio y a agotar la sostenibilidad de su cultivo.

Abstract

Through the years, the Colombian coffee has been recognized worldwide for different reasons; between them the quality of the product (which has been declining), the soft profile of the cup and the fact that those who produce it are grouped in a technology and investigation development center. The last reasons and some others have gotten to position the Colombian coffee as one of the favorites for countries that are highly buyers of the product as they are: USA, Germany,

Italy, Japan, etc; this situation has forced the coffee sector to increase productivity and competitiveness of coffee beans and improve its quality.

These challenges bring attached negative impacts to the environment because of the untenable technologies application, an example of it, is the conventional coffee benefit process, which needs for its execution large amounts of water, which in the process of transformation generate subgroups as pulp and mucilage that contain large quantities of organic agents and carry on when it doesn't have proper handling to avoid the pollution of water sources that exist in the region this essay has as objective characterize the main developed technologies for the benefit of the coffee like, tina tank, the Becolsub and the Ecomill, which reduce the water consumption and let to make use of by-products, lessening significantly the environment pollution generated in coffee production systems in this way it is intended to help through diffusion, the adoption in agroproductive systems; aspects that have been limited by socioeconomic and cultural conditions of coffee environment forcing producers to create resistance to the change and deplete the sustainability of their crop.

Descriptorios claves

Café, proceso de beneficio, beneficio convencional, proceso de beneficio húmedo del café, índice de manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café “IMAPBHC”, índice de calidad ambiental “ICAPBHC”, Becolsub, Ecomill, Tanque Tina, contaminación, recurso hídrico, pulpa, mucilago, recibo, despulpado, clasificación, desmucilaginado y lavado.

Introducción

Uno de los principales renglones de la economía colombiana está representada por la producción de café, así mismo es un renglón en el que interviene un importante porcentaje de productores; pues es bien sabido que la mayoría de estos en Colombia son cafeteros que tienen predios con un área inferior a las 3 has; dicha característica, hace que todo proceso en la producción del grano se haga de manera artesanal incluso el beneficio del producto, en dicho proceso solo se necesita una máquina para pelar café, un tanque para fermentarlo donde se desprenda el mucilago (beneficio húmedo) y un espacio donde secarlo (Herrón, 2013). Este proceso de beneficio húmedo se desarrolla sin las medidas necesarias para la protección del recurso hídrico, conduciendo a la contaminación del mismo (CENICAFE, 2011).

La caficultura es una actividad agrícola que tiene muchos años de experiencia y desarrollo en Colombia, contando siempre con el apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y del centro de investigación más importante del mundo como lo es “CENICAFE” este acompañamiento se refleja tanto a nivel de campo con el productor y en investigación con el desarrollo de nuevas tecnologías (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2020), sin embargo, según Gaitán y Pachón (2010) el gremio continúa inmerso en situaciones que no permiten la implementación para que dichas tecnologías sean aplicables por parte de los productores de café, ya sea por insolvencia económica o por falta de compromiso del mismo con el gremio, la sostenibilidad y el medio ambiente.

Es cierto cuando dicen que Colombia es un país que respira café, y lo es porque este hermoso cultivo impulsa la economía de 563,000 familias en 588 municipios de 20 departamentos en el territorio nacional; adicionalmente 2.7 millones de personas dependen directamente del café, lo cual representa el 33% de la población rural en Colombia

(FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2020). Este impacto en la economía del país también se ve reflejado en la generación de 726,000 empleos directos y 1.4 millones de empleos indirectos, representando además el 18% del PIB agrícola de nuestro país (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2019). Por lo anterior, el área productiva en Colombia abarca 43.1 millones de hectáreas, de las cuales 914 mil son sembradas en café; lo anterior explica también la importancia que tiene el grano para el desarrollo del país (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2011).

En ese orden de ideas, el contexto social, económico y ambiental que integra el sector cafetero, impulso a la UNESCO a declarar en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca al “Paisaje Cultural Cafetero” como patrimonio mundial, proclamación que lleva a reconocer estas zonas como regiones que deben ser preservadas en el tiempo y a su vez deben ser protegidas por toda la humanidad; lo anterior incluye los elementos naturales, económicos, culturales y sociales que integran toda la región (PAISAJE CULTURAL CAFETERO, 2017).

Otro factor importante a tener en cuenta, es la demanda en el exterior del café colombiano gracias a su calidad, situación que lleva a buscar estrategias que fomenten la efectividad en el sector cafetero, pero con tecnologías hacia el uso racional de los recursos (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2014).

En este sentido, el proceso de beneficio es el que otorga el valor agregado que presenta el café colombiano para potencializar todos sus atributos en taza, pero también es aquel que puede suscitar mayor degradación en los recursos (Puerta, 2016); por este motivo, el trabajo busca generar conciencia en las personas, de la responsabilidad que tienen en transformar la producción del café con un enfoque competitivo pero de igual forma sostenible.

Es así como se justifica este trabajo, al identificar una problemática marcada, se busca resaltar las acciones concretas fruto de investigaciones que han llevado a generar tecnologías que mitigan los riesgos ambientales y favorecen a su vez la efectividad en los procesos. De igual forma, el trabajo aborda también aspectos culturales que limitan la adopción de tecnologías y llevan a las personas a crear barreras para resistirse a los cambios y continuar con prácticas irracionales que atentan contra los recursos existentes.

De acuerdo a lo anterior, el presente documento contribuye al campo de conocimiento al compilar bibliografía acerca de las investigaciones y tecnologías desarrolladas para hacer del campo cafetero un área de producción sustentable en el tiempo.

En ese orden de ideas, las zonas cafeteras son ricas por su biodiversidad, por sus fuentes hídricas y por contar con unas condiciones climáticas aptas para el cultivo, además, se encuentran unos suelos fértiles para sostener actividades agropecuarias rentables, que brindan la posibilidad de desarrollo a miles de personas, razón por la cual se debe dar un manejo correcto y responsable para garantizar su preservación (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 2011).

Planteamiento del problema

El beneficio del café es aquella etapa donde se separa el grano de la pulpa, transformando los frutos maduros de café a granos de café en pergamino (Morales, 2014); según Aristizábal y Duque (2005) este proceso es determinante en la calidad del café, ya que el 80% de los defectos que se pueden generar en el grano se originan en esta fase, por lo tanto, el proceso de beneficio permite que el café posea todos los atributos de calidad para llegar en la cadena de comercialización al consumidor final y disfrutar así de una taza de café.

Este proceso es realizado por los caficultores en los “beneficiaderos” nombre que se le da a las instalaciones de cada una de las fincas donde se realiza todo el proceso de transformación del grano (Valencia, Sanz, Oliveros y Ramírez, 2015).

El beneficio convencional se ha desarrollado por muchos años, utilizando en promedio 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco producido y sumado a lo anterior, los subproductos resultantes en el proceso no tienen ningún manejo para su posterior utilización (Zuluaga y Zambrano, 1993).

Los vertimientos de residuos aumentan la contaminación de las aguas al elevar la demanda biológica de oxígeno y disminuyen la presencia de la biodiversidad por la misma falta de oxígeno (Granados, 1994), esto refleja el impacto ambiental generado por el sistema.

En este sentido, el café es la única alternativa de ingresos para miles de familias colombianas, sin embargo, el actual modelo de negocio que direcciona al mundo cafetero es el responsable de la degradación del medio ambiente por medio de la explotación irracional de los recursos naturales, y a su vez, dicho modelo es incapaz de generar sostenibilidad económica a los productores, siendo estos los más vulnerables en la cadena de valor (DIARIO RESPONSABLE, 2019).

En un estudio de Aristizábal y Duque (2005) el 58% de las fincas encuestadas benefician su café de forma tradicional con secado solar, el 21% realiza beneficio ecológico con secado mecánico, el 11% realiza beneficio tradicional con secado mecánico y el 10% tenía beneficio ecológico y secado solar; el problema se incrementa cuando el 74.86% de los productores manifestaron que no percibían que estuvieran generando contaminación en sus procesos, por el 25.14% que indicaron que si eran conscientes del impacto negativo hacia el medio ambiente por parte de su actividad productiva.

En concordancia con lo anterior, han surgido movimientos mundiales entorno a la transformación de los sistemas productivos, hacia sistemas sostenibles que garanticen la productividad, pero también la conservación de los ecosistemas (Trejos, Serna, Cruz y Calderón, 2011). En ese orden de ideas, se han desarrollado tecnologías que buscan reducir el impacto negativo del proceso del beneficio y aunque el trabajo de las instituciones se ha enfocado en promover su adopción, estos esfuerzos chocan contra el contexto sociocultural en el cual se produce el café, lo cual lleva a que muchas tecnologías no se implementen por diferentes razones, tales como el desconocimiento de ellas, los costos de implementación, las condiciones de los predios cafeteros y la cultura de muchos de los caficultores que se niegan a adaptarse a condiciones cambiantes en sus formas de manejo (Arango, 1999).

Por lo tanto, el reto es continuar trabajando en la competitividad y en la productividad del sector cafetero nacional con un enfoque sustentable hacia la preservación de los recursos naturales no renovables.

Objetivo general

Caracterizar las tecnologías desarrolladas en Colombia para mitigar la contaminación ambiental originada en las inadecuadas prácticas en el beneficio del café.

Objetivos específicos

- 1) Identificar a partir de la revisión de literatura, los impactos negativos al medio ambiente, originados por las malas prácticas en el beneficio del café.
- 2) Describir las características y beneficios de las tecnologías amigables con el ambiente, tales como el Tanque Tina, el Becolsub y el Ecomill.
- 3) Analizar las principales causas que llevan a reducir el nivel de adopción de tecnologías por parte de los productores.

Metodología

La revisión de literatura con la cual se configuro el presente trabajo se desarrolló siguiendo los pasos que se presentan a continuación (Hernández, Fernández y Baptista, 2010):

- **Revisión:** A partir del tema central y de los objetivos se hizo la revisión de fuentes primarias en la página virtual de Cenicafé donde se encuentran publicadas las investigaciones en las diferentes disciplinas; de igual manera se consultaron otras fuentes utilizando los motores de búsqueda de internet teniendo en cuenta las palabras claves de la monografía.
- **Detección:** Después de identificadas las fuentes primarias tales como los avances de investigación, los artículos, manuales y libros que alimentaron el soporte teórico del trabajo, se procedió a localizarlos, descargarlos y almacenarlos para su respectiva validación y consulta.
- **Consulta:** Al tener físicamente las fuentes primarias se inició con su consulta; para el desarrollo de este paso y en aras de recopilar la información más importante se dio respuesta algunas preguntas como ¿qué elementos de las investigaciones son útiles para nuestro trabajo? ¿los aspectos abordados responden al objetivo de la monografía? ¿la óptica desde la cual se fundamentan coincide y son coherentes con el sentido en el cual se construyó el documento? ¿la fuente primaria cuenta con el rigor científico para servir de base en el trabajo?
- **Integración:** Los anteriores pasos se enmarcaron en una revisión exhaustiva de las fuentes primarias, posteriormente se realizó un proceso de análisis de las fuentes y de los contenidos seleccionados para articularlos con los objetivos de la monografía.

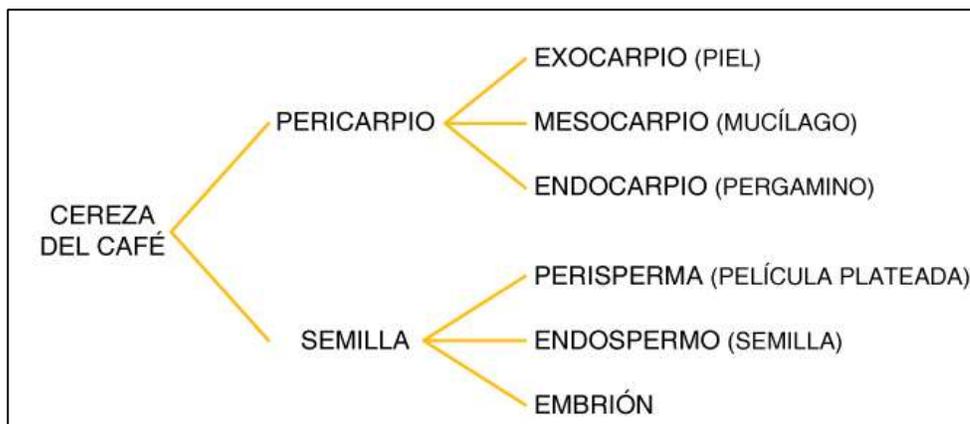
1. Beneficio del café en Colombia

1.1 Proceso del beneficio del café

El Proceso de beneficio tiene como propósito quitar dos de las estructuras que conforman el grano de café, como son la pulpa y el mucilago, transformando con ello el fruto maduro llamado café cereza “CC” en café pergamino seco “CPS”, el cual ya puede ser almacenado e iniciar la fase de comercialización (Vásquez, 2016).

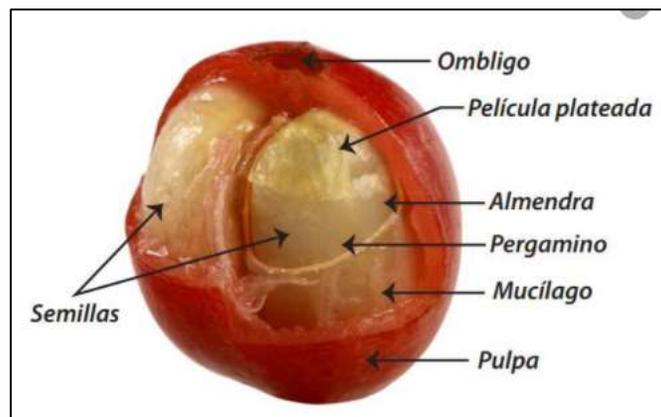
En la *Figura 1* y en la *Figura 2* se describen las partes que conforman el grano de café.

Figura 1. Partes que conforman un grano de café.



Fuente: (SE HABLA CAFE, 2019)

Figura 2. Composición de un fruto de café

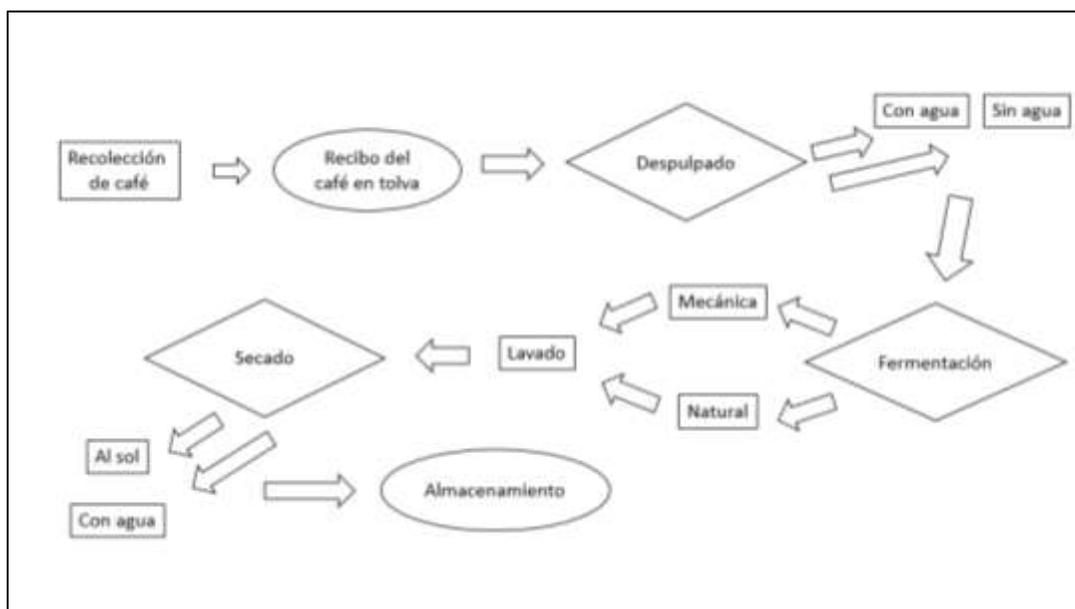


Fuente: (Ramos, Sanz y Oliveros, 2010)

El fruto de café se divide específicamente en dos partes: El Pericarpio y la Semilla (SE HABLA CAFE, 2019). El Pericarpio está conformado por el Exocarpio, el Mesocarpio y el Endocarpio; los dos primeros constituyen la “pulpa del café”; además el Mesocarpio representa lo que se conoce con el nombre de “mucilago del café”; y el Endocarpio, que es la parte más interna del Pericarpio, se conoce como el “pergamino”; de esta manera, el Pericarpio sufre una serie de transformaciones químicas que lo llevan a presentar un aumento de agua, azúcares y taninos, a su vez presenta un engrosamiento y lignificación de las paredes celulares; con relación al Exocarpio, es la capa más externa del fruto y está formada por una capa de célula parénquima, la cual cambia de color a medida que va ganando madurez el fruto; por su parte el mesocarpio a medida que se va dando la madurez, genera un hidrogel insoluble rico en azúcares y pectinas (CENICAFE, 2013).

En la *Figura 3* se presenta un diagrama de flujo con las diferentes etapas del proceso de beneficio del café.

Figura 3. Etapas del proceso de beneficio del café.



Fuente: (Vanegas, 2017)

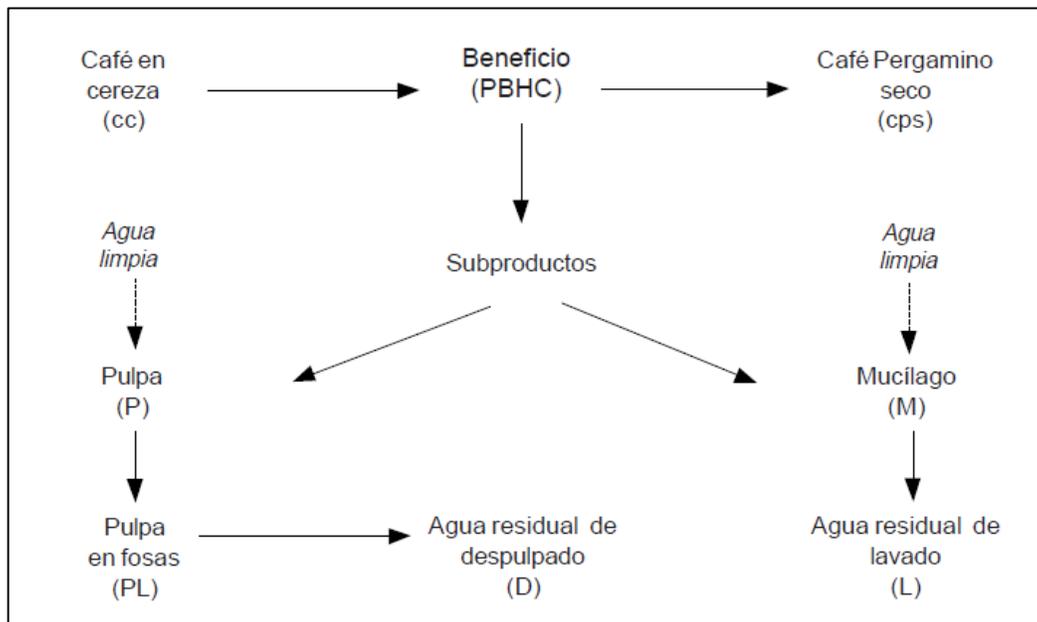
Las etapas en el proceso de beneficio comprenden el recibo del café cereza bien sea en la tolva de la despulpadora o en tolvas aparte donde se transporta el café hasta la despulpadora; despulpado, que consiste en retirar la pulpa de la cereza por presión, esta puede ser con agua o sin agua; fermentación, en la cual se remueve el mucilago que es la baba que recubre el grano despulpado, esta puede ser natural o mecánica, utilizándose cuando es por medio natural los tanques donde se recibe el café despulpado; lavado, el cual necesita agua completamente limpia y permite quitar totalmente el mucilago; secado, el cual busca reducir la humedad del grano para ser almacenado o comercializado (CENICAFE, 2016).

1.2 Subproductos en el proceso de beneficio

De este proceso resultan la pulpa y el mucilago como subproductos; en el cual, durante el beneficio convencional, fruto de los altos consumos de agua, dichos subproductos son potencialmente nocivos para los recursos; para el caso de la pulpa, al ser transportada con el agua, lixivia compuestos que contaminan las fuentes hídricas; al igual que el mucilago,

generador de las aguas residuales del lavado, las cuales impactan negativamente el recurso hídrico existente (Zambrano e Isaza, 1998).

Figura 4. Subproductos del proceso de beneficio.



Fuente: (Zambrano e Isaza, 1998)

La mayor parte de las fincas donde se realiza el beneficio tradicional del café, no cuentan con la capacidad suficiente para realizar el proceso de beneficio, situación que puede conducir a generar prácticas inadecuadas que amenazan los recursos naturales (Aristizábal, 2006).

1.3 Los impactos negativos como consecuencia del beneficio del café

Debido al uso irracional de agua en el proceso y a la falta de manejo de los subproductos a las corrientes de agua, llegan fuertes cantidades contaminantes de mucílago sin ningún tratamiento, por lo cual, estos residuos tienen altos contenidos de materia orgánica, que sin un debido manejo pueden ocasionar serios perjuicios a las aguas donde se vierten (Urquijo, 2016), algunos de estos impactos son:

- Muerte de la fauna acuática por el pH ácido de los residuos.

- Reducción del oxígeno en las aguas por la descomposición de residuos, aumentando así la demanda bioquímica de oxígeno, lo cual lleva a una degradación en la flora y la fauna.
- Generación de olores y cambios en los componentes químicos del agua.
- Disminución en la actividad fotosintética de las algas y otras plantas por la turbiedad producida por los residuos contaminantes.

Se debe mencionar además que la pulpa de café contiene pH ácido y una alta carga de fenoles y polifenoles que son tóxicos para la mayor parte de la fauna edáfica conduciendo a un problema medioambiental si no se le da un uso correcto a dicho subproducto (Cervantes, Ponce, Balsameda, Cabrera y Fernández, 2015).

Figura 5. Contaminación de fuentes hídricas por el beneficio del café.



Fuente: (Capera y Sánchez, 2018)

Según información reportada por el servicio de extensión de la Federación Nacional de Cafeteros en el departamento de Antioquia, alrededor de una tercera parte de las fincas de mayor formato (fincas en promedio de 10 has en café), no le realizan ningún tratamiento a las mieles generadas en el proceso del beneficio, de modo que dichas mieles van a parar a fuentes de agua naturales como ríos y quebradas; otro grupo similar en porcentaje al anterior (30%) hace disposición de la miel en camas de fertilizante orgánico donde la lombriz ayuda con el proceso

de descomposición del mismo y finalmente, el grupo restante de fincas empresariales mezclan la miel residual del beneficio con la pulpa para hacer abono orgánico o la utiliza para la alimentación de ganado vacuno (Restrepo, 1999).

➤ **Pulpa:**

En promedio por cada millón de sacos de 60 kg de café en almendra (esta es la forma en la que el grano es exportado sin transformación alguna), se producen alrededor de 162.900 toneladas de pulpa fresca lo que equivale a la contaminación generada durante un año por una población de más o menos 868.736 habitantes en aguas negras de los servicios sanitarios (orina y excretas) en el caso de que dicha pulpa se disponga de la manera incorrecta o no se le dé el tratamiento adecuado (Echavarría, 2016).

➤ **Mucilago:**

El mucilago del café corresponde a un 15% del peso de la cereza del café y es la parte del fruto conocida como la baba o la miel del café; por lo tanto, la generación de al menos unas 60.000 toneladas de miel de café o baba de café en fresco se obtienen de la producción de un millón de sacos de 60 kg de café tipo exportación, si esta cantidad de mucilago no se maneja de la manera indicada, la contaminación que esta puede generar puede ser comparable con la obtenida por la población de un municipio con 310.000 habitantes a partir de las aguas negras que el mismo genere; así mismo. el agua que resulta de la remoción del mucilago del café, tiene carga contaminante que puede ser entre 60 y 240 veces superior a la que se genera por el agua residual doméstica, por lo tanto, se hace énfasis en que los vertimientos de las aguas de beneficio que se direccionan a las fuentes hídricas tienen un alto potencial para lograr el agotamiento del oxígeno en dichas fuentes de agua, situación que afecta directamente los ecosistemas de las

quebradas y los ríos; además, la situación se complejiza cuando por cada kilogramo de café pergamino seco (CPS) se utilizan alrededor de 40 litros de agua limpia (Agudelo, 2018).

A nivel de laboratorio se han realizado a través de los años diferentes experimentos para medir el impacto de contaminación de las aguas derivadas del beneficio del café en el medio ambiente, uno de ellos fue colocar unas sardinas y renacuajos en un medio acuático que estaba contaminado en un 50% con agua de beneficio (aguas mieles), estos seres vivos morían en tan solo unos minutos; además de este ensayo se llevaron a cabo muchos otros con diferentes niveles de contaminación y en diferentes cantidades de agua (piscinas hasta de 10 metros cúbicos de capacidad) y con otro tipo de animales; en todos los casos las aguas de beneficio resultaron nocivas para todos los animales ensayados (Arcila, 1979).

1.4 Tipos de beneficio del café en Colombia

A finales del año 1994, algunos fabricantes de maquinaria agrícola, habían diseñado un desmucilagador vertical el cual integraba una peladora de café sin agua, una tolva de recibo de pulpa seca, un módulo de pelado, lavado y limpiado, bandeja de recibo de mucílago, de residuos, un tornillo sinfín y finalmente un transportador de la mezcla de pulpa y mucílago hasta la fosa de pulpa; todo ello accionado por un solo motor, dicho prototipo era denominado como BECOLSUB (Arango,1999).

Un año más tarde, la integración de diferentes entidades a nivel país en Colombia, trazaron una meta de un 72% en la reducción de la contaminación derivada del beneficio de café a través del programa de Beneficio Ecológico; y fue hasta agosto de 1995 cuando se creó un programa para el productor de café de mayor formato (áreas superiores a 10 has en café) en el que se le subsidiaba al mismo un desmucilagador mecánico para beneficio del grano; esta herramienta alcanzó resultados más altos de los esperados al reducir el nivel de contaminación en

aproximadamente un 95%, sin embargo a finales de ese mismo año se decidió suspender el subsidio en un 50% (Restrepo, 1999).

Valencia et al.(2015) desarrollaron unos indicadores que determinan la eficiencia en el manejo de los recursos a partir de las tecnologías usadas en el proceso de beneficio; el Índice de Manejo del Agua en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café “IMAPBHC” cuantifica el uso de agua en cada una de las etapas y determina con ello su ahorro y su uso eficiente; y el Índice de Calidad Ambiental “ICAPBHC” cuantifica el impacto ambiental generado por la tecnología aplicada; ambos manejan una escala de valor para los índices que van de 0 - 1 siendo cero el valor que indica el máximo consumo de recurso y con ello se genera una mayor presión sobre la degradación del ambiente, por su parte el valor de uno o más próximo a él, se refiere a la aplicación de tecnologías que llevan a realizar un ahorro del recurso y con ello la actividad es sostenible; dichos indicadores permiten evaluar estrategias y acciones para consolidar una producción sostenible económicamente y ambientalmente.

Cenicafé ha clasificado el beneficio en tres tipos: beneficio convencional, beneficio ecológico y beneficio ecológico sin vertimientos (Aristizábal y Duque, 2005).

El tipo de “Beneficio Convencional” se ha desarrollado en Colombia a través de los años, y ha permitido que el café de Colombia reciba la denominación de “café suaves lavados” potencializando así los atributos de calidad por el proceso del beneficio húmedo; sin embargo, este método atenta contra la sostenibilidad ambiental, social y económica de la caficultura mundial, al hacer uso indiscriminado de los recursos naturales, utilizando grandes cantidades de agua en las etapas de despulpado, clasificación, lavado y transporte del café (Zambrano e Isaza, 1998).

De acuerdo a Zuluaga y Zambrano (1993) se requiere por lo menos 20 lt de agua por kg de café pergamino seco producido en la operación del despulpado y del transporte hidráulico de la pulpa y del café en baba; de igual forma se necesitaban otros 20 lt de agua limpia por kg de cps producido en el lavado y clasificación del café; así mismo, otra de las características de este tipo de beneficio es la ausencia de manejo para los subproductos (pulpa y mucilago) generados en el beneficio del café.

El despulpado con agua y el transporte de la pulpa con agua hasta las fosas sin techo, pueden representar el 74% de la contaminación potencial de los subproductos del café, ya que los sólidos disueltos constituyen la mayor fracción de sólidos en las aguas de despulpado, por lo tanto, este tipo de beneficio produce alta contaminación orgánica por kilogramo de café producido, el cual en promedio es de 115 gr DQO (demanda química de oxígeno) (FNC, 2015, como se citó en Mejía, 2018).

Respecto a los indicadores de manejo del agua IMAPBH y de calidad ambiental ICAPBHC el tipo de beneficio convencional muestra valores cercanos a 0 indicando con esto las prácticas irracionales en el proceso y el consumo excesivo de recursos que llevan a potencializar los procesos de contaminación; sin embargo cuando se implementan tecnologías como el Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS) o el tanque sifón con sistemas de recirculación, ambos para el proceso de recibo y clasificación, al igual que un sistema de manejo para la pulpa en fosas techadas, el indicador IMAPMH tiene un valor de 0.433 reflejando un uso más racional del recurso hídrico pero el ICAPBHC muestra aun un valor muy bajo de 0.002 por el impacto ambiental generado en el resto de las etapas (CORANTIOQUIA, 2016).

Figura 6. Beneficio convencional del café



Fuente: (Valencia et al., 2015)

Desde el año 1983 el sector cafetero en centro América, comenzó a evaluar diferentes formas de remover el mucilago del café, a partir de esos ensayos se creó una primera herramienta para pelar el café, lavarlo y clasificarlo; esa herramienta se llamó “Desmucla” y fue el primer desmucilagador creado para la empresa cafetera; tres años más tarde y hasta 1988 CENICAFE comenzó a trabajar en la reducción de agua en el despulpado, esto con el fin de reducir la contaminación generada en dicha labor, implementando un sistema de tolva seca y despulpadora horizontal, vertical o de disco; este experimento mostro una reducción del 72% en la contaminación durante el proceso de beneficio sin demeritar la calidad del grano (Arango, 1999).

Luego de esta experiencia la Federación Nacional de Cafeteros continuó con la implementación de este tipo de ejercicio en diferentes fincas cafeteras sobre todo en el departamento de Antioquia, al sistema de pelado de café mecánico y tolva seca se le adiciono una zaranda cilíndrica de varillas cuya función era la de separar el café pergamino de la guayaba y la pasilla (estos dos últimos tipos son granos considerados de muy mala calidad), al separarlos el café pergamino pasaba al pelador de mucilago, y las malas calidades (guayaba y pasilla)

quedaban para repelar; realizando el proceso de esta manera se podía reducir la contaminación hasta en un 95% esto solo si se le daba el tratamiento adecuado a la pulpa y a la miel originadas en el proceso; además de lo anterior el nuevo sistema de pelado de café mostro una reducción en el agua utilizada por kilo de CPS del 75% (Restrepo, 1999).

El “Beneficio Ecológico de Café” es un proceso amigable con el medio ambiente, el cual busca un equilibrio entre los objetivos de transformar el fruto de café maduro a un grano de café pergamino seco, conservando la calidad del café, regulando los recursos utilizados al consumir menos de 10 lt de agua por kg cps en todo el proceso y dándole un manejo a los subproductos del café que permiten disminuir la contaminación y aumentar los ingresos del productor (Aristizábal y Duque, 2005). De esta forma el despulpado y transporte de la pulpa se realiza sin agua, de igual manera, en el lavado y clasificación se utilizan menos de 5 lt por kg de café pergamino seco producido y la pulpa sirve de materia prima para la producción de fertilizante orgánico o bioetanol; algunas tecnologías que se aplican en el Beneficio Ecológico son el Modelo Belcosub y los Tanques Tina, estos últimos para fincas cafeteras de menor producción, en dichos tanques la fermentación y lavado se realizan con 4 enjuagues, utilizando menos de 5 lt por kg cps producido (FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 1997). Frente a los indicadores, el valor para el IMAPMH es de 0.825 – 0.875 evidenciando el menor consumo en el proceso a través de las diferentes etapas, especialmente en el beneficio y transporte de café los cuales se realizan sin agua; el valor para el ICAPBHC es de 0.712 – 0.720 reflejando así el menor impacto ambiental gracias al menor consumo y al manejo de subproductos (Valencia et al., 2015).

El “Beneficio Ecológico sin Vertimientos” presenta similitudes con el “Beneficio Ecológico” en que el despulpado y transporte del agua se realiza sin agua, la eliminación del

mucilago se hace naturalmente o mecánicamente, el consumo de agua para el lavado y la clasificación del café está por debajo de 5 lt por kg de cps producido y en la utilización de los subproductos como el caso de la pulpa; adicionalmente los lixiviados generados en la descomposición de la pulpa se re-circulan sobre la masa de ese mismo material, alcanzando su completa incorporación, a su vez las aguas provenientes de los sistemas de tratamiento son utilizadas en el riego de los cultivos existentes en la finca, permitiendo de esta forma la eliminación de los vertimientos en el proceso, por lo tanto, el indicador de IMAPBHC para el caso del Beneficio Ecológico sin Vertimientos, presenta un valor de 0.99 y el de ICAPBHC 1, demostrando con ello, como este método ayuda a conservar los recursos minimizando al máximo la contaminación ambiental como fruto de la producción de café (CORANTIOQUIA, 2016).

A partir de lo anterior, las investigaciones han nacido de las necesidades sentidas de los agentes activos del sector cafetero como los productores, los habitantes de las zonas de producción, los clientes y las entidades protectoras como camino para re-transformar la actividad agrícola promoviendo la sustentabilidad productiva.

2. Tecnologías en el proceso de beneficio del café

En ese orden de ideas, algunas de las tecnologías específicas desarrolladas para el beneficio ecológico del café donde se regule el consumo de agua y se reduzca el impacto de los subproductos del café son:

2.1 Tanque Tina

El tanque tina es un recipiente plástico o de acero inoxidable con las esquinas redondeadas donde se lleva a cabo la fermentación y el lavado del café, el cual se realiza a través de cuatro enjuagues en los cuales se cubre totalmente la masa de café con agua limpia y por medio de las rejillas se puede descargar rápidamente las aguas mieles para su posterior

manejo, reduciendo de esta forma el consumo de agua de 25 lt hasta 4.1 lt por kg de CPS producido y también se reduce el volumen de aguas residuales generadas (Zambrano, Rodríguez y López, 2011), las cuales por su biodegradabilidad permiten que sean tratadas biológicamente en sistemas modulares de tratamiento anaerobio.

De acuerdo a CENICAFÉ (2013) si va acompañado el uso del tanque junto con otras prácticas como el despulpado y el transporte de la pulpa sin agua, se puede llegar a controlar el 85% de la contaminación potencial.

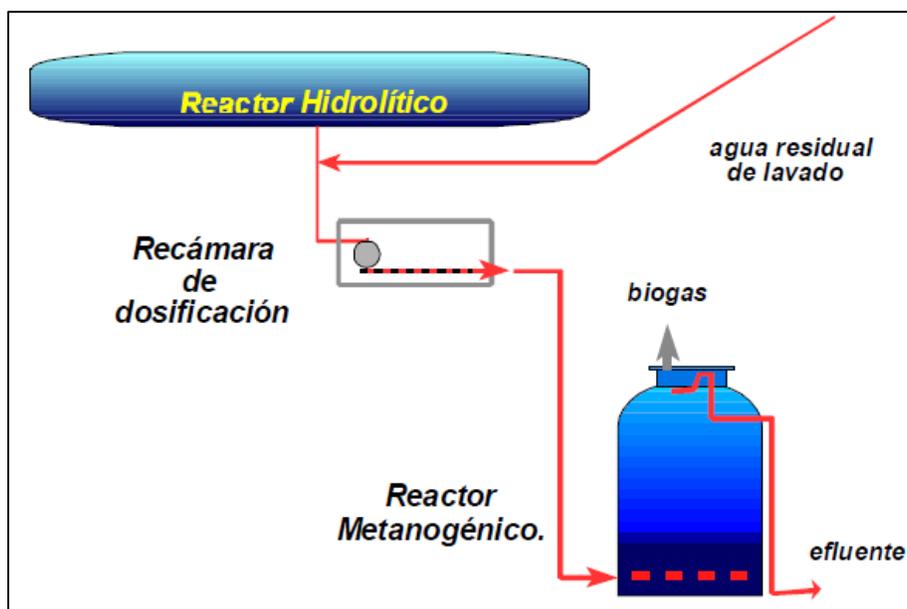
Esta tecnología se complementa con el Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio “SMTA” (Zambrano, 2006); el cual está constituido por dos unidades que permiten la separación de la fase anaerobia, como lo son el reactor Hidrolítico Acidogénico (RHA) y el reactor Metanogénico (RM), demostrando eficiencias en la remoción de la carga orgánica superiores al 80% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, con ello se remueve la contaminación presente en las aguas residuales resultantes de la fermentación del mucílago de café, permitiendo descontaminar las aguas generadas en el beneficio, por lo tanto, representa una contribución económica, social y ambiental al desarrollo de la caficultura (Zambrano, Hinestroza y López, 1999).

Figura 7



Fuente: (CENICAFE, 2013)

Figura 8. Esquema de un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio "SMTA"



Fuente: (Zambrano et al., 1999)

2.2 Modelo Becolsub

Siguiendo en la misma necesidad para reducir la contaminación en el proceso de beneficio, nació la tecnología Becolsub “Beneficio Ecológico del Café y Aprovechamiento de Subproductos” en la cual hay una reducción del 95% del consumo de agua (0.7 - 1 L/Kg de c.p.s) y un control de la contaminación de aguas superior al 90% (Sanz, Oliveros, Ramirez, Lopez, & Velasquez, 2011).

Los modelos entregados por Cenicafé van para producciones desde 1,200 arrobas de café pergamino seco año (@ cps/año) hasta 12,000 @ cps/año (Oliveros, 1998).

Según.

Esta tecnología incluye una maquina desmucilagadora y lavadora mecánica que mezcla en una de sus salidas la pulpa y el mucilago concentrado que se desprende del café en baba y cuyos lixiviados equivalen a la mitad de la contaminación generada por el mucilago fermentado naturalmente y que requiere un tratamiento anaerobio. (CENICAFE, 2013, p.117)

Con el Becolsub se diseñó un sistema de Tratamiento de Lixiviados de Pulpa y Mucilago “STLB” para los productores que en sus fincas utilizan el desmucilagador mecánico y posteriormente mezclan la pulpa y el mucilago con el propósito de disminuir su carga orgánica de las aguas residuales para poder recibir un tratamiento (Zambrano, 2000).

Figura 9. Modelo Becolsub 300.



Fuente: (Oliveros,1998)

2.3 Modelo Ecomill

Esta tecnología presenta diferentes módulos para fincas de pequeños caficultores de 500 kg/hora de café lavado, hasta fincas empresariales con 3,000 kg/hora de café lavado (Oliveros, 2017).

De acuerdo a.

Esta tecnología fue desarrollada en Cenicafé para lavar mecánicamente el café con mucílago degradado en el proceso con fermentación natural o con aplicación de enzimas, con reducción notoria en el volumen específico de agua hasta valores entre 0.3 y 0.5 L.kg⁻¹ de c.p.s. (Oliveros, 2013, p. 2)

El modulo integra el despulpado sin agua, el transporte del café y de la pulpa por medios mecánicos o utilizando la gravedad y el lavado en un equipo de flujo vertical ascendente de granos y descarga radial de las aguas residuales de lavado ARL, permitiendo posteriormente su adición a la masa de la pulpa en proporción 2:1, llegando a controlar de esta forma el 100% de la

contaminación; también como manejo de subproductos las aguas residuales pueden deshidratarse en secadores solares o en compostaje para ser usados en procesos de nutrición (Oliveros, 2017).

En el proceso de beneficio de forma general y con el propósito de disminuir el impacto negativo ambiental se deben desarrollar unas prácticas independiente del tipo de beneficio que se utilice, entre ellas se encuentran el uso de tolva seca o tolva húmeda con un consumo de agua inferior a 2 lt por kg de café producido en la etapa de recibo y clasificación; adopción del despulpado y transporte de la pulpa sin agua; racionalizar el consumo de agua en las etapas de fermentación y lavado; utilización del mucilago en la alimentación animal o adicionarla sobre la masa de la pulpa; construcción de una fosa techada para el tratamiento de la pulpa e implementar sistemas modulares de tratamiento anaerobio (CORANTIOQUIA, 2016).

Figura 10. Tecnología Ecomill



Fuente: (CENICAFE, 2013)

2.4 Otras prácticas sostenibles

2.4.1 Normas y certificaciones ambientales

Una de las más valoradas herramientas en la actualidad para la conservación en los paisajes rurales productivos, es la evaluación de cumplimiento de normas para el logro de las certificaciones ambientales en sistemas de producción como el café, este tema ha despertado

gran interés tanto desde el punto de vista científico como el práctico; de la misma manera, siempre ha existido la urgencia para evaluar diferentes aspectos ambientales, sociales y económicos, pero también surge la pregunta por parte del productor si los costos invertidos en el cumplimiento de las normas para obtener la certificación y la posible reducción en producción que ocurre en algunos casos, serán compensados por los sobrepuestos recibidos y las mejoras que se obtienen en el mercadeo de los productos certificados (Trejos, 2011).

Según Álvarez (1991) son muchas las ventajas que brindan los sellos ambientales en la conservación de los recursos naturales en el proceso de beneficio del café, algunas de ellas son:

- 1) Reducción en el uso de un recurso natural.
- 2) Conservación de las propiedades físicas y químicas de la pulpa del café.
- 3) Disminución en el tiempo del beneficio al reducir el tiempo de fermentación.
- 4) Reducción de la contaminación de las fuentes de agua.
- 5) El beneficio del grano no dependerá exclusivamente de la disposición de altos contenidos de agua.
- 6) Descomposición más rápida de la pulpa disminuyendo de esta manera los olores desagradables que dicho proceso genera.

Es bien sabido que los sistemas de producción agrícola certificados ambientalmente tienen ventaja sobre los que no, además de un gran potencial para promover el ecoturismo, la responsabilidad social y la diversificación de ingresos, por otra parte, se instauran como herramientas en pro de la conservación del paisaje, al actuar en beneficio de las zonas de amortiguación de reservas naturales y la construcción de corredores biológicos; así mismo, el capacitar y poner a la mano información documentada a cerca de los beneficios y limitantes de

las certificaciones, le permitirá al caficultor la toma de decisiones desde los puntos de vista productivo, financiero, ambiental y social (Trejos, 2011).

2.4.2 Oportunidades de prevención de la contaminación en el lavado del café

Existen actualmente diferentes tratamientos de las aguas derivadas del lavado del café (mieles), para el caso se muestra un modelo de tanques a los cuales se les adicionan microorganismos, los cuales se encargan de consumir la contaminación contenida en el agua residual; por otra parte, las aguas utilizadas para el lavado del café fermentado se depositan en el recipiente acidificador, que en este caso es una bolsa negra de plastilona “tipo salchicha”, en esta bolsa las aguas residuales pueden ser almacenadas durante un periodo mínimo de dos días; posteriormente, esas aguas almacenadas cuando van a ser transformadas se conducen a una recámara de dosificación a través de una tubería, la función de la cámara es retener la materia orgánica que no logro transformarse en el deposito acidificador; la parte que continua en este sistema de tratamiento de aguas mieles, es el tanque generador de biogás, el cual es un cilindro de polietileno negro que tiene en su interior bacterias agregadas del estiércol vacuno, dentro del tanque se encuentran pedazos de guadua donde se fijan las bacterias las cuales se encargan de limpiar o consumir la contaminación del agua y finalmente se produce biogás; el agua tratada o descontaminada por acción de las bacterias, se extrae del tanque por la parte superior a través de un sifón invertido, dicha agua tiene niveles de contaminación adecuados a los establecidos por los Ministerios de Salud y Medio Ambiente (Zambrano et al., 1999).

Figura 11. Recipiente acidificador y recámara de dosificación.



Fuente: (Zambrano et al., 1999)

2.4.3 Buenas prácticas agrícolas BPA

La implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) y de buenas prácticas de manufactura (BPM), en el proceso de transformación y/o beneficio del cultivo de café, son necesidades percibidas por el sector cafetero para mejorar la calidad del producto y de la misma manera la competitividad del grano colombiano frente al mundo, por ende este tipo de prácticas se han comenzado a ejecutar al interior de la empresa cafetera, con el propósito de reducir los riesgos asociados a la salud pública, medio ambiente e inocuidad (Giraldo, Niño y Viancha, 2017).

2.5 Aprovechamiento de los residuos.

Las nuevas tecnologías de beneficio de café como el Becolsub o el Ecomil consideradas tecnologías amigables con el medio ambiente, generan luego del proceso de pelado del café materiales como mucilago y la pulpa del café, incluso los separa durante la ejecución de dicho proceso, ambos productos pueden ser utilizados en la empresa cafetera para la producción de fertilizante orgánico, o en muchos otros casos el mucilago (que como mencionamos en el párrafo anterior sale por separado de la pulpa de café), puede ser utilizado para la alimentación animal, generalmente para porcinos (CENICAFE, 2004).

Casi una quinta parte del peso del fruto en fresco, representa el porcentaje de azúcares reductores generados a través del proceso de beneficio; dichos azúcares están presentes en el mucilago y en las aguas mieles sobrantes; si el productor de café fuera realmente consciente de que estos sobrantes podrían generarle ingresos adicionales y por otra parte si tuviera el conocimiento de cómo transformar o utilizar dichos residuos, no dudaría en aprovechar los subproductos del beneficio de su café (Echavarría, 2016).

El subproducto generado en mayor volumen del beneficio del café, es la pulpa; la mayor parte de los caficultores en el país utilizan la pulpa como fertilizante de tipo orgánico para su cultivo, pero esa misma mayoría no realiza un proceso de descomposición o transformación de la pulpa en fertilizante, sino que lo aplican en el cultivo tal cual sale del beneficiadero (pulpa fresca); por lo tanto, la manera adecuada de realizar dicha transformación para que la cascara del café (pulpa) sea un fertilizante de buena calidad y no contamine aguas subterráneas, es disponer dicha pulpa en fosas de transformación durante al menos 5 a 6 meses, en este sentido, el fertilizante orgánico generado a partir de la pulpa de café en una finca puede contribuir con al menos un 25% de la fertilización orgánica de los cafetales de la misma; por otro lado, otra

alternativa para darle un manejo a la pulpa en a través del ensilaje, este proceso puede tardar alrededor de 25 días y puede servir para el cultivo de hongos comestibles y también como alimento para lombricultivos (CENICAFE, 2004).

De acuerdo con Gómez (2019) con la cascara del café se puede elaborar Te a partir del secado de la misma; el café como es bien sabido dentro de sus cualidades organolépticas posee sabores ligeramente ácidos o cítricos, dulzones y afrutados; esto hablando de la almendra, pero dichos sabores se acentúan aún más en la cascara de este fruto, aspecto que le brinda altos contenidos de azúcares, minerales, potasio, ácido cloro génico y cafeína, estos últimos tienen propiedades antioxidantes y anti inflamatorias, por esto, las bebidas preparadas de cascara de café se consideran energéticas, saludables y además diuréticas, también, otros sectores de la industria de alimentos vieron la oportunidad en la pulpa del café para la elaboración de conservas alimenticias; y adicionalmente en la industria de los dulces, la miel de café concentrada se podría utilizar como base para la elaboración de todo tipo de dulces, además de mermeladas, coberturas y caramelos.

En ese orden de ideas, otro uso que se puede generar a partir de la pulpa y del mucilago es la producción de biocombustible; en la siguiente tabla, se presentan los rendimientos de etanol que podrían esperarse de la pulpa y el mucílago generados en la obtención de un millón de sacos de café verde, tipo exportación (Echavarría 2016).

Tabla 1. Rendimientos de etanol

Subproducto	Toneladas generadas	Litros de Etanol/Ton de subproducto	Galones de Etanol
Pulpa fresca	162,900	25.17	1,083.274
Mucilago fresco	55,500	58.37	855,888
Galones de Etanol/millón de sacos de café verde			1'939.162

Fuente: (Echavarría, 2016)

3 Proceso de adopción de las tecnologías

El planeta clama por sistemas productivos rentables y sostenibles, en ese orden de ideas, los cambios que marcan la modernidad en nuestra sociedad, reflejan un proceso acelerado de transformación mediado por la innovación como vía para alcanzar dicha sostenibilidad, sin embargo, se debe evaluar si las instituciones y las comunidades cuentan con los recursos estructurales, financieros y actitudinales para aprovechar y adoptar las nuevas tecnologías que se van desarrollando (FAO, 2019).

Hazell y Haddad (2001) mencionan que el propósito de la investigación agrícola es elevar la productividad y la competitividad de los productores; de acuerdo a Perdomo (2014), las nuevas tecnologías deben responder a las problemáticas de los productores en los diferentes contextos, teniendo en cuenta los riesgos, los retos y las oportunidades que ellos tienen con el objetivo de ayudarlos a ser más competitivos en sus sistemas productivos; para Sunding y Zilberman (2000) los estudios de adopción definen aquellos factores que promueven o resisten el uso de una nueva tecnología, al igual que su adopción; y para Feder y O'Mara (1982) la adopción de tecnologías

se da cuando un agricultor ha logrado a través del tiempo equilibrar el uso de una nueva tecnología.

3.1 Elementos del proceso

Algunos elementos que determinan el proceso de transferencia de tecnología de acuerdo a (Álvarez y Vega, 2008) son:

➤ **Estímulos:**

Son provenientes del medio externo y activan los órganos sensoriales, generando un impulso que se transmite hacia el encéfalo, como por ejemplo tener un grano de café en la mano.

➤ **Sensación:**

Cada sentido posee unas características especiales para transmitir las imágenes al cerebro y de esta manera construir las impresiones que produce en una persona la percepción de estas imágenes por medio de los sentidos como por ejemplo ver el grano de café, trillarlo, olerlo y probarlo.

Rogers (2007) menciona que en el marco de un proceso de adopción de tecnología, intervienen la “Innovación” como aquella practica o idea nueva que puede ser aplicada para mejorar algún proceso; la “Comunicación” como aquel proceso en el cual se trasfiere información; el “Tiempo” que configura el tiempo en el que se da el evento de transferencia y adopción de las tecnologías; y por último, el “Sistema Social” que representa los sujetos y las comunidades en las que se desarrollara el proceso; este sistema está condicionado por las normas que las regulan al interior de cada una de ellas.

3.2 Adopción y factores que inciden en su proceso

A pesar del esfuerzo de las instituciones en la investigación y el diseño de las tecnologías mencionadas anteriormente, nace un problema subyacente y es el de desarrollar estrategias para su adopción y aplicación (Jaramillo, Cid y Cancino, 2018).

La adopción de tecnologías no es un proceso automático, para que este sea exitoso deben darse una serie de etapas como la información, el interés, la evaluación, el ensayo y la adopción; durante estas fases se aplican diferentes estrategias de adopción fundamentadas en metodologías como visitas a finca, días de campo, reuniones grupales, demostraciones de método y de resultado, buscando todas motivar, capacitar e incentivar a los productores que demandan asistencia técnica para implementar tecnologías que les permitan elevar sus ingresos y su calidad de vida (FEDEPALMA, 2011).

Nowak (1992) estudio la adopción de tecnologías en el manejo de residuos de cultivos; determino que los productores adoptaran las tecnologías si perciben que estas van alineadas con los intereses de ellos; asimismo, ante la pregunta de ¿Por qué los agricultores no adoptan las tecnologías nuevas? Identifico dos grupos distintos, el primero se refiere a los productores que por diferentes aspectos no están en la capacidad para hacerlo, y segundo aquellos productores que no quieren hacerlo.

En un estudio sobre los factores que afectaban la adopción de tecnología entre productores de maní encontraron que a menor nivel educativo, menor era la adopción de tecnologías; frente a la edad, se observó que una baja adopción se relacionaba con promedios de edad mayores; respecto al tamaño de las familias, los resultados arrojaron un porcentaje de adopción más alto, por tener una mayor capacidad en la mano de obra; de igual forma en los predios de extensiones más grandes, los productores no perciben la tierra como un limitante en la

producción, a su vez poseen una mayor visión para la innovación que los hace presentar porcentajes de adopción más elevados; y adicionalmente, la tenencia de la tierra también influye en el grado de adopción, reflejado en que los propietarios, al tener mayor capacidad de decisión, toman más riesgos de inversión y con ello de adopción de tecnologías (Madu, 1995).

Las limitaciones en la adopción de tecnologías tiene su origen en situaciones que llevan a que los productores no tomen la decisión de adoptar, tales como: dificultades en el acceso y la disponibilidad de oferta de insumos; carencia de información, representada en la imposibilidad de tener acceso a los datos básicos para realizar análisis; costo de la información que dificulta al productor para acceder a ella; complejidad de la tecnología por la cual esta se percibe de forma negativa; un horizonte de planeación que no justifica los costos de implementación con la retribución económica en el tiempo; que la tecnología brinde ventajas agronómicas pero que su costo sea inaccesible para algunos productores; bajo nivel de conocimiento del productor tanto para su implementación como en las herramientas administrativas que se requieren para su desarrollo; baja disposición del agricultor para adoptar, bien sea por que no ha sido persuadido positivamente y tiene una percepción negativa de la tecnología, como también porque presenta resistencia al cambio y continua trabajando de la forma tradicional; y los riesgos y la incertidumbre que se reconocen cuando pueden existir innumerables resultados entre los cuales algunos pueden impactar negativamente el bienestar del productor (Duque, 2018).

Uno de los elementos que incide al momento de tomar o no la decisión de adoptar, son las consideraciones tecnológicas enmarcadas en el efecto existente sobre los rendimientos; en este caso, si la nueva tecnología representa el poder elevar dichos rendimientos, hay una mayor probabilidad de que la adopción se de en un alto porcentaje por la posibilidad que les brinda a los productores de obtener a su vez un aumento en los ingresos (Maredia, 2011).

Según Gaitán y Pachón (2010) otro de los factores que limita la adopción es el factor económico, afirmación que se basa en el alto valor económico de las tecnologías y a su vez de la falta de capital por parte de los productores.

En otro estudio se encontró que un porcentaje superior al 50% de la población rural cafetera supera la edad de los 55 años, adicionalmente el sustento de ellos y de las generaciones anteriores han sido generalmente del café, de esta forma, se explica porque el cambio de actitud del caficultor hacia la adopción de nuevas tecnologías no se logre fácilmente, sumado a las creencias arraigadas que los lleva a considerar que solamente las prácticas desarrolladas a lo largo de los años son las más apropiadas y correctas, un ejemplo de ello es considerar que la única manera para que el café quede bien lavado es utilizar bastante agua (Botero, 2016).

Lo anterior se puede ver reflejado en el presente trabajo; de acuerdo a Oliveros (2017) a pesar que la tecnología Ecomill posee muchas ventajas técnicas y ambientales su adopción es baja sobre todo en productores de predios pequeños y por ende predios de menores producciones totales debido a dos factores, el primero por el alto costo de la tecnología y el segundo por las condiciones económicas de los productores. Por otro lado, la tecnología Becolsub refleja otro comportamiento, ya que hay en Colombia alrededor de 15,000 módulos operando en el territorio nacional, los cuales equivalen al 80% de adopción del potencial total para utilizar dicha tecnología; lo anterior se puede explicar porque dicha tecnología está diseñada para fincas grandes, por lo tanto solo el 4% de los productores son propietarios de las fincas de mayor extensión, datos que explican el alto grado de adopción, además hay que tener en cuenta que este número incluye a los productores más tecnificados que tienden hacer los primeros en reproducir las tecnologías (Sanz et al.,2011).

Álvarez y Vega (2008) se enfocaron en un modelo de educación dentro de un contexto informal desescolarizado en el medio rural, desde esta perspectiva orienta la psicología como modelo para un proceso de aprendizaje en adultos rurales; en este sentido el aprendizaje es un proceso educativo donde se puede lograr que los seres humanos cambien sus conocimientos de manera permanente o modifiquen sus propias conductas como resultado de una experiencia.

Dos factores determinantes en el proceso de adopción son: primero las ventajas relativas de la práctica, que se enfocan en aquellos factores que impulsan a los productores hacia la adopción, como el menor riesgo y los costos de adquisición; y segundo la efectividad del proceso de aprendizaje sobre la práctica, relacionado con el tiempo en que demora un productor en apropiarse y adoptar la tecnología, esto va condicionado por el acompañamiento en los servicios de extensión en cada uno de los cultivos (Kuehnea, et al., 2017).

Los estudios de adopción de tecnologías buscan comprender los diversos factores que limitan los procesos de adopción, estos deben enfocarse en remover los impedimentos propios de las tecnologías y de esta manera persuadir a los productores a adoptar; también, deben mencionar que se debe dejar de culpar únicamente al agricultor por la decisión de no adoptar, enfocándose más bien en el entendimiento de los elementos que inciden en las decisiones; y a partir de lo anterior, desarrollar estrategias de asistencia que puedan responder a cada una de las necesidades de los productores (Duque, 2018).

Conclusiones

El proceso de beneficio del café de la forma convencional se ha desarrollado por muchos años en Colombia, se caracteriza por un consumo alrededor de 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco producido; estos consumos irracionales se dan en el despulpado, en el transporte de la pulpa y en el lavado en un porcentaje más alto; además los

subproductos resultantes en el proceso no reciben ningún manejo para su aprovechamiento, situación que se traduce en el depósito de grandes cantidades de material contaminante en las corrientes de agua, las cuales pueden ser entre 60 y 240 veces superior que las aguas generadas en las actividades domésticas, a su vez, la producción de un millón de sacos de 60 kg de café tipo exportación pueden generar por la miel producida la contaminación resultante de una población de 310.000 habitantes y por la pulpa de café obtenida en el proceso, la contaminación de una ciudad con 868,000 habitantes.

Los factores anteriores generan una reducción significativa del oxígeno en el recurso hídrico, causan la degradación y muerte de la flora y la fauna, provocan la generación de olores y cambios químicos en los componentes del agua, incitan la presencia de microorganismos nocivos para la salud humana y determinan una disminución en la actividad fotosintética de las algas y otras plantas por la turbiedad producida por los residuos contaminantes; en este sentido, la actividad cafetera se hace insostenible por la presión negativa que se ejerce sobre los ecosistemas, asimismo, dichos sistemas productivos son incapaces de responder ante las exigencias ambientales que son condicionadas por el mercado, impidiendo el acceso a mercados especializados que favorecen los rendimientos económicos de los caficultores a cambio de un manejo responsable y sustentable de los recursos.

A través de los años se han desarrollado algunas tecnologías que permiten realizar el proceso de beneficio de una forma sustentable, dando respuesta a las necesidades de los productores, a los requerimientos establecidos por las autoridades medio ambientales y a las exigencias del propio mercado; ya que soportan su actividad productiva en principios sostenibles, haciendo que el sector cafetero colombiano sea más competitivo y que trabaje en pro de la conservación de los recursos naturales, para que puedan con ello acceder a mercados de cafés especiales, que fundamentan su visión en criterios de sostenibilidad, sociales, económicos

y ambientales. Estas tecnologías reducen los niveles de agua utilizados durante el beneficio y asimismo, reducen la contaminación generada durante el proceso, al darle un manejo racional a los subproductos originados en el proceso.

En este sentido, el Tanque Tina reduce los consumos de agua hasta 4.1 litros de agua por kg de CPS producido y permite que las aguas residuales sean tratadas posteriormente; de igual forma la tecnología Becolsub “Beneficio Ecológico del café” utiliza una maquina desmucilagadora y lavadora mecánica, que mezclan en una de sus salidas la pulpa y el mucilago, reduciendo la contaminación generada al utilizar menos de 1 lt de agua por cada kg de CPS producido y da la posibilidad de aprovechar los subproductos en el mismo proceso del beneficio; así mismo, la tecnología Ecomill utiliza volúmenes entre 0.3 y 0.5 lt por cada kg de CPS producido y llega a controlar el 100% de la contaminación al aprovechar los subproductos, reutilizando las aguas residuales en el mismo proceso.

El mayor objetivo a la hora de desarrollar nuevas tecnologías es su adopción por parte de los productores, este es un proceso que requiere por parte de las organizaciones estrategias que permitan analizar y desarrollar programas de extensión enfocados en las necesidades de los productores, estas estrategias deben ser diseñadas para abordar las problemáticas que se presentan en la apropiación de tecnologías; teniendo en cuenta que la adopción no es un proceso mecánico ni autónomo, sino más bien un proceso experiencial y cognoscitivo, es prioritario que las personas vayan interiorizando los cambios a través de una serie de pasos como la información, el interés, la evaluación, el ensayo y finalmente lograr la adopción de la nueva tecnología.

Entre los factores que limitan la adopción en los sistemas productivos se encuentran aquellas mejoras o desarrollos que son ajenos a los intereses de los productores; el bajo nivel

educativo; la edad, cuyos estudios demuestran que a medida que esta es mayor, el porcentaje de adopción es menor; el tamaño de las familias, encontrándose que en hogares con un grupo menor de personas, el porcentaje de adopción se reduce por que hay baja disponibilidad en la mano de obra para apoyar los procesos de cambio; así mismo, cuando la extensión de la tierra es menor, los estudios reflejaron que hay mayor resistencia al cambio, inhibiendo la posibilidad de ensayar e innovar; la tenencia de la tierra, la cual marca un factor determinante que evidencia cómo, cuando no se tiene la propiedad sobre el predio, las decisiones y la capacidad para invertir son limitadas, traduciéndose en una baja adopción de tecnologías; otro factor limitante son las dificultades que presentan los productores para acceder a las tecnologías, bien sea por su complejidad o por sus costos de implementación; además, la falta de información o el costo de ella puede también entorpecer el proceso; bajo nivel de conocimiento de la persona, tanto para implementar la adopción como también hacia el uso de las herramientas administrativas; y la falta de interés del productor al no demostrar motivación para gestionar el cambio, fenómeno ligado a las resistencias personales hacia los procesos de extensión, en los cuales las preferencias del productor continúan ligadas con la forma tradicional de producción; en ese orden de ideas, el bajo porcentaje de adopción se da, por un lado a partir de factores que impiden que la persona pueda acceder a la tecnología y por otro la falta de interés de los productores fruto de esquemas mentales que no responden a los procesos de cambio.

Opinión personal

La situación actual que atraviesa nuestro planeta frente a la pandemia, el cambio climático y los demás eventos naturales que nos acorralan en medio de la incertidumbre, de la angustia y que de una forma rápida desnudan toda la fragilidad de la raza humana; obligan a las personas a tomar conciencia frente a los deberes y obligaciones que tenemos frente a nuestro

entorno en el cual nos movemos; asimismo el sector cafetero, deben asumir acciones hacia el desarrollo de prácticas amigables con el medio ambiente, en el cual se soporta la actividad productiva; lo anterior se debe fomentar en todos los escenarios y en todas las escalas de producción, partiendo de los países consumidores, donde los gobiernos deben regular los procesos de comercialización, los cuales obligatoriamente deben estar alineados a exigencias puntuales en la preservación de los recursos naturales; y a su vez brindar garantías para que los productores asuman su responsabilidad, obteniendo beneficios económicos que lleven a compensar todas las prácticas ejecutadas.

En ese orden de ideas la Federación Nacional de Cafeteros a través de Cenicafe y del servicio de extensión, han realizado un esfuerzo gigante desde hace muchos años, con el propósito de salvaguardar el negocio del café por medio de la sostenibilidad, desarrollando tecnologías que eleven la productividad y la competitividad en los predios cafeteros. De esta manera, las áreas de investigación han cubierto todas las fases de cultivo; uno de ellos el proceso de beneficio, como insumo fundamental para mantener la calidad del café y por supuesto, para conservar los recursos no renovables.

Las tecnologías se han desarrollado para los diferentes contextos cafeteros; los comités departamentales anualmente ejecutan programas para promover su adopción; al igual, el servicio de extensión acompaña diariamente a los productores en los procesos productivos, siempre con el objetivo de actuar como gestores de cambio para incentivar la implementación de las diferentes tecnologías, y con ello asegurar el bienestar de las familias caficultoras.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, falta aún mucho por desarrollar, por esa razón se recomiendan en futuras investigaciones, abordar más profundamente los procesos de adopción que son los que finalmente iluminan el camino para que el café siga siendo rentable, que genere

desarrollo y oportunidades de crecimiento a los caficultores y de igual manera lleven a hacer un uso racional y responsable de todos los recursos naturales.

Referencias

- Agudelo, J. (14 de Marzo de 2018). *Innovación para tratamiento de aguas residuales del beneficio del café*. Obtenido de Universidad del Quindío:
<https://noticias.uniquindio.edu.co/innovacion-para-tratamiento-de-aguas-residuales-del-beneficio-del-cafe/>
- Alvarez Ramirez, A., & Vega, O. (2008). *La Psicología. Aplicaciones en Educación*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Alvarez, J. (1991). *Despulpado de café sin Agua*. CENICAFE.
- Arango Restrepo, M. (1999). *El beneficio ecológico del café en Colombia*. Obtenido de [file:///C:/Users/hp/Downloads/2370-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8221-1-10-20120516%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/2370-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8221-1-10-20120516%20(2).pdf)
- Arcila, F. (1979). *Perjuicios causados por los residuos del beneficio del Café*. CENICAFE.
- Aristizabal, C. e. (2006). *Determinación de Economías de Escala en el Proceso del Beneficio del Café en Colombia*. Obtenido de CENICAFÉ:
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057%2801%29017-030.pdf>
- Aristizabal, C., & Duque, H. (2005). Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. *REVISTA CENICAFE* 56, 299-318.
- Botero, P. (2016). *Valoración contingente de la contaminación derivada del beneficio de café [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]*.
- Capera Garzón, M., & Sanchez, H. (2018). *Diagnóstico del Impacto Ambiental de los Residuos Sólidos (pulpa y mucilago), del café generados por unidades productivas no certificadas en BPA en las Veredas Tabacal y Betania del Municipio De Pitalito Departamento del Huila*. Obtenido de

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20923/1030543816.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CENICAFE. (2004). *Subproductos; aguas residuales; tratamiento de aguas residuales*.

Obtenido de Cartilla cafetera:

https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas/publicaciones_cartilla_cafetera_cap._23._tratamiento_de_aguas_residuales

CENICAFE. (2011). *Construyendo el modelo para la gestion integrada del recurso hidrico en la caficultura colombiana*. Obtenido de Avance tecnico:

https://www.cenicafe.org/es/documents/PROPUESTA__P_A_CENICAFE_ABRIL13.pdf

CENICAFE. (2013). *MANUAL CAFETERO COLOMBIANO TOMO 3*. Obtenido de

https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

CENICAFE. (2013). *MANUAL CAFETERO TOMO 1*. Obtenido de

https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero

CENICAFE. (2016). *Cultivemos café, beneficio*. Obtenido de

<https://www.google.com/search?q=CULTIVEMOS+CAFE%2C+BENEFICIO&oq=CULTIVEMOS+CAFE%2C+BENEFICIO&aqs=chrome..69i57j33i21.1737j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Cervantes BeyraI, R., Ponce de Leon, D., Balmaseda Espinosa, C., Cabrera Alfonso, J., &

Fernández Chuairey, L. (2015). *Efecto de la pulpa de Coffea arábica L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya*. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200006

- CORANTIOQUIA. (2016). *Manual de Gestión del Recurso Hídrico*. Obtenido de http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Cafetero.pdf
- DIARIO RESPONSABLE. (2019). *El café, un arma de doble filo para el medio ambiente y los agricultores*. Obtenido de <https://diariosensible.com/noticias/27806-el-cafe-un-arma-de-doble-filo-para-el-medio-ambiente-y-los-agricultores>
- Duque Orrego, H. (2018). *La adopción de tecnologías agrícolas. Bases para su comprensión*. Obtenido de CENICAFÉ: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/80_anos_cenicafe/P1
- Echavarría N, e. a. (2016). *Manual de Producción y Consumo Sostenible Gestión del Recurso Hídrico Sector Cafetero*. Corantioquia Actua.
- FAO. (2019). *Los sistemas de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos escenarios de ciencia y tecnología*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca5124es/ca5124es.pdf>
- FEDEPALMA. (2011). *Fundamentos de extensión rural para transferencia y adopción de tecnología en el sector palmero*. Obtenido de <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/107642>
- Feder , G., & O'Mara, G. (1982). *On Information and Innovation Diffusion: A Bayesian Approach*. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/1241186?seq=1>
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (1997). *Beneficio ecológico del café con manejo de subproductos*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4848/1/Beneficio%20ecol%C3%B3gico%20del%20cafe%20con%20manejo%20de%20subproductos.pdf>

- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2011). *Al grano*. Obtenido de https://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/index.php/comments/colombia_es_cafe
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2014). *Ensayos sobre economía cafetera* . Obtenido de <https://federaciondecafeteros.org/static/files/EEC30.pdf>
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2019). *La gente del café*. Obtenido de http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2020). *Nuestra federación*. Obtenido de <https://federaciondecafeteros.org/wp/federacion/>
- Gaitan, C. a., & Pachon, F. A. (2010). *Causas para la adopción de tecnologías para la renovación de cafetales – Caso El Colegio (Cundinamarca)*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/18077/37698>
- Gomez Posada, S. (2017). *Subproductos del café : valor agregado para el negocio*. Obtenido de <https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>
- Gomez, S. (23 de Abril de 2019). *Subproductos del café : valor agregado para el negocio*. Obtenido de <https://quecafe.info>: <https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>
- Granados, C. (1994). *Impacto ambiental del caé en la historia costarricense*. Obtenido de Dialnet: [Dialnet: Dialnet-ElBeneficiadoDelCafe-755834%20\(4\).pdf](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=755834)
- Hazell , P., & Haddad, L. (2001). *La investigación agrícola y la reducción de la pobreza*. Obtenido de [file:///C:/Users/hp/Downloads/br010070%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/br010070%20(1).pdf)
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de

- <https://upvv.clavijero.edu.mx/cursos/LEB0742/documentos/Metodologiadelainvestigacion.pdf>
- Herrón Ortiz, A. (2013). *Producción de café en zonas no tradicionales*. Obtenido de <https://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Zonas-no-tradicionales-antonio-Herron.pdf>
- J. J. Giraldo-Quintero, C. D.-M.-S. (2017). Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia). *Ingenieria Solidaria vol. 13, n.o 22*, 121-135.
- Jaramillo, C., Cid, B., & Cancino, R. (2018). *Adopción de tecnologías por productores agrícolas de la localidad de Cosmito, region del BíoBio, Chile*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1992/199260579011/html/index.html>
- KUEHNEA, G., LLEWELLYNA, R., PANNELL, D., WILKINSON, R., PERRY DOLLING, P., OUZMANA, J., & EWINGE, M. (2017). Predicting farmer uptake of new agricultural practices: A tool for research, extension and policy. *Agricultural Systems*.
- Lipiante, J. (2012). *Guía para la elaboración de la monografía*. Obtenido de https://cordiplomado.files.wordpress.com/2012/06/monografia_4.pdf
- Madu, P. (1995). Factors that affect package technology adoption among groundnut farmers in Ganye Local. *Journal of Rural Development and Administration*.
- Maredia, M. (2011). *Agricultural technology adoption and food security in Africa: Evidence Summit*. Obtenido de <https://www.agrilinks.org/sites/default/files/>
- Mejía Zuluaga, S. (2018). *Manejo de aguas residuales provenientes del beneficio humedo del café en la zona central cafetera de Colombia*. Obtenido de

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21180/42683065.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morales, M. (2014). *Análisis del proceso de beneficio humedo de café en Fraijanes, Guatemala*.

Obtenido de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/06/Morales-Mario.pdf>

Nowak, P. (1992). Why farmers adopt production technology. *Journal of Soil and Water Conservation*.

Oliveros, C. (2013). *Ecomill tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café*.

Obtenido de CENICAFÉ:

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/500/1/Avt0432.pdf>

Oliveros, C. E. (1998). *El Becolsub 300*. Obtenido de CENICAFÉ:

<https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/07/AVT0253-El-Becolsub-300..pdf>

Oliveros, C. E. (2017). *Tecnología para el lavado del café en fincas de pequeños productores*

Ecomill LH300. Obtenido de CENICAFÉ:

- Puerta, G. (2016). Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. *Revista Cenicafé*, 7-40.
- Ramos Giraldo, P., Sanz Uribe, J., & Oliveros Tascón, C. (2010). *Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición del color*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061%2804%29315-326.pdf>
- Restrepo, M. (1999). El beneficio ecológico del café en Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 7-9.
- Rogers, E. M. (2007). *Diffusion of Innovations*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Anja_Christinck/publication/225616414_Farmers_and_researchers_How_can_collaborative_advantages_be_created_in_participatory_research_and_technology_development/links/00b4953a92931a6fae000000/Farmers-and-researchers-How-
- Sanz, J. R., Oliveros, C., Ramirez, C., Lopez, U., & Velasquez, J. (2011). *Controle los flujos de cafe y agua en el modulo becolsub*. Obtenido de <https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/07/AVT0405-Controle-los-flujos-de-caf%C3%A9-y-agua-en-el-modulo-Becolsub..pdf>
- SE HABLA CAFE. (2019). *Anatomía de la fruta y semilla del café*. Obtenido de <https://www.cafesmamasame.com/es/blog/cereza-del-cafe-anatomia#:~:text=La%20cereza%20del%20caf%C3%A9%20podemos,plateada%2C%20endospermo%20y%20un%20embri%C3%B3n.>
- Sunding, D., & Zilberman, D. (2001). *The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector*. Obtenido de

- https://www.researchgate.net/publication/222531291_Chapter_4_The_agricultural_innovation_process_Research_and_technology_adoption_in_a_changing_agricultural_sector
- Trejos P., J. (2011). Ventajas sociales y ambientales de la adopción de la norma de agricultura sostenible en dos regiones cafeteras de Colombia. *REVISTA CENICAFE* 62, 112.
- Trejos, J. F., Serna, C. A., Cruz, G., & Calderon, P. A. (2011). Ventajas sociales y ambientales de la adopción de la norma de agricultura sostenible en dos regiones cafeteras de Colombia. *Revista Cenicafe* 62, 111-131.
- Urquijo, E. Y. (2016). *Identificación de impactos ambientales relacionados con el proceso de beneficio húmedo del café en la vereda tres esquinas en Huila Colombia*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15205/UrquijoTrujilloElianaYuliet2016.pdf?sequence=1>
- Valencia, N. R., Sanz Uribe, J. R., Oliveros, C. E., & Ramirez, C. A. (2015). *Beneficio del café en Colombia*. Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/publications/Final_libro_Beneficio_isbn.pdf
- Vanegas, F. (2017). *PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ*. Obtenido de <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/02/03/proceso-de-beneficio-del-cafe/#:~:text=El%20proceso%20de%20beneficio%20de%20caf%C3%A9%20lo%20realizan%20los%20caficultores,lavado%2C%20diversas%20clasificaciones%20y%20secado.>
- Vázquez González , G. (2016). *Efectos del proceso de beneficio húmedo de café sobre la sostenibilidad hídrica de la microcuenca de la Suiza, Chiapas*. Obtenido de <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/01/TESIS-V%C3%A1zquez-Gonz%C3%A1lez-Guiyer-Euselmar.pdf>

- Zambrano Franco, D., Isaza Hinestroza, J., & Lopez Posada, U. (1999). *Tratamiento de aguas residuales del lavado de café*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot020.pdf>
- Zambrano, D. (2006). Tratamiento anaerobico de las aguas mieles del café. *Boletin Tecnico 29 Cenicafe*.
- Zambrano, D. A. (2000). *Manejo y tratamiento primario de lixiviados producidos en la tecnologia Becolsub*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4207>
- Zambrano, D. A., Rodriguez, N., & Lopez, U. (2011). *Construya su tanque tina para la fermentación y lacado del café*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04081.pdf>
- Zambrano, D., & Isaza, J. (1998). *Demanda quimica de oxígeno y nitrógeno total de los subproductos del proceso tradicional de beneficio humedo del café*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049%2804%29279-289.pdf>
- Zuluaga, J., & Zambrano, D. (1993). Manejo del agua en el proceso del beneficio humedo del café para el control de la contaminación. *Avance Tecnico CENICAFÉ 187*.