



|

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DEL MUCÍLAGO DEL CAFÉ, QUE PERMITAN
REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE BENEFICIO DEL
BENEFICIO DEL CAFÉ

CARLOS RESTREPO ARANGO

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Café

Asesoras

Sara Maria Márquez Girón, Doctor (PhD) en Agroecología

Elizabeth Vásquez Bedoya, Doctor (PhD) en Agroecología

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias

Especialización en Café

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita

(Restrepo Arango, 2023)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Restrepo Arango, C. (2023). Estrategias para el manejo del mucílago del café, que permitan reducir el impacto ambiental en el proceso de beneficio del beneficio del café. [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Café, Cohorte III.

Grupo de Investigación Sistemas Agroambientales Sostenibles (GISAS).

Centro de Investigaciones Seccional Suroeste.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

DEDICATORIA:

Este trabajo fue pensado y diseñado por y para los caficultores de Colombia, con el fin de recopilar información y dar las suficientes alternativas para la mitigación y reducción del impacto ambiental generado por el alto consumo de agua en todas y cada una de las etapas del beneficio de café que en la actualidad se sigue observando a lo largo y ancho de la geografía cafetera del país.

Es así, como se brindan las herramientas necesarias para generar conciencia y dar a conocer diferentes métodos de beneficio de café que permiten reducir la carga contaminante generada por los caficultores del país a lo largo de la historia cafetera en Colombia.

Se espera que la información contenida en este trabajo sirva a las generaciones futuras de caficultores, para evitar el deterioro del medioambiente por la contaminación que genera el beneficio del café y en especial el mal manejo de los subproductos del mismo (mucílago y pulpa).

AGRADECIMIENTOS:

La realización del presente documento fue posible gracias al acompañamiento brindado por parte de algunos profesionales y empresas en todo el proceso, motivo por el cual ofrezco mis más sinceros agradecimientos a:

Dras. Sara María Márquez Girón y Elizabeth Vásquez Bedoya, asesoras encargadas de realizar la asesoría y supervisión de la presente monografía, a quienes expreso mi más profunda gratitud por brindarme la oportunidad de trabajar bajo su supervisión. Gracias a su apoyo, sugerencias y dedicación se hizo posible la pronta terminación de esta monografía. Sin duda alguna, además de ser las personas encargadas de asesorar y supervisar la monografía, son seres humanos maravillosos, quienes merecen nuestro respeto, cariño y sinceridad en todo momento.

Los caficultores del departamento de Antioquia y del país en general merecen su debido reconocimiento, toda vez que es debido a ellos que se realiza este trabajo, con el fin de retribuir el aporte que han realizado a través de la historia con la generación de desarrollo en toda la geografía colombiana.

Entidades como la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la Universidad de Antioquia, merecen especial reconocimiento dado que sin su apoyo y respaldo en todo momento, se ha realizado este trabajo para el bienestar de la caficultura del país.

Tabla de Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	11
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:	11
3. OBJETIVOS:	12
3.1 General:	12
3.2 Específicos:	12
4. MARCO REFERENCIAL Y CONTEXTUAL-MARCO TEÓRICO:	13
5. IDENTIFICAR DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DEL MUCÍLAGO DEL CAFÉ EN EL PROCESO DE BENEFICIO.	18
5.1 Introducción:	18
5.2 Objetivo:	18
5.3 Metodología:	18
5.4 Definición cada uno de las alternativas:	18
5.4.1 Compostaje de pulpa con mucílago.	18
5.4.3 Desmucilagador mecánico.	20
5.4.5 Lixiviado en procesadoras de pulpa.	21
5.4.5.1 Indicadores del lixiviado en las procesadoras de pulpa (Rodríguez et al., 2015):	22
5.4.6 Abono para filtros verdes.	22
5.4.6.1 Indicadores de abono para filtros verdes (Rodríguez 2022):	23
5.4.7 Lavador mecánico.	23
5.4.7.1 Indicadores del lavador mecánico (Oliveros et al., 2013):	24
5.5 Conclusiones:	24
6. CARACTERIZAR Y COMPARAR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE BENEFICIO DE CAFÉ Y SU CONTRIBUCIÓN A LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.	25
6.1 Introducción:	25
6.2 Objetivo:	25
6.3 Metodología:	25
6.4 Beneficio tradicional.	25
6.5 Beneficio ecológico sin vertimientos.	27
6.6 Beneficio Ecomil.	29
6.7 Filtros verdes.	31
6.8 Café tipo Honey.	31
6.9 Café natural.	32
7. EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE BENEFICIO DE CAFÉ.	34
7.1 Introducción:	34

7.2 Objetivo:	34
7.3 Metodología:	34
Tabla 5 Evaluación de impacto ambiental del Beneficio tradicional.	35
7.4 Conclusión:	37
8. CONCLUSIONES FINALES:	38
9. BIBLIOGRAFÍA:	39

LISTA DE TABLAS:

Tabla 1 Evaluación de vulnerabilidad del beneficio tradicional de café.....	26
Tabla 2 Evaluación de vulnerabilidad para el beneficio ecológico de café.....	27
Tabla 3 Evaluación de vulnerabilidad para el beneficio ecomil de café.	29
Tabla 4 Matriz de ponderación de factores para las diferentes etapas del beneficio de café en tres tipos diferentes de beneficio; tradicional, ecológico y ecomil.....	32
Tabla 5 Evaluación de impacto ambiental del Beneficio tradicional.	35
Tabla 6 Evaluación de impacto ambiental del Beneficio Ecomil.....	36

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 Estructura del fruto de café:	13
Figura 2 Canal de correteo de un beneficio de café tradicional.	14
Figura 3 Masa de café en proceso de fermentación.....	15
Figura 4 Beneficio de café ecológico.	16
Figura 5 Central de beneficio de café.....	17
Figura 6 Filtro verde.	18
Figura 7 Evaluación de tres alternativas de beneficio de café.....	33

RESUMEN:

El cultivo del café ha sido por mucho tiempo la base de la economía de la gran mayoría de las familias cafeteras de Colombia, es por esto que se torna de vital importancia para todos los caficultores del país que se realicen los estudios pertinentes y se recopile información en torno a la caficultura. Es así como se ha recopilado información que ayuda con el diario vivir de los productores de café en Colombia.

La etapa del beneficio del café es de suma importancia, dado que es allí donde alternan un sinnúmero de actividades que requieren del cuidado especial por parte de los caficultores, con el propósito de conservar la calidad de grano y de evitar la contaminación ambiental que dichos procesos pueden causar por el alto consumo de agua de algunos de ellos.

Dado lo anterior, este trabajo da cuenta de la importancia de la conservación de los recursos naturales (agua y suelo) por parte de los caficultores; es así como se ha compilado información relevante de diferentes métodos de beneficio del café, con el fin de brindar los datos para tomar las mejores decisiones a la hora de realizar el beneficio húmedo del café en las fincas cafeteras del país.

De los diferentes métodos de beneficio húmedo del café, la tecnología ecomil sin vertimientos de agua, es la alternativa que más se ajusta a la mitigación y conservación del medio ambiente, dado que su bajo consumo de agua, hace que el impacto ambiental generado por este sea mínimo y se adapte a las normas vigentes por las corporaciones autónomas regionales.

INTRODUCCIÓN:

A nivel mundial el café es uno de los productos más comercializados, sus cultivos están presentes a lo largo de la geografía colombiana, siendo el país uno de los principales productores de dicho fruto. Este sector cafetero genera de las mayores tasas de empleo en el campo de la agricultura en el país, y abarca una participación importante en la economía nacional, cifras reflejadas en el PIB. A pesar de esto una buena parte de los productores cafeteros se encuentra por debajo del umbral de la pobreza “la mayor parte de la población cafetera se ubica en algunas de las zonas más pobres y vulnerables del campo colombiano, ya que al menos el 70% de la población cafetera se encuentra asentada en 382 municipios en los cuales más del 38% de la población rural se encuentra en situación de NBI, el 11% habita en viviendas con falencias constructivas y el 5% tiene servicios inadecuados” (FNC 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta situación está estrechamente relacionada con otras problemáticas como la falta de educación para el manejo y beneficio de subproductos del café y la falta de infraestructura adecuada para la disposición de residuos de la producción de este fruto, a su vez la suma de todos estos factores impactan en el campo ambiental como la contaminación de recursos hídricos y terrestres. Entre los subproductos altamente aprovechables tenemos el mucílago “El mucílago de café es uno de los principales desechos producidos por la industria cafetera, su mal manejo ha conllevado a su vertimiento en las fuentes hídricas del país, lo cual ha generado un deterioro significativo en la calidad del agua” (Rozo et al, 2022).

En el despulpado del café se deja en la semilla una capa gelatinosa que la recubre, a este componente se le llama mucílago o mesocarpio ubicado entre la cereza y la pepa del fruto, siendo dicho compuesto mucilaginoso el principal componente que es fermentado. “Estudios realizados en Cenicafé permitieron determinar que el principal componente del mucílago de café es la humedad (91,77%), seguido de los azúcares totales (6,43%), las pectinas (0,81%) y el nitrógeno (0,12%)” (Rodríguez, et al, 2015).

El beneficio húmedo convencional del café es un método tradicional en Colombia que consiste en mover la cereza, para transformar el fruto en semilla, en este proceso “no se da manejo ambiental a residuos y lixiviados después de ser utilizadas en el proceso, lo cual genera grandes problemas de contaminación de los recursos naturales” (Restrepo G. Mona R 2015).

El beneficio tradicional, cuenta con un consumo global de agua cercano a los 40 litros por cada kilogramo de café pergamino seco y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos (Rodríguez, et al, 2015).

La intención con esta monografía será identificar los diferentes sistemas de beneficio del café, caracterizando sus pros y contras, además de su respectivo impacto ambiental. De esta

forma brindar al cafetero una herramienta informativa para que pueda adaptar el sistema de beneficiado más adecuado ante las demandas ecológicas atendiendo a la problemática ambiental, a la necesidad del aprovechamiento de los residuos sólido y tratamiento de las aguas mieles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Hace más de dos décadas, con el beneficio húmedo del café que se realizaba en Colombia, se utilizaban más de 40 L kg⁻¹ de café pergamino seco (c.p.s.) obtenido y se genera una contaminación de las fuentes de agua con materia orgánica, proveniente de la pulpa y del mucílago, comparable a la causada anualmente por una ciudad de 800.000 habitantes, en excretas y orina (Sanz, et al 2019).

El mucílago del café es el responsable del 26 % de la contaminación de las aguas por la inadecuada disposición de los subproductos del café, por lo que se requiere implementar de manera urgente diferentes prácticas y estrategias para evitar dicha contaminación y aprovechar este subproducto, lo cual puede generar ingresos extras a los productores de café (Rodríguez, et al, 2015).

El uso racional del agua en el procesamiento del café debe reducir los índices de contaminación, por lo que se requiere bajar el consumo de agua mediante el establecimiento de beneficiaderos ecológicos sin vertimientos (Rodríguez, et al, 2015).

La regulación ambiental en Colombia sugiere el caso de la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica; es por esto que el monto a pagar se establece en relación directa con la magnitud de los daños ambientales, económicos y sociales causados por la contaminación, eliminando su dependencia de la magnitud de recursos previamente asignados por el Estado para evitar estos daños (Correa, et al 2007).

Con el fin de disminuir el impacto ambiental generado por las aguas residuales del beneficio del café, encontramos que en la actualidad se pueden implementar diferentes alternativas relacionadas con el uso eficiente del agua y la mitigación de la contaminación ambiental, donde se puede llegar a cero descargas a las fuentes de agua y al suelo.

¿Cómo evaluar el impacto ambiental que genera el mucílago del café, durante el proceso de beneficio húmedo, bajo tres sistemas diferentes?

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA:

El alto consumo específico de agua (40 L.kg⁻¹ de café pergamino seco) en los beneficiaderos convencionales, la alta contaminación orgánica (115 g de DQO por kilogramo de café cereza) y el mal manejo por parte de la gran mayoría de los caficultores, hace que el beneficio del café se convierta en un problema de índole social, el cual puede llegar a tener consecuencias en la salud pública (Rodríguez, et al, 2015).

Los diferentes gobiernos, las entidades públicas y privadas, los profesionales del campo y los productores de café, deben articular las diferentes alternativas y herramientas disponibles para reducir y mitigar el impacto tanto ambiental como social que genera el beneficio del café y en especial el manejo que se le da al mucílago en dicho proceso.

Una alternativa para el manejo del mucílago, sugiere la implementación de beneficiaderos ecológicos para pequeñas, medianas y grandes fincas; lo cual reduce el consumo de agua de manera considerable y con ello la contaminación ambiental (Rodríguez, et al, 2015).

La implementación de las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, ayudan a la reducción de los vertimientos al suelo y al agua, lo cual disminuye la contaminación ambiental y el pago de las tasas retributivas por la mitigación del impacto ambiental, debido cumplimiento de la regulación vigente (Rodríguez, et al, 2022).

3. OBJETIVOS:

3.1 General:

Analizar y comparar diferentes alternativas para el manejo del mucílago del café, que ayuden a reducir el impacto ambiental en el proceso del beneficio del café, en la zona cafetera colombiana.

3.2 Específicos:

Identificar diferentes alternativas para el manejo del mucílago del café en el proceso de beneficio.

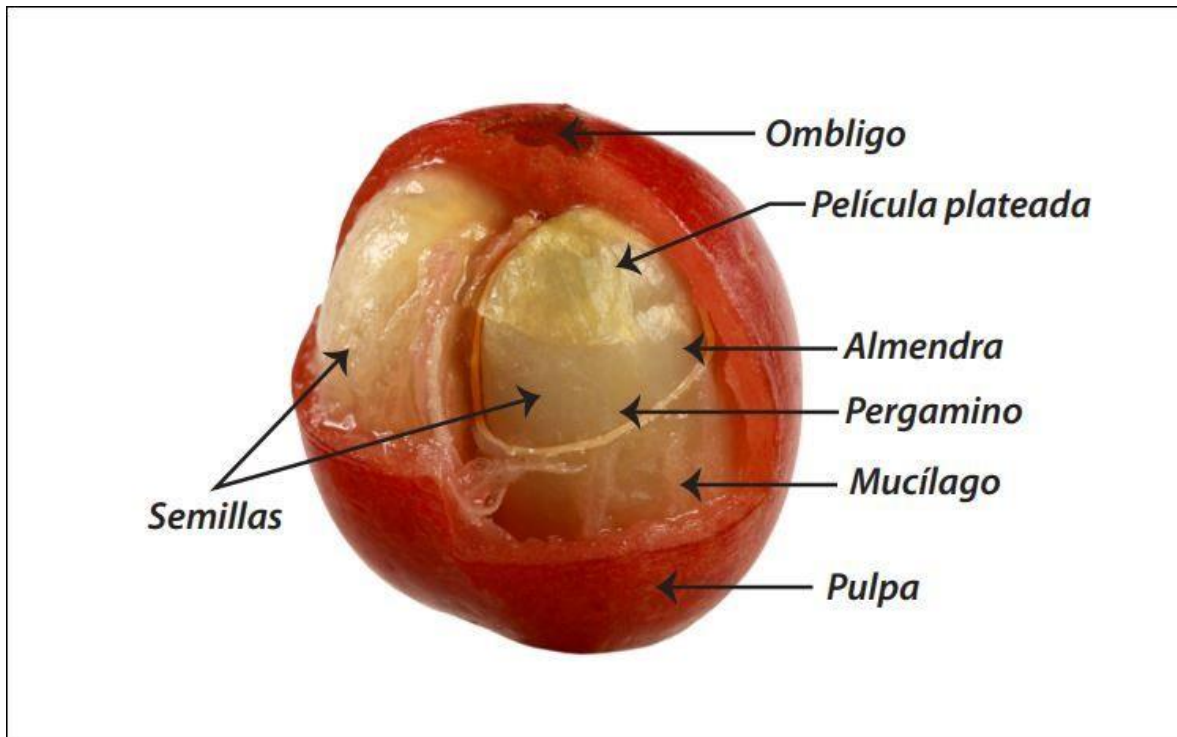
Caracterizar y comparar los diferentes sistemas de beneficio de café y su contribución a la reducción del impacto ambiental, mediante una matriz de ponderación de factores.

Evaluar el impacto ambiental de las diferentes alternativas de beneficio de café, a través de la aplicación de método de matriz de Leopold.

4. MARCO REFERENCIAL Y CONTEXTUAL-MARCO TEÓRICO:

El fruto de café está constituido por tres tipos de tejidos característicos correspondientes al exocarpio, mesocarpio y endocarpio. En la figura 1 se puede observar la estructura del fruto de café (Salazar G, et al 1994).

FIGURA 1 ESTRUCTURA DEL FRUTO DE CAFÉ:



<https://primerocafe.com.mx/caficultura/diferencias-cafe-pergamino-cafe-verde/>

En Colombia existen varios sistemas de beneficio para los frutos de café recién cosechados, uno de ellos es el beneficio convencional o tradicional con canal de correteo (figura 2), en el cual se utiliza agua en las etapas de despulpado, lavado y transporte (del fruto, del café despulpado y del café lavado), con un consumo global cercano a los 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco, alta contaminación orgánica (115 g de DQO por kilogramo de cereza) y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos (Rodríguez, et al, 2015).

FIGURA 2 CANAL DE CORRETEO DE UN BENEFICIO DE CAFÉ TRADICIONAL.



La eliminación del mucílago se realiza de forma natural o mecánica, utilizando desmucilagadores, lavadores mecánicos o en tanques de fermentación.

Cuando la eliminación del mucílago se realiza por fermentación natural y lavado, el uso eficiente y racional del agua durante el lavado del café en el mismo tanque de fermentación y usando la técnica de los cuatro enjuagues permite reducir el 80% del consumo de la misma, al compararla con el lavado convencional (Rodríguez, et al, 2015).

El mucílago del café fermentado (figura 3) corresponde al 26% de la contaminación total que generan los subproductos, y que está presente en las aguas residuales de lavado (Rodríguez, et al, 2015).

FIGURA 3 MASA DE CAFÉ EN PROCESO DE FERMENTACIÓN.



Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo pretende consolidar información relevante que permita reducir los impactos negativos que tiene el mal manejo de los subproductos del café.

Con el fin de mitigar el impacto ambiental que genera la descarga de las aguas del beneficio de café, se recopiló información relacionada con los siguientes temas relacionados con el sistema de beneficio del café: Café tipo Honey, café natural, beneficio ecológico de café (Becolsub), beneficio Ecomil, Sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio de café, filtros verdes, bioreactores, separación del mucílago para alimentación humana y animal y manejo de centrales de beneficio de café.

Las diferentes metodologías abordadas en el presente trabajo permiten incorporar información relevante en cuanto al consumo de agua y la contaminación por las descargas; para conocer un poco cada una de las alternativas se tendrá en cuenta la información pertinente así:

El punto de referencia es el beneficio tradicional que tiene un consumo de agua de 40 litros por cada kilogramo de café pergamino seco beneficiado y una contaminación de 115 g de DQO por kilogramo de café cereza (Rodríguez, et al, 2015).

Por su parte, el beneficio ecológico del café sin vertimientos (figura 4), tiene un consumo de agua inferior a 5 litros de agua por cada kilogramo de c.p.s beneficiado, donde el despulpado

y el transporte se realizan sin agua, la eliminación del mucílago se realiza de forma natural o mecánica, utilizando desmucilagadores, lavadores mecánicos o tanques de fermentación, la transformación de la pulpa se realiza en una fosa, con el área correspondiente a la producción y debidamente techada. Se realiza el control de la contaminación mediante el aprovechamiento de los subproductos (Rodríguez, et al, 2015).

FIGURA 4 BENEFICIO DE CAFÉ ECOLÓGICO.



Según (Rodríguez, et al, 2015), la tecnología que implementa el beneficio Ecomil consiste en tanques de fermentación cilíndricos que aprovechan la gravedad para el vaciado del café que está listo para ser lavado y un lavador mecánico que es alimentado dosificadamente y que requiere bajos volúmenes de agua para la separación del mucílago fermentado. Esta tecnología consume menos de 0,5 litros de agua por kilogramo de cps, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua.

El café tipo Honey, se obtiene mediante el desprendimiento de la pulpa de la cereza en una máquina despulpadora, inmediatamente se somete al secado de las almendras de café sin realizar fermentación ni lavado de las mismas; en dicho proceso el consumo de agua es cero (por kilogramo de cps), siempre y cuando el despulpado sea realizado en seco.

El café natural, se obtiene mediante el secado de las cerezas de café, inmediatamente son cosechadas; en este proceso el consumo de agua es cero litros por kilogramo de c.p.s.

(Zambrano, et, al 1999), El sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA), fue diseñado por Cenicafé para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del beneficio de café, en fincas cuya producción anual no superan las 1500 arrobas de c.p.s.

En la actualidad existen en el mercado un sinnúmero de productos a base del mucílago del café, los cuales van dirigidos a la alimentación humana, así como para uso cosmetológico.

Por otro lado, el mucílago de café también puede ser utilizado para la alimentación animal con muy buenos resultados, siempre y cuando sea suministrado de forma correcta.

En una central de cereza (figura 5), ubicada en el municipio de Belén de Umbría (Risaralda) Se obtuvo un consumo específico de agua global (incluyendo todas las etapas del beneficio y el lavado de los equipos) de 1,19 Litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco, control de la contaminación de las aguas residuales de 100 %. Los resultados obtenidos indican que el diseño evaluado de la central, es una alternativa ecológica, técnicamente viable para atender las necesidades de beneficio del café, sin afectar a los ecosistemas. (Sanz U, et, al, 2019).

FIGURA 5 CENTRAL DE BENEFICIO DE CAFÉ.



Los filtros verdes (figura 6) son un sistema de tratamiento natural del agua, de baja carga, que se basa en la aplicación controlada del agua residual pre tratada a un cultivo forestal o herbáceo, aprovechando la capacidad autodepuradora de la zona no saturada del suelo y de la captación de nutrientes por parte de la vegetación. (Rodríguez V, et, al, 2022).

<https://www.youtube.com/watch?v=PoMO3KXrfGs>

<https://www.youtube.com/watch?v=T7hFS32NcFc>

FIGURA 6 FILTRO VERDE.



5. IDENTIFICAR DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DEL MUCÍLAGO DEL CAFÉ EN EL PROCESO DE BENEFICIO.

5.1 Introducción:

El beneficio en las fincas cafeteras, es una de las etapas del procesamiento del café más importantes para obtener un producto de excelente calidad, además de ser un factor vital para la conservación del medio ambiente. En esta etapa abordaremos los temas relacionados con el compostaje de la pulpa enriquecida con lixiviados, el desmucilagador mecánico, lixiviados en procesadoras de pulpa, abono para filtros verdes y lavador mecánico para obtener materia orgánica y reducir la carga contaminante.

5.2 Objetivo:

Conocer las bondades del proceso del compostaje de la pulpa de café, enriquecida con lixiviados y mucílago, para obtención de materia orgánica y posterior utilización del sustrato como abono para la producción de colinos de café y reducción de la carga contaminante.

5.3 Metodología:

Revisión bibliográfica detallada del material de la biblioteca digital de Cenicafé, acompañada de la revisión de material bibliográfico de otros países, para identificar las alternativas más pertinentes para el manejo del mucílago del café.

5.4 Definición cada uno de las alternativas:

5.4.1 Compostaje de pulpa con mucílago.

La materia orgánica es obtenida por la pulpa de café descompuesta, la cual está constituida por el epicarpio y mesocarpio del fruto del café y representa el 40% de su peso total. La pulpa fresca contiene 84% de agua, 0,31 % de nitrógeno total, 0,002% de fósforo total y 0,62% de potasio. Además de estos elementos La pulpa contiene algo de calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso y boro (Uribe 1977).

Este material es sumamente valioso como abono, especialmente para almácigos y plantaciones de café. Muchas experiencias se tienen en Colombia y en otros países cafeteros sobre el valor de la pulpa como abono (Uribe 1977).

En muchas regiones del país la pulpa es arrojada a las quebradas y ríos perdiéndose así un excelente fertilizante y ocasionando por otra parte la inutilización de las aguas para el consumo humano.

Se ha demostrado que de los desechos de los beneficiaderos de café, la pulpa constituye el mayor contaminante, pero al mismo tiempo se ha encontrado una manera fácil y económica para transformarla en un abono de alta calidad (Uribe 1977).

Con la construcción de depósitos especiales en donde se almacena la pulpa por un corto tiempo para convertirla en abono fácil de manejar y transportar a los cafetales, tales depósitos se denominan fosas para pulpa de café; estas fosas deben tener ciertas condiciones para que la descomposición de la pulpa sea rápida y efectiva, el primer paso para su transformación es la fermentación, que se efectúa a través de las bacterias aerobias y por lo tanto es indispensable que el depósito tenga buena ventilación, procurando una adecuada circulación del aire. El sitio para la fosa debe estar localizado en la parte más baja del cuerpo principal del beneficiadero, hacia el lado de las despulpadoras y lo más cercano posible a ellas con el fin de facilitar su transporte (Calle 1977).

Para enriquecer el sustrato que se obtiene de la descomposición de la pulpa del café mediante el proceso de transformación, se deben reincorporar a la misma los lixiviados que resultan del mismo proceso de descomposición; además de la aplicación del mucílago del café que se puede obtener mediante los desmucilaginosos mecánicos o de las natas que resultan de las primeras cabezas de lavado del café (Ramírez, et al. 2015).

Finalmente se puede inferir que con el manejo de la pulpa del café mediante la procesadora de pulpa se puede reducir la carga contaminante hasta en un 100% que generalmente va a los cuerpos de agua por la mala disposición que los caficultores dan a los residuos del café. Por otro lado, se pueden obtener resultados ampliamente favorables en la obtención de colinos de café, dado que los almácigos que se construyen con pulpa de café descompuesta presentan mayor vigor y desarrollo (Uribe 1977).

5.4.1.1 Indicadores del compostaje de pulpa con mucílago (Ramírez, et al. 2015).

Carga contaminante:

Pulpa: 82.080 ppm DQO por kilogramo de café cereza (72%).

Mieles de lavado: 31.920 ppm DQO por kilogramo de café cereza (28%).

Como obtener el mucílago: Lavando el café en el tanque con cuatro enjuagues.

Mano de obra: Dos jornales.

Costo de operación: \$ 100.000.

Equipos: Procesadora de pulpa.

Consumo de agua: 4.17 L.kg de cps (Becolsub)

Consumo de energía: Solar.

Reducción carga contaminante: 92%.

5.4.3 Desmucilaginador mecánico.

Objetivo: Identificar el método para la remoción del mucílago del café conocido como desmucilaginador mecánico como alternativa para el manejo y aprovechamiento del mucílago del café, lo cual permite evitar la contaminación ambiental por la mala disposición de este.

La pulpa y el mucílago del café son productos que bien manejados pueden representar un valor agregado para el caficultor, en la producción de abonos, hongos comestibles y alimento para animales (Calle 1977).

El mucílago proveniente del desmucilaginado mecánico o máximo 24 horas después de ser obtenido puede ser aprovechado como complemento en la alimentación de cerdos y reemplaza el 20% del concentrado para cerdos.

5.4.3.1 Indicadores del demucilaginador mecánico (Oliveros et al., 2013):

Carga contaminante:

Pulpa: 82.080 ppm DQO por kilogramo de café cereza (72%).

Mieles de lavado: 31.920 ppm DQO por kilogramo de café cereza (28%).

Como obtener el mucílago: A partir de los desmucilaginadores mecánicos.

Mano de obra: Un jornal.

Costo de operación: \$ 50.000.

Equipos: Desmucilaginador mecánico.

Consumo de agua: 0.6 L.kg de cps.

Consumo de energía: Mecánica y Solar.

Reducción carga contaminante: Superior a 90%.

5.4.5 Lixiviado en procesadoras de pulpa.

El manejo del mucílago y los lixiviados en las procesadoras de pulpa, contribuyen con la reducción de la contaminación ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café.

El proceso de beneficio ecológico en Colombia se realiza por vía húmeda, lo cual implica el uso de agua en algunas de las etapas del proceso (Zambrano 2000).

Mediante la canalización por gravedad y mediante tubería de PVC, los lixiviados provenientes de la procesadora de pulpa hacia la parte externa, se pueden obtener dichos líquidos para evitar que estos lleguen a contaminar las fuentes de agua, el suelo y el ambiente.

Estos líquidos se pueden incorporar a la masa de pulpa de café en proceso de descomposición con el fin de enriquecer el sustrato que se obtendrá para la producción agrícola.

Los lixiviados se pueden incorporar a la procesadora de pulpa directamente líquidos o ya deshidratados, luego de ser evaporada el agua en secadores solares (Ramírez, et al. 2015).

Esta alternativa permite obtener un residuo seco, el cual no se estaría descargando en las fuentes de agua, y por lo tanto, no se impactarían éstas, obteniéndose un control cercano al 100% ya que los efluentes resultantes del proceso del beneficio del café, altamente contaminantes, pueden transformarse en un subproducto con valor agregado (bioabono), y podría ser una alternativa viable para un alto número de productores de café en Colombia, protegiendo el recurso agua (Ramírez 2015).

Con el manejo de los lixiviados en las procesadoras de pulpa se pueden beneficiar las 548.000 familias caficultoras de Colombia, ya que esta tecnología es completamente amigable con el medioambiente (FNC 2023).

5.4.5.1 Indicadores del lixiviado en las procesadoras de pulpa (Rodríguez et al., 2015):

Carga contaminante:

Pulpa: 82.080 ppm DQO por kilogramo de café cereza (72%).

Mieles de lavado: 31.920 ppm DQO por kilogramo de café cereza (28%).

Como obtener el mucílago: Drenaje de la procesadora de pulpa.

Mano de obra: Dos jornales.

Costo de operación: \$ 100.000.

Equipos: Procesadora de pulpa (compostera).

Consumo de agua: 4.17 L.kg de cps (Becolsub).

Consumo de energía: Solar.

Reducción carga contaminante: Superior a 90%.

5.4.6 Abono para filtros verdes.

Para el tratamiento de las aguas residuales del café, Cenicafé desarrolló los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (Tecnología SMTA) (Zambrano et al., 2009), consistente en un tratamiento biológico, con la generación de vertimientos que permiten cumplir con lo dispuesto en la normativa ambiental vigente para descargas a cuerpos de agua superficiales y al suelo. Sin embargo, los costos legales ambientales relacionados con la adquisición del permiso de vertimientos, la caracterización del vertido, la visita de la autoridad ambiental y el pago de la tasa retributiva, son significativos, motivo por el cual se ha investigado en los sistemas de tratamiento natural, con énfasis en los filtros verdes, con la finalidad de lograr la cero descarga y de esta forma eliminar los costos legales ambientales de la ecuación de costos de la producción de café en la finca (Rodríguez et al., 2022).

Según Rodríguez et al (2022), definen los filtros verdes como un sistema de tratamiento natural del agua residual del beneficio de café con baja descarga, que se basa en la aplicación controlada del agua residual pretratada a un cultivo forestal o herbáceo, y que aprovecha la capacidad autodepuradora de la zona no saturada del suelo y la captación de nutrientes por parte de la vegetación.

El filtro verde permite cosechar material verde como el pasto vetiver, el cual puede ser utilizado entre otros usos, en la alimentación animal, para la extracción de aceites esenciales (con aplicación en perfumería), en la elaboración de artesanías y la producción de abonos verdes (Rodríguez et al., 2022).

5.4.6.1 Indicadores de abono para filtros verdes (Rodríguez 2022):

Carga contaminante:

Pulpa: 82.080 ppm DQO por kilogramo de café cereza (72%)

Mieles de lavado: 31.920 ppm DQO por kilogramo de café cereza (28%)

Como obtener el mucílago: Lixiviados provenientes de la mezcla de pulpa y mucílago (tanque de tratamiento primario del filtro verde), mieles provenientes de la tecnología Ecomill, aguas mieles provenientes de tecnología tanque tina.

Mano de obra: Dos jornales.

Costo de operación: \$ 100.000

Equipos:

Consumo de agua: Hasta 4.17 L.kg de cps (Becolsub)

Consumo de energía: Mecánica y solar.

Reducción carga contaminante: Superior a 94%

5.4.7 Lavador mecánico.

El lavador mecánico mediante la tecnología ecomil, busca reducir considerablemente el impacto ambiental generado por el mucílago, mediante la remoción del mucílago con una degradación previa mediante la fermentación natural (Oliveros et al., 2013).

La tecnología Ecomill® presenta entre otras las siguientes características (Rodríguez et al., 2015):

- A. El despulpado y transporte de la pulpa se realiza sin agua.
- B. La eliminación del mucílago fermentado se realiza de forma mecánica, utilizando lavadores mecánicos.
- C. Permite lavar y clasificar el café, con consumo específico de agua inferior a 0,5 L kg⁻¹ de cps.
- D. La descomposición de la pulpa se realiza en un procesador, con el área correspondiente a la producción y debidamente techado.
- E. Al procesador de pulpa se adicionan las mieles provenientes del Ecomill®, en el cual se retiene aproximadamente el 50% de las mieles, el 50% restante se lleva a tratamiento en un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA).

La remoción del mucílago también puede realizarse por medios mecánicos, empleando la tecnología desarrollada por Cenicafe denominada BECOLSUB (Beneficio Ecológico con manejo de SUBproductos), empleando solamente de 0,7 a 1,0 L.kg-1 de café pergamino seco (c.p.s.). En este caso las Aguas residuales del lavado - ARL se mezclan con la pulpa del café, logrando retener del 60% al 65% de volumen adicionado, y controlar del 90% al 91% de la contaminación generada en el proceso. Esta tecnología se utiliza exitosamente en Colombia y en otros países productores de café suaves lavados, siendo amigable con el medio ambiente (Oliveros et al., 2013).

El lavador mecánico cuenta con un desmucilagador que le permite una alta eficacia en la remoción del mucílago mayor al 95% con un bajo volumen específico de agua, menor a 0,6 L. de agua por kg de c.p.s y un bajo daño mecánico del café, menor al 0,5 % (Oliveros et al., 2013).

5.4.7.1 Indicadores del lavador mecánico (Oliveros et al., 2013):

Carga contaminante:

Pulpa: 82.080 ppm DQO por kilogramo de café cereza (72%)

Mieles de lavado: 31.920 ppm DQO por kilogramo de café cereza (28%)

Como obtener el mucílago:

Mano de obra: Un jornal.

Costo de operación: \$ 50.000

Equipos: Lavador mecánico.

Consumo de agua: 4.17 L.kg de cps (Becolsub).

Consumo de energía: Mecánica y Solar.

Reducción carga contaminante: Superior a 90%.

5.5 Conclusiones:

Los productores de café en Colombia cuentan con diferentes alternativas a la hora de evitar la contaminación ambiental por las descargas de los subproductos del café (pulpa y mieles), simplemente hace falta más conciencia y conocimiento de las alternativas. Por lo anterior, es indispensable un plan de choque por parte de los entes gubernamentales y privados para dar a conocer las alternativas que se tienen en la actualidad para hacer de fácil adopción la tecnología y normatividad vigente en el país.

6. CARACTERIZAR Y COMPARAR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE BENEFICIO DE CAFÉ Y SU CONTRIBUCIÓN A LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

6.1 Introducción:

En este aparte de la monografía, se caracterizaron los diferentes tipos de beneficio de café que más se utilizan en Colombia, haciendo énfasis en la carga contaminante generada en cada uno de ellos, con el fin de brindar las diferentes alternativas para la reducción del impacto ambiental generado por los caficultores colombianos.

6.2 Objetivo:

Caracterizar y comparar los diferentes sistemas de beneficio de café y su contribución a la reducción del impacto ambiental, mediante una matriz de ponderación de factores.

6.3 Metodología:

Mediante la matriz de ponderación de factores se compararon los diferentes sistemas de beneficio para evaluar el impacto ambiental ocasionado por el consumo de agua en cada una de sus etapas.

6.4 Beneficio tradicional.

El beneficio convencional o tradicional de café en Colombia, se caracteriza por el alto consumo de agua para transformar el fruto en semilla y en el cual se utiliza agua en las etapas de despulpado, lavado y transporte (del fruto, del café despulpado y del café lavado), con un consumo global cercano a los 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco (cps) y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos (Rodríguez et al., 2015).

Este tipo de beneficio Presenta, entre otras, las siguientes características (Rodríguez et al., 2015):

- Alto consumo específico de agua- 40 L.kg-1 de café pergamino seco.
- Alta contaminación orgánica (115 g de DQO por kilogramo de café cereza).
- Requiere de infraestructura especializada para medianas y grandes producciones

En la cuantificación de la Demanda Química de Oxígeno de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo de café, constituidos por la pulpa y el mucílago, se encontró, que por cada kilogramo de fruto se producen en promedio 115,1 g de DQO, de los cuales el 73,7% (85 g) provienen de la pulpa y 26,3% provienen del mucílago (Rodríguez et al., 2015).

En la tabla 1 se puede observar la evaluación realizada para el beneficio tradicional, siendo uno (1) la calificación para las variables con mayor carga contaminante y cinco (5) la calificación para las variables con menor carga contaminante.

TABLA 1 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DEL BENEFICIO TRADICIONAL DE CAFÉ.

El beneficio tradicional recibe una calificación de uno (1) en cada una de las etapas del proceso de beneficio 40 L.kg de café pergamino seco, dado que en este tipo de beneficio

ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ	VARIABLES	CALIFICACIÓN 1 a 5
RECIBO DE CAFÉ EN EL BENEFICIO	El consumo de agua es superior a 5 L de agua/kg cps.	1
	El consumo de agua es de 1 a 5 L de agua/kg cps.	
	El consumo de agua es inferior a 1 L de agua/kg cps.	
DESPULPADO DE CAFÉ	Despulpado con agua.	1
	Despulpado sin agua.	
TRANSPORTE DE LA PULPA	Transporta la pulpa con agua.	1
	Transporta la pulpa sin agua.	
FOSA (COMPOSTERA)	Sin fosa (compostera).	1
	Con fosa (compostera) sin techo.	
	Con fosa (compostera) con techo.	
LAVADO DEL CAFÉ	Cantidad de agua utilizada superior a 5 L de agua/kg cps.	1
	Cantidad de agua utilizada entre 1 y 5 L de agua/kg cps.	
	Cantidad de agua utilizada inferior a 1 L de agua/kg cps.	
TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES	Sin tratamiento de las aguas mieles.	1
	Tratamiento parcial de las aguas mieles.	
	Con tratamiento de las aguas mieles.	
TOTAL		6
<p>LA CALIFICACIÓN ES DE 1 A 5 PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES. SIENDO 1 LA CALIFICACIÓN PARA LAS VARIABLES CON MAYOR CARGA CONTAMINANTE Y 5 PARA LAS VARIABLES CON MENOR CARGA CONTAMIANANTE.</p>		

utiliza demasiada agua, siendo la etapa del lavado del café donde más consumo se presenta (Rodríguez et al., 2015).

6.5 Beneficio ecológico sin vertimientos.

En este tipo de beneficio de café se hace un uso racional del agua y se tratan los subproductos como pulpa, mucílago y aguas residuales, de forma que no se generen vertimientos en el proceso. Para ello, los lixiviados generados en el proceso de descomposición de la pulpa se reciclan permanentemente sobre el mismo material, hasta lograr su incorporación completa, y las aguas tratadas, provenientes de los sistemas de tratamiento, son utilizadas en el riego de los cultivos de la zona, en las condiciones establecidas en la Resolución 1207 del 2014 (Rodríguez et al., 2015).

Este beneficio del café presenta, entre otras, las siguientes características (Rodríguez et al., 2015):

- El despulpado y transporte de la pulpa se realiza sin agua.
- La eliminación del mucílago se realiza de forma natural o mecánica, utilizando desmucilagadores, lavadores mecánicos o tanques de fermentación.
- Permite lavar y clasificar el café, con consumo específico de agua inferior a 5 L.kg-1 de cps.
- La transformación de la pulpa se realiza en una fosa, con el área correspondiente a la producción y debidamente techada.
- Se realiza el control de la contaminación mediante el aprovechamiento de los subproductos

De esta manera, las únicas aguas residuales generadas son las aguas remanentes del proceso, como por ejemplo aquellas de la clasificación hidráulica y las provenientes del lavado de equipos, que se caracterizan por sus bajos volúmenes y su baja carga orgánica (Rodríguez et al., 2015).

En la tabla 2 se puede observar la evaluación realizada para el beneficio ecológico sin vertimientos, siendo uno (1) la calificación para las variables con mayor carga contaminante y cinco (5) la calificación para las variables con menor carga contaminante.

TABLA 2 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA EL BENEFICIO ECOLÓGICO DE CAFÉ.

ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ	VARIABLES	CALIFICACIÓN 1 a 5
------------------------------	-----------	-----------------------

RECIBO DE CAFÉ EN EL BENEFICIO	El consumo de agua es superior a 5 L de agua/kg cps.	3
	El consumo de agua es de 1 a 5 L de agua/kg cps.	
	El consumo de agua es inferior a 1 L de agua/kg cps.	
DESPULPADO DE CAFÉ	Despulpado con agua.	5
	Despulpado sin agua.	
TRANSPORTE DE LA PULPA	Transporta la pulpa con agua.	5
	Transporta la pulpa sin agua.	
FOSA (COMPOSTERA)	Sin fosa (compostera).	5
	Con fosa (compostera) sin techo.	
	Con fosa (compostera) con techo.	
LAVADO DEL CAFÉ	Cantidad de agua utilizada superior a 5 L de agua/kg cps.	1
	Cantidad de agua utilizada entre 1 y 5 L de agua/kg cps.	
	Cantidad de agua utilizada inferior a 1 L de agua/kg cps.	
TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES	Sin tratamiento de las aguas mieles.	5
	Tratamiento parcial de las aguas mieles.	
	Con tratamiento de las aguas mieles.	
TOTAL		24
<p>LA CALIFICACIÓN ES DE 1 A 5 PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES. SIENDO 1 LA CALIFICACIÓN PARA LAS VARIABLES CON MAYOR CARGA CONTAMINANTE Y 5 PARA LAS VARIABLES CON MENOR CARGA CONTAMIANANTE.</p>		

El beneficio ecológico sin vertimientos, se presenta como una alternativa asequible para los caficultores, dado que es una tecnología relativamente favorable y disminuye considerablemente el consumo de agua en cada una de sus etapas. Para esta evaluación, ha recibido una calificación de tres (3) en el recibo, ya que en la actualidad algunos productores reciben el café a través de cafeductos con agua.

Por otra parte, la etapa del lavado del café sigue siendo de alto impacto ambiental por el consumo de agua de la misma; en esta ocasión ha recibido una calificación de uno (1) ya que el consumo de agua en esta etapa es superior a cinco (5) litros de agua por kilogramo de café pergamino seco beneficiado.

6.6 Beneficio Ecomil.

Cenicafé desarrolló la tecnología Ecomill® que consiste en tanques de fermentación cilíndricos que aprovechan la gravedad para el vaciado del café que está listo para ser lavado y un lavador mecánico que es alimentado dosificadamente y que requiere bajos volúmenes de agua para la separación del mucílago fermentado (Rodríguez et al., 2015).

La tecnología Ecomill® consume menos de 0,5 L.kg-1 cps, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua (Rodríguez et al., 2015).

Para remover el mucílago del café también se pueden utilizar enzimas pectinolíticas, que dependiendo de la dosis empleada, permite lavar el café después de 2 a 3 horas de aplicación (Oliveros et al., 2013).

ECOMILL® representa un gran avance tecnológico para apoyar las labores de beneficio en la producción de café, empleando la fermentación natural, que cada vez exigen más los compradores en el exterior, con el menor volumen específico de agua empleado en la actualidad, menor requerimiento de potencia por tonelada de café procesado, menor daño mecánico causado a los granos y la posibilidad de controlar el 100% de la contaminación generada en el proceso, permitiendo la valoración de los coproductos del proceso (mieles y pulpa) y la obtención de nuevos productos de importancia comercial (Oliveros et al., 2013).

En la Tabla 3 se puede observar la evaluación realizada para el beneficio ecomil, siendo uno (1) la calificación para las variables con mayor carga contaminante y cinco (5) la calificación para las variables con menor carga contaminante.

TABLA 3 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA EL BENEFICIO ECOMIL DE CAFÉ.

ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ	VARIABLES	CALIFICACIÓN 1 a 5
RECIBO DE CAFÉ EN EL BENEFICIO	El consumo de agua es superior a 5 L de agua/kg cps.	5

	El consumo de agua es de 1 a 5 L de agua/kg cps.	
	El consumo de agua es inferior a 1 L de agua/kg cps.	
DESPULPADO DE CAFÉ	Despulpado con agua.	5
	Despulpado sin agua.	
TRANSPORTE DE LA PULPA	Transporta la pulpa con agua.	5
	Transporta la pulpa sin agua.	
FOSA (COMPOSTERA)	Sin fosa (compostera).	5
	Con fosa (compostera) sin techo.	
	Con fosa (compostera) con techo.	
LAVADO DEL CAFÉ	Cantidad de agua utilizada superior a 5 L de agua/kg cps.	5
	Cantidad de agua utilizada entre 1 y 5 L de agua/kg cps.	
	Cantidad de agua utilizada inferior a 1 L de agua/kg cps.	
TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES	Sin tratamiento de las aguas mieles.	5
	Tratamiento parcial de las aguas mieles.	
	Con tratamiento de las aguas mieles.	
TOTAL		30
<p>LA CALIFICACIÓN ES DE 1 A 5 PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES. SIENDO 1 LA CALIFICACIÓN PARA LAS VARIABLES CON MAYOR CARGA CONTAMINANTE Y 5 PARA LAS VARIABLES CON MENOR CARGA CONTAMINANTE.</p>		

El beneficio ecomil, es la alternativa más sostenible de las tres evaluadas en esta monografía; consume menos de 0,5 L.kg-1 cps, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua (Rodríguez et al., 2015).

La única desventaja que presenta con relación a las demás alternativas evaluadas es el costo que esta tecnología tiene actualmente en el mercado, dado el bajo poder adquisitivo que tienen los pequeños productores en el país.

6.7 Filtros verdes.

Los filtros verdes son un sistema de tratamiento natural del agua, de baja carga, que se basan en la aplicación controlada del agua residual pretratada a un cultivo forestal o herbáceo, y que aprovecha la capacidad autodepuradora de la zona no saturada del suelo y la captación de nutrimentos por parte de la vegetación. El uso de especies arbóreas o pastos de rápido crecimiento, con grandes requerimientos hídricos y cuyas raíces son tolerantes a condiciones parcialmente saturadas y anaerobias permiten la aplicación de altos volúmenes de agua residual, logrando su evapotranspiración total, alcanzando el objetivo de cero descargas (Rodríguez et al., 2022).

Con la instalación del filtro verde en la finca, se obtienen cero descargas de aguas residuales y de esta manera se contribuye a la sostenibilidad ambiental en las fincas cafeteras, evitando la contaminación de los recursos agua y suelo, y mejorando la rentabilidad del negocio cafetero, dado que se evitan los costos legales ambientales asociados a la disposición final de los vertimientos (Rodríguez et al., 2022).

Según Rodríguez et al (2022), Los componentes que conforman el filtro verde con cero descargas para las aguas residuales del café son los siguientes:

- Unidad para el tratamiento primario de las aguas residuales del café.
- Unidad de aplicación del agua pretratada.
- Área para la aplicación del agua residual y el desarrollo de la vegetación.
- Cobertura plástica tipo invernadero.
- Sistema de aplicación del agua residual.
- Unidad de drenados.

6.8 Café tipo Honey.

Con este método se busca alcanzar los cafés conocidos como enmielados con fermentaciones prolongadas, asociadas a los cafés vinosos; en el mercado de los cafés especiales es común encontrar algunos que se han establecido por los procesos que llevan y los resultados que se perciben en la bebida (Sanz Uribe et al., 2022).

El café tipo honey se obtiene mediante la fermentación incompleta monitoreada, los cuales se caracterizan porque son llevados al secado con la totalidad o con parte del mucílago adherido, lo cual, según los seguidores de este tipo de café, da un sabor dulce que recuerda a la miel, además de otras características. Los cafés honey están siempre asociados al secado

solar, por eso el tiempo que dure el secado y la cantidad de mucílago, le dan tonalidades finales a su apariencia física. Hay cafés honey amarillo, rojo y negro (Sanz Uribe et al., 2022).

Dado que el mucilago del café en este proceso de beneficio queda adherido al pergamino, con lo cual no se requiere de su remoción con agua, la contaminación que se genera con este tipo de café es de cero descargas a las fuentes de agua y al suelo.

6.9 Café natural.

El proceso mediante el cual se obtiene café natural o en seco, consiste en secar la cereza entera después de su recolección, sin remover la cáscara. Requiere de un buen clima para realizar el secado del fruto durante el tiempo necesario de secado. El perfil en taza de estos cafés es de baja acidez, con mucho cuerpo, con sabores afrutados o de vino.

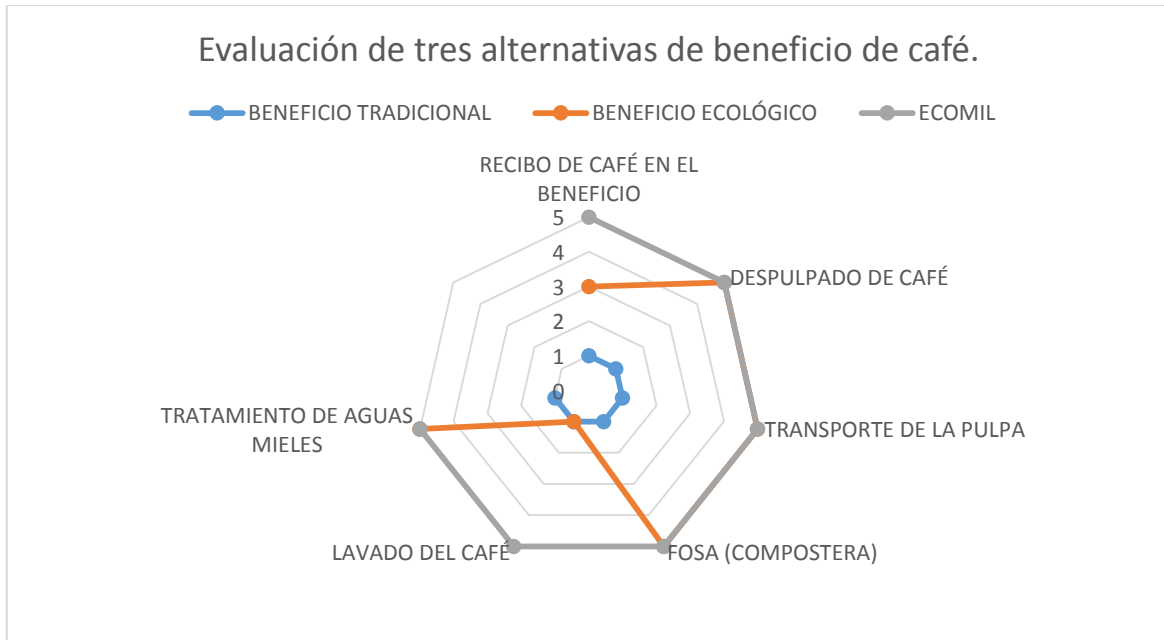
Al igual que el café tipo honey no requiere de agua para su beneficio, con lo cual la contaminación que se genera al suelo y a las fuentes de agua es de cero descargas.

TABLA 4 MATRIZ DE PONDERACIÓN DE FACTORES PARA LAS DIFERENTES ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ EN TRES TIPOS DIFERENTES DE BENEFICIO; TRADICIONAL, ECOLÓGICO Y ECOMIL.

ETAPAS DEL BENEFICIO DE CAFÉ	BENEFICIO TRADICIONAL	BENEFICIO ECOLÓGICO	ECOMIL
RECIBO DE CAFÉ EN EL BENEFICIO	1	3	5
DESPULPADO DE CAFÉ	1	5	5
TRANSPORTE DE LA PULPA	1	5	5
FOSA (COMPOSTERA)	1	5	5
LAVADO DEL CAFÉ	1	1	5
TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES	1	5	5

LA CALIFICACIÓN ES DE 1 A 5 PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES. SIENDO 1 LA CALIFICACIÓN PARA LAS VARIABLES CON MAYOR CARGA CONTAMINANTE Y 5 PARA LAS VARIABLES CON MENOR CARGA CONTAMIANANTE.

FIGURA 7 EVALUACIÓN DE TRES ALTERNATIVAS DE BENEFICIO DE CAFÉ.



Finalmente, luego de evaluar y compara tres alternativas de beneficio (tradicional, ecológico sin vertimientos y ecomil) podemos observar mediante la anterior figura que el beneficio ecomil es la alternativa de más bajo impacto ambiental, dado que presenta un consumo de agua en cada una de las etapas del beneficio del café de menos de 0,5 L.kg-1 cps, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua (Rodríguez et al., 2015).

7. EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE BENEFICIO DE CAFÉ.

7.1 Introducción:

Para la evaluación del impacto ambiental generado por las diferentes alternativas de beneficio húmedo del café, se tuvo en cuenta el consumo de agua en cada una de las etapas del beneficio, el cual hace parte de la huella hídrica del café; la Huella Hídrica es un indicador de la cantidad y de la calidad del agua que es utilizada para llevar a cabo un proceso de producción o para satisfacer cualquier necesidad.

7.2 Objetivo:

Evaluar el impacto ambiental de las diferentes alternativas de beneficio de café, a través de la aplicación de método de matriz de Leopold.

7.3 Metodología:

Mediante la aplicación de método de matriz de Leopold se evaluaron dos tipos de sistemas de beneficio (tradicional y ecomil) para conocer el impacto ambiental ocasionado por el consumo de agua en cada una de sus etapas a los factores ambientales.

Según Leal y Tobón (2021), la huella hídrica del café depende del clima y del rendimiento del cultivo, siendo Vietnam el país con la menor huella hídrica a nivel mundial, seguido por Colombia, Etiopía, Brasil Perú e Indonesia, lo cual varía significativamente, dependiendo del lugar y el periodo de evaluación.

El método de procesamiento ecológico, disminuye la huella hídrica en un 45,7% con respecto al procesamiento tradicional en el beneficio de café, y la tecnología ecomil en un 99,9% en comparación con la tecnología tradicional de procesamiento en el beneficio húmedo del café (Leal y Tobón 2021).

En Colombia el beneficio húmedo de café; es un proceso en el cual se retiran dos estructuras que cubren las semillas, la pulpa y el mucílago, este último, se remueve utilizando procesos de degradación por fermentación natural dejando el café despulpado en el tanque durante 14 a 20 h y lavándolo con agua limpia para obtener café pergamino seco (cps); Las aguas residuales de lavado, presentan alta carga orgánica, por lo cual se requiere tratarlas para disminuir el impacto ambiental (Oliveros et al., 2013).

Con el fin de evitar el alto impacto ambiental que genera el café, dadas las altas cargas contaminantes que generan el uso de agua en cada una de las etapas de beneficio de café, se han generado investigaciones desde el año de 1984 relacionadas con el tratamiento anaerobio de las aguas residuales producidas durante el proceso convencional de beneficio húmedo del café, tendientes a encontrar la solución más económica para descontaminarlas (Zambrano et al., 1999).

En esta ocasión se evaluó el impacto ambiental en dos de las diferentes alternativas de beneficio de café, las cuales representan los extremos en consumo de agua e impacto ambiental (beneficio tradicional Tabla número 5 y ecomil Tabla número 6).

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que serán impactados (matriz de impactos), se procede a valorarlos cuantitativamente de la siguiente manera:

Magnitud: Según un número de -1 a -10, en el que -10 representa la mayor alteración y -1 la mínima alteración.

Importancia: Se cuantifica de 1 a 10, siendo 10 la mayor importancia en el tiempo y 1 es la mínima calificación.

Tabla 5 Evaluación de impacto ambiental del Beneficio tradicional.

	Valoración	Magnitud: -10= Grande 5= Mediano -1= Pequeño	Magnitud: 1-10 Importancia: 1-10	ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS														
		Importancia: 1=Nada 10=Alta		1. Transporte y recepción de café cereza				2. Beneficio húmedo										
		COMPONENTES		Factores ambientales	Transporte de la finca hasta el beneficio		Recepción de café cereza en la tolva		Transporte de café cereza a la despulpadora		Despulpado		Fermentación de café en baba		Lavado de café en baba		Transporte de café lavado a la secadora	
				MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. TIERRA	Suelos	-1	1	-1	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
		2. AGUA	Superficial	-10	10	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
	B. Condiciones biológicas	1. FLORA	Árboles	-1	1	-1	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
		2. FAUNA	Peces	-10	10	-1	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
	C. Factores culturales	1. USO DE LA TIERRA	Bosques	-10	10	-1	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
			Agricultura	-1	1	-1	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
		2. ASPECTOS CULTURALES	Estilos de vida	-5	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
			Empleo	-5	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
			Salud y seguridad	-5	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
		3. FACILIDADES Y ACTIVIDADES HUMANAS	Red de transporte	-5	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
			Manejo de residuos	-10	10	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5	
	Redes de servicios	-5	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5			
	Relaciones Ecológicas	Aumento del área arbustiva	-10	1	-5	1	-5	5	-10	10	-5	5	-10	10	-5	5		
TOTALES				-78	49	-50	22	0	-65	65	-130	130	-65	65	-130	130	-65	65

7.4 Conclusión:

Teniendo en cuenta la matriz de impacto ambiental, se puede observar en las tablas 5 y 6 la gran diferencia que hay entre un tipo de beneficio (tradicional) y otro (ecomil) en el impacto y la magnitud que estos tienen sobre los diferentes componentes ambientales.

La evaluación cuantitativa de los tipos de beneficio tradicional y ecomil, da cuenta que la mayor alteración al medioambiente es causada en el beneficio tradicional dado su alto consumo de agua en cada una de las etapas del beneficio y la mínima alteración al medioambiente es la generada por el beneficio ecomil, dado su bajo consumo de agua en cada una de las etapas del beneficio del café.

8. CONCLUSIONES FINALES:

El beneficio tradicional de café, sigue siendo la alternativa de beneficio que más impacta al medio ambiente, dado su alto consumo de agua en cada una de las etapas del proceso de beneficio (40 L.kg de café pergamino seco), siendo la etapa del lavado del café donde más consumo se presenta (Rodríguez et al., 2015).

El beneficio ecológico sin vertimientos, se presenta como una alternativa asequible para los caficultores, dado que es una tecnología relativamente favorable y disminuye considerablemente el consumo de agua en cada una de sus etapas. Para esta evaluación, ha recibido una calificación de tres (3) en el recibo, ya que en la actualidad algunos productores reciben el café a través de cafeductos con agua.

Por otra parte, la etapa del lavado del café sigue siendo de alto impacto ambiental por el consumo de agua de la misma; en esta ocasión ha recibido una calificación de uno (1) ya que el consumo de agua en esta etapa es superior a cinco (5) litros de agua por kilogramo de café pergamino seco beneficiado.

Luego de evaluar y compara tres alternativas de beneficio (tradicional, ecológico sin vertimientos y ecomil) podemos observar que el beneficio ecomil es la alternativa de más bajo impacto ambiental, dado que presenta un consumo de agua en cada una de las etapas del beneficio del café de menos de 0,5 L.kg de café pergamino seco, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua (Rodríguez et al., 2015).

El beneficio ecomil, es la alternativa más sostenible de las tres evaluadas en esta monografía; consume menos de 0,5 L.kg de café pergamino seco, sumado a un despulpado, transporte de pulpa y transporte del café despulpado y del café lavado sin agua (Rodríguez et al., 2015).

La única desventaja que presenta con relación a las demás alternativas evaluadas es el costo que esta tecnología tiene actualmente en el mercado, dado el bajo poder adquisitivo que tienen los pequeños productores en el país.

9. BIBLIOGRAFÍA:

Correa R. Ossa A. Vallejo C (2007). “Regulación ambiental en Colombia: el caso de la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica”. pp 1 – 20.

Federación de Cafeteros (2019). Ensayos sobre Economía Cafetera.

Leal E. Tobón C. (2021). “Huella hídrica de la producción de café en Colombia”. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín.

Oliveros T. Sanz U. Ramírez G. (2013) “Ecomil Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café”. Avance técnico Cenicafé 432. pp 1 – 8.

Ramírez G. Oliveros T. Sanz U. (2015). “Manejo de lixiviados y aguas de lavado en el proceso de beneficio húmedo del café”. Revista Cenicafé 66 pp 46-60.

Restrepo G. Mona R (2015). “Caracterización de los sistemas de beneficio de café, de los integrantes de la Asociación De Caficultores De Café De Altura (Apraycafes) vereda Santa Rita del municipio de Concordia Antioquia.”

Rodríguez V. Sanz U. Oliveros T. Ramírez G (2015). “Beneficio del café en Colombia, prácticas para uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café”. pp 1 - 37.

Rodríguez V., Quintero Y., Castañeda S. (2022). “Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y cero descargas de las aguas residuales de la finca cafetera”. pp 1 – 241.

Rozo P. Mahecha V. Guzmán S (2022). “Determinación de las variables óptimas para la producción de bioetanol a partir de mucílago de café con el propósito de reducir el vertimiento de los desechos provenientes del pretratamiento del café en las fuentes hídricas del municipio de pitalito”.

Salazar G., Riano H., Arcila P., Ponce D. (1994). “Estudio morfológico anatómico y ultraestructural del fruto de café /Coffea arabica/ L”.

Sanz U. Ramírez G. Oliveros T (2019). “Evaluación del impacto ambiental de una central de beneficio de café utilizando la tecnología ecomil®”. pp 1 – 12.

Sanz U. Velásquez H (2022). “Producción de café con fermentaciones incompletas y fermentaciones prolongadas utilizando el fermaestro”. pp 1 - 11.

Uribe H (1977) Avance técnico número 68. “Fosas para la pulpa de café”. pp 1 – 6.

Zambrano F. Cárdenas C. (2000). “Manejo y tratamiento primario de lixiviados producidos en la tecnología becolsub”. pp 1 – 8.

Zambrano F. Isaza H. Rodríguez V. López P (1999). “Tratamiento de aguas residuales del lavado del café”. pp 1 – 31.