

**Tipificación del beneficio del café en relación con el consumo y el manejo de vertimientos
de las aguas mieles de los proveedores de la compra de café F.F.T Colombia S.A.S en el
Municipio de Tarqui Huila**

Yulieth Criollo Betancourt

Asesor:

Nelly María Méndez Pedroza

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Agronomía

2024

Dedicatoria

Dedicado a todos los que trabajan en la Cadena de Suministro del Café, desde los caficultores hasta los consumidores finales, cuyo esfuerzo diario y compromiso con la sostenibilidad fortalecen la industria del café en Colombia y en todo el mundo. Especialmente, se dedica a los proveedores de café de la empresa, F.F.T. Colombia S.A.S. en el municipio de Tarqui, Huila, cuya dedicación y esfuerzo para mejorar sus prácticas de beneficio del café no solo mejora la calidad de su producto, sino que también protege y preserva los recursos naturales de una de las regiones cafeteras más ricas de Colombia.

Este trabajo también se dedica a los equipos de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S., quienes incansablemente buscan mejorar las prácticas de producción sostenible, y a las comunidades de Tarqui, Huila, cuyo bienestar depende intrínsecamente del éxito y la sostenibilidad de la industria cafetera.

Finalmente, a nuestras familias y seres queridos, quienes nos brindan apoyo constante en nuestra búsqueda por un mundo más sostenible y por negocios que no solo busquen el beneficio económico, sino que también se esfuercen por hacer una diferencia positiva en el mundo.

Agradecimientos

Primero, quiero agradecer a Dios quien en mis momentos de flaqueza me ha dado la fortaleza necesaria para terminar lo que un día comencé.

A mi madre, hija, hermanos quienes con sus oraciones y palabras de aliento me acompañaron en mi proceso formativo como profesional.

A la dirección y al equipo administrativo de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S., cuya colaboración y apertura han sido esenciales para la realización de este estudio. Su compromiso con la mejora continua y la sostenibilidad ha sido una fuente de inspiración constante a lo largo de este proyecto.

Un especial agradecimiento a todos los caficultores de Tarqui, Huila, quienes generosamente compartieron su tiempo, conocimientos y experiencias sobre sus prácticas de beneficio del café. Sin su colaboración, este análisis no habría sido posible. Su hospitalidad y transparencia han sido fundamentales para comprender profundamente los desafíos y oportunidades que enfrenta la industria del café en la región.

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pitalito, abril del 2024

Resumen

El presente proyecto aborda el proceso de beneficio del café, el cual ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo. La búsqueda por optimizar el uso de recursos como agua, energía eléctrica y mano de obra ha impulsado la creación de tecnologías cada vez más eficientes. La adopción de estas tecnologías por parte de los caficultores presenta una serie de beneficios, pero también implica algunos desafíos que deben ser considerados.

La adopción de nuevas tecnologías en las fincas cafeteras colombianas ha sido gradual, por lo que todavía existen beneficiaderos que utilizan métodos tradicionales sin optimizar el consumo de recursos, lo cual genera impactos ambientales negativos. Conscientes de la importancia de proteger el medio ambiente y en línea con la visión de una caficultura completamente sostenible, en la realización del presente proyecto se realizó una muestra a 48 caficultores que entregan café a la empresa F.FT. COLOMBIAS S.A.S, para analizar los métodos utilizados para el lavado del café.

Como resultados, 48 encuestados 42 utilizan el beneficio convencional, con consumo de 4,19 litros por kilo de cps en el proceso, mientras que en el beneficio ecológico se usa menos de 6 litros por kilo de cps, con un consumo real de 1,05 litros por kilo de cps. 30 caficultores aprovechan pulpa de café y el resto no, lo que puede generar contaminación ambiental. Es por esto que, se recomienda implementar en las unidades de producción la inversión en tecnologías, programas de capacitación, uso eficiente y sistemas de recirculación de agua en el proceso de despulpado y lavado, tratamiento de Aguas Residuales, estudios detallados de costo-beneficio para evaluar la viabilidad financiera.

Palabras Clave: Contaminación, Despulpado, Viabilidad financiera, Vertimientos; Beneficio de café.

Abstract

This project addresses the coffee processing process, which has experienced significant evolution over time. The search to optimize the use of resources such as water, electricity and labor has driven the creation of increasingly efficient technologies. The adoption of these technologies by coffee growers presents a series of benefits, but also implies some challenges that must be considered.

The adoption of new technologies in Colombian coffee farms has been gradual, so there are still mills that use traditional methods without optimizing resource consumption, which generates negative environmental impacts. Aware of the importance of protecting the environment and in line with the vision of completely sustainable coffee farming, in carrying out this project a sample was carried out with 48 coffee farmers who deliver coffee to the company F.FT. COLOMBIAS S.A.S, to analyze the methods used to wash coffee.

As results, 48 respondents 42 use the conventional mill, with consumption of 4.19 liters per kilo of cps in the process, while in the ecological mill less than 6 liters per kilo of cps are used, with a real consumption of 1.05 liters per kilo of cps. 30 coffee growers use coffee pulp, and the rest do not, which can generate environmental pollution. This is why it is recommended to implement in production units investment in technologies, training programs, efficient use and recirculation systems of water in the pulping and washing process, wastewater treatment, detailed cost-benefit studies for evaluate financial viability.

Keywords: Pollution, Pulping, Financial viability, Dumping; Benefit of the coffee.

Tabla de contenido

Introducción	11
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Sostenibilidad en la Caficultura Global	17
Impacto Ambiental de los Métodos de Beneficio del Café	17
Regulaciones y Expectativas del Mercado	17
Marco Referencial.....	19
Contexto de la Industria Cafetera en Colombia	19
Beneficio del Café y Sostenibilidad.....	19
Impacto Ambiental de las Aguas Mielles	19
Innovaciones en el Manejo de Vertimientos.....	20
Marco Conceptual.....	21
Marco Contextual.....	23
Metodología	24
Variables de Encuesta	24
Cronología.....	25
Resultados	26
Análisis de los Datos.....	34

Beneficio Convencional.....	34
Beneficio Ecológico.....	35
Beneficio Ecológico sin Vertimientos	35
Discusión.....	37
Beneficio Convencional.....	37
Beneficio Ecológico.....	37
Beneficio Ecológico sin Vertimientos	38
Conclusiones.....	39
Recomendaciones	41
Referencias.....	43

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Caficultores encuestados según su manejo de aguas en el lavado del café.</i>	26
Tabla 2. <i>Consolidado caficultores y tipos de beneficio, litros de agua utilizadas según los kilos de café cereza.</i>	27
Tabla 3. <i>Cantidad de productores por proceso realizado en la finca.</i>	28
Tabla 4. <i>Cantidad fincas con y sin aprovechamiento de pulpa de café.</i>	29
Tabla 5. <i>Proyecciones a futuro de cambio.</i>	32
Tabla 6. <i>Clasificación de beneficio convencional, ecológico y ecológico sin vertimiento. Para Demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales.</i>	32
Tabla 7. <i>Conversión del DQO, SST Y Cantidad agua residual generada en cada proceso por grupo de caficultores según tipo de beneficio.</i>	33

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Mapa Geográfico Departamento del Huila</i>	25
Figura 2. <i>Mapa geográfico municipio Tarqui é</i>	23
Figura 3. <i>Proceso cronológico del estudio.</i>	25
Figura 4. <i>Caficultores encuestados por tipo de benéfico del café.</i>	27
Figura 5. <i>Características de beneficio del café .</i>	28
Figura 6. <i>Procesos realizados en fincas.</i>	29
Figura 7. <i>Aprovechamiento de pulpa en la finca</i>	30
Figura 8. <i>Propuesta caficultor a futuro.</i>	31

Introducción

En el contexto actual de la caficultura global, la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un pilar fundamental para la viabilidad a largo plazo de la industria. Este reporte examina los métodos de beneficio del café utilizados por F.F.T. Colombia S.A.S., un importante productor en el municipio de Tarqui, Huila. El propósito de este análisis es identificar oportunidades para mejorar la eficiencia del uso del agua, reducir la contaminación ambiental, y optimizar los procesos en función de criterios de sostenibilidad.

Los métodos de beneficio del café, como el convencional, ecológico y ecológico sin vertimientos, tienen impactos ambientales significativos que varían en términos de consumo de agua, generación de residuos sólidos y contaminación química (medida a través de la Demanda Química de Oxígeno, DQO). Estos procesos también varían considerablemente en su eficiencia y en el volumen de aguas residuales generadas, lo que afecta directamente a la sostenibilidad de las operaciones.

El presente estudio proporciona un análisis detallado basado en datos de la producción del año anterior, que incluyen:

Cantidad de kilos de café cereza procesados por tipo de beneficio: 1.359.418 kg en el método convencional, 1.236.418 kg en el ecológico, y 50.000 kg en el ecológico sin vertimientos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Sedimentales Totales (SST), que indican la carga contaminante de los procesos.

Consumo de agua y generación de aguas residuales, evaluando la eficiencia en el uso de este recurso crítico.

A través de esta investigación, se pretende desarrollar una metodología integral que permita a F.F.T. Colombia S.A.S. no solo cumplir con las normativas ambientales vigentes sino también avanzar hacia una producción de café más limpia y económicamente viable. Este enfoque se alinea con las tendencias globales y las demandas del mercado, donde el consumo responsable y las prácticas de producción sostenible son cada vez más valoradas por los consumidores.

Planteamiento del Problema

A pesar de que la industria del café en Colombia tiene más de 76 años de generación de tecnologías y conocimientos, todavía hay fallas en el control de los procesos del café en las fincas cafeteras, en particular en el lavado, lo cual ocasiona muchos problemas en las fuentes hídricas de manera directa e indirecta en la zona (Cenicafe, 2021).

El insumo más importante para el beneficio húmedo del café es el agua, recurso que se usa en las zonas productoras de café en Tarqui Huila, el Municipio presenta problemas de suministro acuífero en la zona rural y que cada día está más limitada por la sequía y la situación empeora debido a la contaminación de la que está siendo sujeta por aguas servidas provenientes del beneficio del café. De ahí la problemática se acrecienta en épocas de cosecha, durante el despulpado, y lavado del grano respectivamente (Olarte, 2021).

El uso específico de agua en la operación de lavado del café es uno de los parámetros de evaluación para obtener certificaciones de calidad. La mayoría de las fincas cafetaleras cuentan con acceso al agua (malo, regular y bueno), y para muchos ya es un privilegio tenerla en su casa (Olarte, 2021).

Actualmente en el municipio de Tarqui, para separar físicamente la pulpa y mucilago del café fermentado, se usa el agua disponible en grandes volúmenes proveniente de las quebradas y vertientes, dificultando la estimación del consumo y manejo del recurso para el control de la contaminación que se genera en esta etapa. Este municipio es uno de los productores de café en el sur occidente del departamento, por lo que es necesario contribuir a mejorar la calidad de las aguas servidas del lavado del café, de la zona, teniendo en cuenta lo anterior, la propuesta para el proyecto se ha considerado la siguiente pregunta de investigación.

¿La adopción de tecnologías eficientes y el manejo adecuado de los vertimientos son fundamentales para la sostenibilidad de la caficultura de los cafeteros de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila?

Justificación

Sistemas de beneficiado del café Según Alvarado y Rojas (1998); citado por Chacón (2001), la etapa que le sigue a la cosecha es el beneficiado del café, proceso mediante el cual se transforma el fruto en producto comercial, el proceso de beneficio puede incidir en la calidad del grano, manteniendo intacto o deteriorándolo si se emplean métodos inapropiados.

El café maduro presenta una composición en la cual el grano (parte aprovechable para consumo), representa un aproximado de 20% del volumen total del fruto. El proceso de extracción del fruto mediante el beneficiado genera el restante 80% del volumen procesado en calidad de desecho (Orozco et al., 2005; citado por Guardia, 2012).

Existen dos tipos de procesos de beneficiado: seco y húmedo. El beneficiado húmedo es el método de procesamiento de café más utilizado, donde se utiliza agua como medio facilitador o como medio de transporte. El método surgió como una alternativa para solucionar el problema de la fermentación inmediata y excesiva del café en zonas tropicales (Bello et al., 1993; Cervantes, 1998; citado por Guardia, 2012).

El proceso mediante el cual se transforma la café cereza en café pergamino seco, se conoce con el nombre de “beneficio” y es “húmedo” porque se utiliza agua para el lavado del café. El “beneficiadero” es el establecimiento donde se realiza, la operación de transformación del café (Puerta & Rodríguez, 2001; citado por Rodríguez, 2009).

Lo anterior puede contribuir a generar un mayor conocimiento entre los productores de la zona, y se concientice sobre la importancia de llevar un control en el lavado del café con equipos economizadores de agua, con variables como el secado con el método natura o con cascara y también con el método de despulpado o honey y pasado al secadero, y promover en la zona mayores beneficios al comercializar su producto.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los consumos de agua en el beneficio del café, de los caficultores de la empresa F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Objetivos Específicos

Determinar el gasto específico de agua limpia en la operación de lavado del café, de los caficultores de la empresa F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Medir el gasto de agua y la contaminación generada en el lavado del café, de los caficultores de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila

Marco Teórico

Sostenibilidad en la Caficultura Global

La sostenibilidad ha cobrado una relevancia sin precedentes en la industria cafetalera mundial. En la búsqueda de la viabilidad a largo plazo, la industria enfrenta el reto de adaptarse a prácticas que aseguren un equilibrio entre la producción económica y la conservación ambiental. Según Avelino et al. (2005), la caficultura sostenible no solo implica la optimización del uso de recursos naturales y la minimización de la contaminación, sino también la adopción de prácticas que promuevan la salud ecológica y social de las comunidades involucradas. La demanda del mercado por cafés certificados como orgánicos y fair-trade es un testimonio de esta tendencia creciente hacia la sostenibilidad (Raynolds, 2009).

Impacto Ambiental de los Métodos de Beneficio del Café

Los métodos de beneficio del café varían considerablemente en términos de eficiencia y impacto ambiental. El método convencional, caracterizado por un alto consumo de agua y poca atención al tratamiento de aguas residuales, contrasta significativamente con las prácticas más modernas y sostenibles. Tal como lo discuten Ricci et al. (2016), el método convencional puede llevar a la contaminación significativa de cuerpos de agua con sólidos y químicos, reflejados en altas medidas de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Sedimentales Totales (SST). Por otro lado, métodos como el beneficio ecológico y el ecológico sin vertimientos buscan reducir estos impactos mediante el uso reducido de agua y el tratamiento efectivo de residuos, respectivamente (Silva et al., 2018).

Regulaciones y Expectativas del Mercado

Las normativas ambientales tanto a nivel global como local están evolucionando para abordar los desafíos específicos de la contaminación industrial y promover prácticas de

producción sostenible. En el contexto cafetalero, estas regulaciones están orientadas hacia la adopción de tecnologías más limpias y métodos de producción que sean responsables con el medio ambiente (Johnson, 2012). Esto no solo ayuda a las empresas a cumplir con las regulaciones vigentes, sino que también mejora su aceptación en mercados donde los consumidores valoran altamente el consumo responsable y las prácticas sostenibles (Bacon, 2005).

Marco Referencial

Contexto de la Industria Cafetera en Colombia

Colombia es reconocida como uno de los mayores productores de café de alta calidad a nivel mundial, ocupando un lugar prominente en la economía agrícola global. El café de Colombia es altamente valorado por su sabor y calidad, atributos que son cuidadosamente cultivados a través de prácticas agrícolas tradicionales y sostenibles. Huila, y en particular el municipio de Tarqui se ha distinguido por su contribución significativa a esta producción, destacándose por la implementación de métodos de cultivo que buscan armonizar la productividad con la conservación ambiental (Campos et al., 2016).

Beneficio del Café y Sostenibilidad

El proceso de beneficio del café es crucial no solo para definir la calidad del producto final, sino también por su impacto ambiental. Las técnicas tradicionales de beneficio suelen requerir grandes cantidades de agua, lo que puede llevar a desafíos significativos en términos de gestión sostenible de recursos hídricos. Por esta razón, la industria cafetera ha estado explorando alternativas más sostenibles, como los métodos de beneficio seco y ecológico, que reducen la dependencia del agua y minimizan los residuos generados durante el proceso (Barrera et al., 2018).

Impacto Ambiental de las Aguas Mieles

Las aguas mieles, resultantes del lavado y fermentación del café, representan un desafío ambiental considerable debido a su alta carga orgánica y química. Estos efluentes, si no se gestionan adecuadamente, pueden contribuir a la contaminación de cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos. El tratamiento y manejo adecuado de estas aguas es crucial para minimizar su impacto ambiental. Según estudios de Jaramillo et al. (2019),

el tratamiento efectivo de las aguas mieles puede reducir significativamente la contaminación, transformando un desecho en un recurso potencialmente útil para la agricultura.

Innovaciones en el Manejo de Vertimientos

En respuesta a los retos asociados con las aguas mieles, muchos productores en Tarqui han adoptado tecnologías innovadoras que permiten un manejo más eficiente de estos vertimientos. Estas tecnologías incluyen sistemas de filtrado biológico, lombricultura y el uso de biodigestores, que no solo tratan las aguas residuales, sino que también aprovechan la biomasa resultante como fuente de energía o fertilizante (Silva et al., 2021).

Marco Conceptual

Despulpado. Según Copa (2007), una vez cosechado y transportado el café guinda al lugar donde está instalado la despulpadora, todo cosechador procede a “latear” (medir en latas), si se considera necesario, se debe boyar (seleccionar) para que el café pelado no contenga café de mala calidad (brocados, ch’uzos, k’olos). Luego se vacía el café guinda a la despulpadora, para quitar la pulpa (sultana) del café, procedimiento que realizan las familias todas las noches, en todo el tiempo que dura la cosecha.

Los productores cuidan que la máquina peladora esté en buenas condiciones para que no maltrate el grano de café y además se preocupan por despulpar el café ese mismo día evitando así la fermentación del fruto y con él la baja de calidad.

Fermentación y lavado del café. Copa (2007), indica que el café pelado se deposita en las fosas de cemento o en recipientes de madera, controlando el tiempo de fermentación ideal que varía según la temperatura, una vez verificado, los productores proceden a lavar el café fermentado. El café se lava en horas de la mañana, de 6 a 8 y en días fríos de 9 a 10, eliminando el mucílago. Es importante que quede limpio y en lo posible sin pulpa, cafés partidos, maltratados o con broca; si no es así mientras corre el agua, están son seleccionados.

Según Camacho (2005), el consumo de agua per cápita a escala mundial aumenta por la mejora de los niveles de vida y el crecimiento poblacional. En consecuencia, el porcentaje de agua utilizada se eleva, y la cantidad de agua existente para los diferentes usos empieza a escasear. El café fermentado a punto de lavado debe someterse a una operación que elimine los residuos de mucilago, así como las sustancias formadas durante la fermentación, con el objeto de obtener un pergamino áspero y sin restos de mucilago en la hendidura. Este sistema se caracteriza por un elevado consumo de agua (Guardia, 2012).

Chacón (2001), señala que en el lavado del café se debe utilizar agua limpia y no utilizar en lo posible aguas recicladas. Las consecuencias de un mal lavado son: café con olor a fermento, café avinagrado, pergamino manchado, café de regular calidad.

El lavado del café es la operación de quitar la miel que circunda el pergamino por medio de la inmersión, y paso de una corriente de agua. La economía de agua en esta operación complementa la eficacia del sistema de recirculación de agua que debe usarse en las operaciones de beneficiado húmedo de café (Toledo, 2003).

Barrientos (2000), señala que el proceso de pre-beneficio del café, debe contar con cantidad suficiente de agua limpia para lavar el café en albercas de cemento a nivel familiar y en canal de correteo, El mal lavado ocasiona la pérdida de peso y calidad del café (manchado del pergamino y mal olor).

Marco Contextual

Este proyecto se realizó en el municipio de Tarqui, del departamento del Huila a continuación, se da a conocer la ubicación geográfica, donde se encuentra los 48 caficultores que participaron en el proyecto.

Figura 1

Mapa Geográfico Departamento del Huila



Fuente. GoogleMaps (2012)

Figura 2

Mapa geográfico municipio Tarqui



Fuente. GoogleMaps (2024)

Metodología

En el presente estudio se tuvo en cuenta evaluar los consumos de agua en el beneficio del café, de los caficultores de la empresa F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila, donde se determinaron los gastos específicos de agua limpia en la operación de lavado del café, de los caficultores de la planta trilladora F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila y también se midieron los gastos de agua y la contaminación generada en el lavado del café, de los caficultores de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Esto se logró con el trabajo de campo con la aplicación de encuestas con las siguientes variables y luego se analizó la información teniendo presente el Boletín técnico de Cenicafe número 46, tipificación de beneficio del café en Colombia.

Variables de Encuesta

Primero, se agruparon los datos basados en varios criterios clave: que se tuvieron presente para este estudio:

Tipo de Beneficio del Café: Agrupar por beneficio convencional, ecológico y ecológico sin vertimientos.

Manejo de Residuos: Clasificar las respuestas basadas en si la pulpa de café se aprovecha o se desecha, y si reciben capacitación o aplican tratamientos a las aguas mieles.

Se tuvo un análisis Descriptivo que consta de realizar un análisis para cada grupo para entender las características fundamentales:

Producción de Café: Recolectar datos de promedios y rangos de la producción de café en kilogramos por cosecha.

Evaluación del Manejo de Agua y Residuos

Profundizar en cómo los diferentes métodos de beneficio impactan el manejo de los recursos y residuos: Consumo y Tratamiento de Agua: Analizar las diferencias en el manejo de aguas mieles entre los diferentes tipos de beneficio.

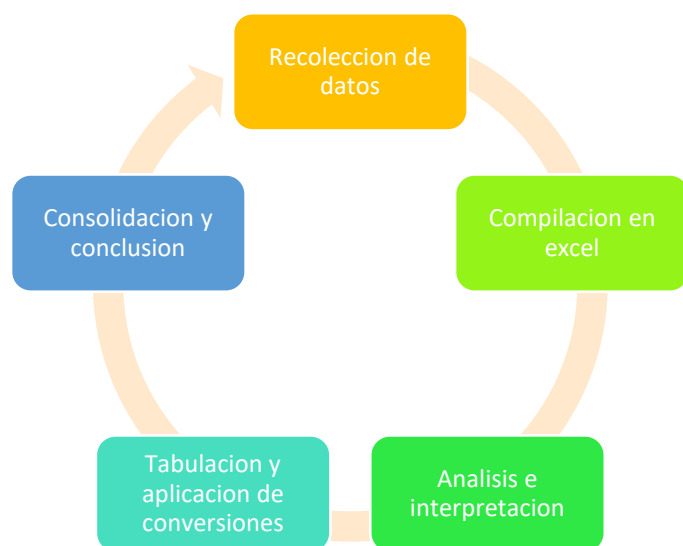
Aprovechamiento de la Pulpa: Examinar la frecuencia del aprovechamiento versus el desecho de la pulpa entre los distintos tipos de beneficio y relacionar con prácticas sostenibles.

Población objetivo: 48 caficultores pertenecientes a la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Cronología

Figura 3

Proceso cronológico del estudio.



Fuente. Autor

Resultados

Para el cumplimiento del objetivo de evaluar los consumos de agua en el beneficio del café, de los caficultores de la empresa F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila, se ha detallado las unidades de producción y sus formas de beneficio del café y luego se ha determinado el gasto específico de agua limpia en la operación de lavado del café, de los caficultores de la planta trilladora F.F.T Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Teniendo en cuenta las variables tipo de beneficio del café, en las que se trabajaron para la evaluación con Beneficio convencional con utilizaciones de 40 o más litros de agua por kilogramo de café pergamino seco, beneficio ecológico del café con uso de 5 a 10 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco y beneficio ecológico sin vertimientos con 5 o menos litros de agua por kilogramo de café pergamino seco, como se muestra a continuación.

Tabla 1

Caficultores encuestados según su manejo de aguas en el lavado del café.

Detalle	Cantidad productores encuestados
Beneficio Convencional	42
Beneficio ecológico	5
Beneficio ecológico sin vertimientos	1
Total	48

Fuente. Autores

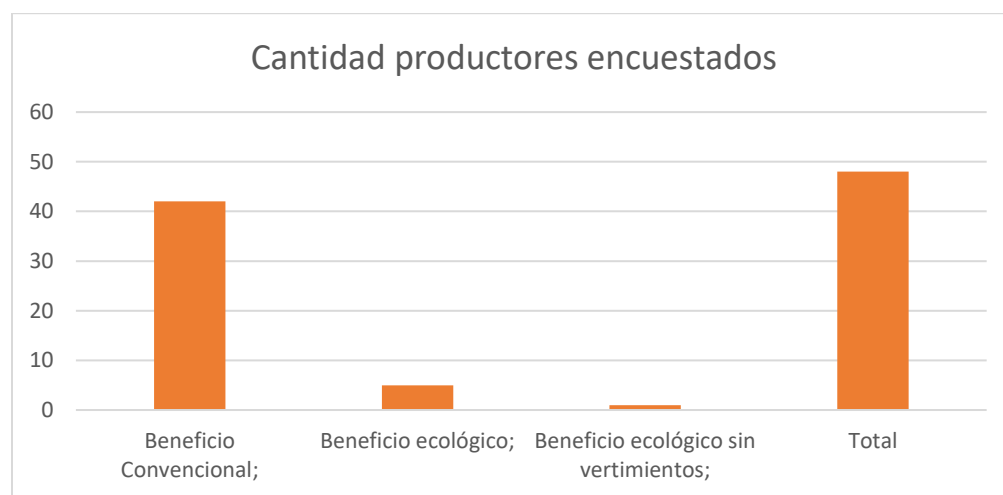
Se tuvieron 42 caficultores con uso de beneficio convencional

Se tuvieron 5 caficultores con uso de beneficio ecológico.

Se tuvieron 1 Caficultores con uso de beneficio ecológico sin vertimientos.

Figura 4

Caficultores encuestados por tipo de beneficio del café.



Fuente. Autor

Se observa que, en el método de beneficio convencional de 42 caficultores, donde se encuentra la mayor cantidad de caficultores con un consumo promedio de mayor a 40 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco.

A continuación, se da a conocer las cantidades de agua y kilos de café beneficiados por método.

Tabla 2

Consolidado caficultores y tipos de beneficio, litros de agua utilizadas según los kilos de café cereza.

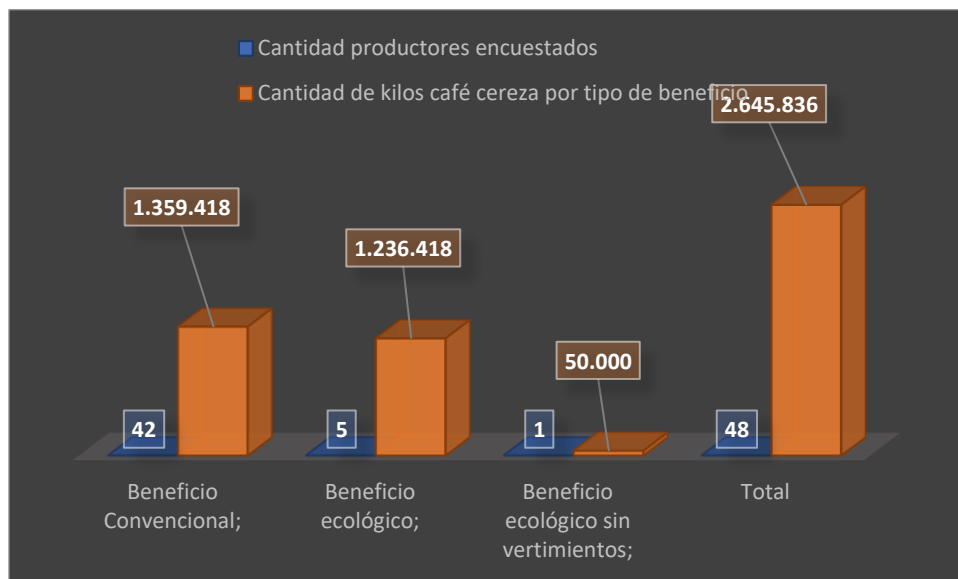
Detalle	Cantidad productores encuestados	Cantidad de kilos café cereza por tipo de beneficio
Beneficio Convencional;	42	1.359.418
Beneficio ecológico;	5	1.236.418
Beneficio ecológico sin vertimientos;	1	50.000
Total	48	2.645.836

Fuente. Autor

Se identifican los tipos de beneficio como el convencional, ecológico y sin vertimientos.

Figura 5

Características de beneficio del café



Fuente. Autor

Se identifican tipo de benéfico convencional, ecológico y sin vertimientos.

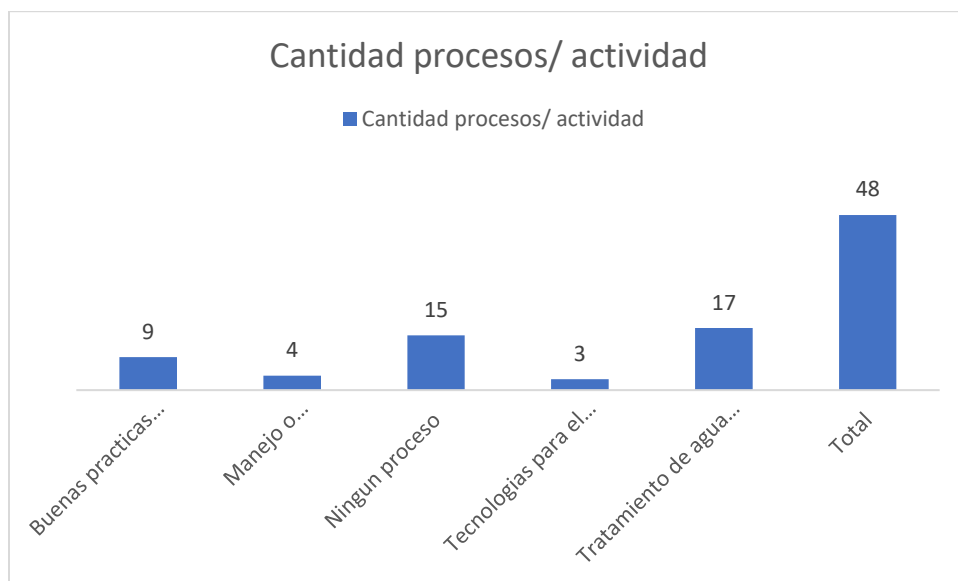
Tabla 3

Cantidad de productores por proceso realizado en la finca.

Actividad	Cantidad procesos/ actividad
Buenas prácticas agrícolas	9
Manejo o aprovechamiento de la pulpa	4
ningún proceso	15
Tecnologías para el beneficio del café	3
Tratamiento de agua mieles	17
Total	48

Fuente. Autor

Los procesos identificados en campo fueron las buenas prácticas agrícolas, manejo o aprovechamiento de la pulpa, ningún proceso, tecnologías para el beneficio del café y tratamiento de aguas mieles.

Figura 6*Procesos realizados en fincas**Fuente. Autor*

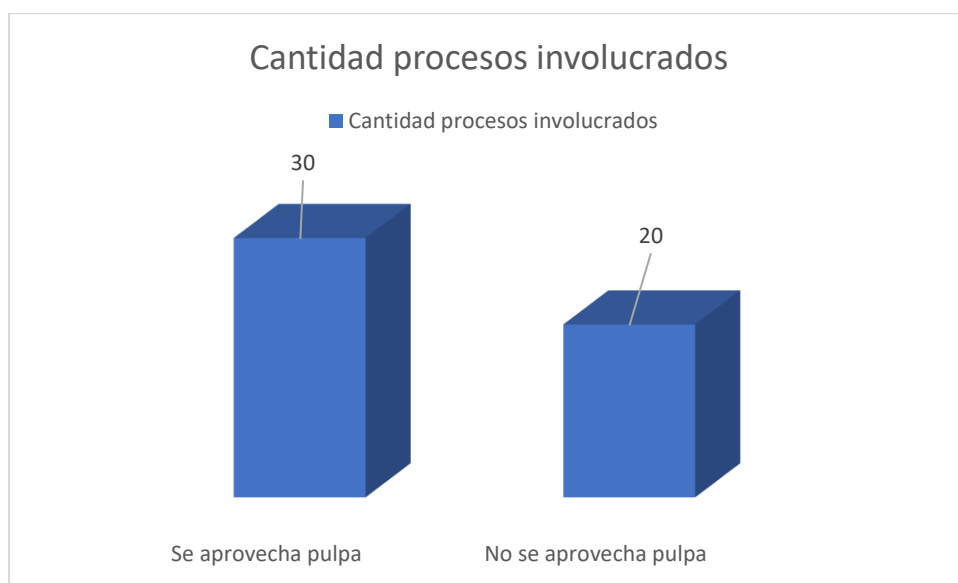
Los procesos identificados en campo fueron 9 productores con buenas prácticas agrícolas, 4 con manejo o aprovechamiento de la pulpa, 15 con ningún proceso, 3 con tecnologías para el beneficio del café y 17 con tratamiento de aguas mieles.

Tabla 4*Cantidad fincas con y sin aprovechamiento de pulpa de café*

Actividad con pulpa de café	Cantidad procesos involucrados
Se aprovecha	30
No se aprovecha	18

Fuente: Autores.

30 caficultores si aprovechan pulpa de café y 18 no la aprovechan.

Figura 7*Aprovechamiento de pulpa en la finca**Fuente. Autor*

30 caficultores realizan aprovechamiento de pulpa y 20 no hacen aprovechamiento.

Tabla 5*Proyecciones a futuro de cambio*

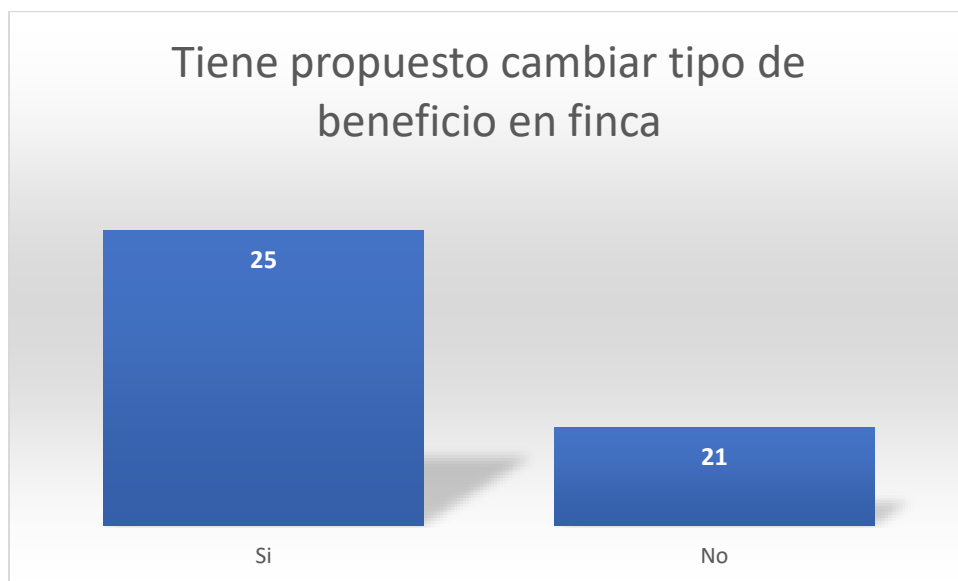
Tiene propuesto cambiar tipo de beneficio en finca	Cantidad
Si	25
No	21

Fuente. Autor

Del total de 48 productores 25 se proponen a un cambio y 21 no se lo proponen.

Figura 8

Propuesta caficultor a futuro.



Fuente. Autor

Se tiene que 25 caficultores tiene propuesto cambiar de método de beneficio del café y 21 caficultores no se lo proponen.

Teniendo en cuenta el segundo objetivo que fue medir el gasto de agua y la contaminación generada en el lavado del café, de los caficultores de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila.

Tabla 6

Clasificación de beneficio convencional, ecológico y ecológico sin vertimiento. Para Demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales

Detalle	Característica	DQO	SST Kg/Arroba de c.p.s	Observaciones
Beneficio Convencional	Tanques sifón sin recirculación, despulpado con agua, Transporte pulpa con agua, almacenamiento pulpa sin techo, recolección y tratamiento drenados pulpa sin techo, sin recolección y tratamiento drenados pulpa, técnica de 4 enjuague y descomposición pulpa sin techo. 4,19 litros por kilo cps.	115,6	17,8	Consumo de agua igual o mayor a 40 Litros por kilo de c.p.s, sin manejo de subproductos.
Beneficio ecológico	Tanque sifón con recirculación o tolva húmeda con consumo menor a 2 litros de agua por kilo de café pergamino seco. Despulpado sin agua, procesador techado y descomposición de la pulpa. El lavado entre 3 y 5 litros de agua por kilo de café pergamino seco y sin tratamiento de aguas residuales. 1,05 litro por kilo cps	31	4	Consumo de agua menor a 6 litro por kilo de c.p.s, con manejo de subproductos (pulpa).
Beneficio ecológico sin vertimientos	Tolva seca, despulpado sin agua, transporte pulpa sin agua, almacenamiento pulpa con techo, descomposición de pulpa con techo, recolección y Realiza tratamiento drenados pulpa y utiliza lavador mecánico ecomill. 0,63 litros agua por kilo cps.	30	31,25	Consumo de agua menor a 6 litros por kilo de cps, con manejo de subproductos (pulpa, mucilago) y manejo y tratamiento de las aguas

residuales generadas con reúso total o hasta agotamiento de las mismas.

Fuente. Autor

Se tiene en que en la clasificación de beneficio convencional, ecológico y ecológico sin vertimiento. Para Demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales, los resultados para el análisis de información.

Tabla 7

Conversión del DQO, SST Y Cantidad agua residual generada en cada proceso por grupo de caficultores según tipo de beneficio

Detalle	Cantidad de kilos café cereza por tipo de beneficio	DQO (Demanda química de oxígeno)	SST (Sólidos suspendidos totales)	Litros agua residual /kg fruto (mg-L)	Total Agua residual (DQO / volumen litro agua residual) mg/L	Total Sólidos Sedimentales totales por kg fruto (mg-L)	Cantidad de agua residual generada (Kilos café cereza *litros agua residual / kg fruto)
	1.359.				27,5894	4,248210	5.695.9
Beneficio Convencional;	418	115,6	17,8	4,19	9881	024	61
	1.236.				29,5238	3,809523	1.298.2
Beneficio ecológico;	418	31	4	1,05	0952	81	39
Beneficio ecológico sin vertimientos;	50.000	30	31,25	0,63	4762	46	31.500
	2.645.				30,0851	9,037478	15.531.
Total	836	177	53	6	7888	705	057

Fuente. Autor

La cantidad de kilos de café cereza por tipo de beneficio: Representa la cantidad total de café procesado en cada método.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Indicador de la cantidad de oxígeno necesario para descomponer los contaminantes orgánicos en el agua.

SST (Sólidos Sedimentales Totales): Indica la cantidad de sólidos en suspensión en el agua residual.

Litros de agua residual por kg de fruto: Refleja la eficiencia del uso del agua en el proceso.

Total, Agua residual (DQO / volumen litro agua residual) mg/L: Concentración de la demanda química de oxígeno por litro de agua residual.

Total, Sólidos Sedimentales totales por kg de fruto (mg/L): Concentración de sólidos por kilogramo de fruto procesado.

Cantidad de agua residual generada: Calculada a partir del total de café procesado y los litros de agua residual por kg de fruto.

Análisis de los Datos

Beneficio Convencional

Cantidad procesada: 1,359,418 kg

DQO: 115.6, indicando alta contaminación orgánica.

SST: 17.8, relativamente bajo en comparación con la versión ecológica sin vertimientos.

Agua residual por kg: 4.19 litros, bastante alto, reflejando un uso intensivo del agua.

Concentración de DQO en agua residual: 27.59 mg/L, la más baja de las tres, debido a la gran cantidad de agua usada.

Concentración de SST por kg de fruto: 4.25 mg/L, la más baja, correspondiente al menor manejo de sólidos.

Agua residual generada: 5,695,961 litros, la más alta, demostrando el ineficiente manejo del agua.

Beneficio Ecológico

Cantidad procesada: 1,236,418 kg

DQO: 31, significativamente más bajo, reflejando mejor manejo de contaminantes.

SST: 4, el más bajo, indicando menos sólidos en el agua.

Agua residual por kg: 1.05 litros, mucho más eficiente.

Concentración de DQO en agua residual: 29.52 mg/L, ligeramente superior debido al menor volumen de agua.

Concentración de SST por kg de fruto: 3.81 mg/L, muy eficiente.

Agua residual generada: 1,298,239 litros, mucho más baja, mostrando eficiencia en el manejo del agua.

Beneficio Ecológico sin Vertimientos

Cantidad procesada: 50,000 kg

DQO: 30, similar al ecológico, pero con menor volumen de producción.

SST: 31.25, mucho más alto, posiblemente debido al manejo de la pulpa y otros residuos sólidos.

Agua residual por kg: 0.63 litros, el más bajo, demostrando extremadamente alta eficiencia en el uso del agua.

Concentración de DQO en agua residual: 47.62 mg/L, la más alta debido al menor volumen de agua usada.

Concentración de SST por kg de fruto: 49.60 mg/L, también la más alta, reflejando el manejo de más sólidos.

Agua residual generada: 31,500 litros, la más baja, indicando un manejo superior del agua.

Los datos muestran claramente la superioridad de los métodos ecológicos sobre el convencional en términos de sostenibilidad y eficiencia. El método ecológico sin vertimientos destaca por su mínima generación de agua residual y máximo control de contaminación por sólidos y químicos, aunque es aplicado a una escala mucho menor. Por otro lado, el método ecológico (a mayor escala que el sin vertimientos) también muestra una considerable mejora respecto al convencional, equilibrando la producción masiva con la sostenibilidad.

Discusión

Beneficio Convencional

Características: Utiliza tanques sifón sin recirculación, despulpado con agua, y otras técnicas que involucran un uso intensivo de agua.

Consumo de agua: Aproximadamente 40 litros por kilo de café pergamino seco (cps). Esto resulta en un alto consumo de 4,19 litros por kilo de cps en el proceso.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): 115.6

SST (Sólidos Suspendidos Totales) Kg/Arroba de cps: 17.8

Impacto Ambiental: No tiene manejo de subproductos ni tratamiento de aguas residuales, lo que representa una carga significativa para el medio ambiente debido a la alta demanda de agua y la posible contaminación.

Beneficio Ecológico

Características: Incluye medidas para reducir el consumo de agua como tanques sifón con recirculación y despulpado sin agua. Además, cuenta con infraestructura techada para el procesamiento y almacenamiento de la pulpa.

Consumo de agua: Menos de 6 litros por kilo de cps, con un consumo real de 1,05 litros por kilo de cps.

DQO: 31

SST: 4

Impacto Ambiental: A pesar de mejorar el manejo del agua, este método aún no trata las aguas residuales, aunque sí maneja los subproductos como la pulpa.

Beneficio Ecológico sin Vertimientos

Características: Incorpora prácticas como el despulpado sin agua, el almacenamiento de pulpa con techo, y tratamiento de aguas residuales con reúso hasta su agotamiento.

Consumo de agua: También menor a 6 litros por kilo de cps, específicamente 0,63 litros por kilo de cps.

DQO: 30

SST: 31.25

Impacto Ambiental: Este es el método más sostenible de los tres, con un manejo integral de subproductos y un sistema de tratamiento y reúso de aguas residuales que minimiza el impacto ambiental.

El análisis de los anteriores resultados muestra una clara tendencia hacia una mayor sostenibilidad y responsabilidad ambiental desde el Beneficio Convencional al Beneficio Ecológico sin Vertimientos. Reducir el consumo de agua y mejorar el manejo de subproductos y aguas residuales son pasos cruciales para minimizar el impacto ambiental de la producción de café. Mientras el Beneficio Convencional representa métodos tradicionales con alto impacto ambiental, los métodos ecológicos demuestran compromisos con prácticas sostenibles que pueden ser beneficiosas a largo plazo tanto para el medio ambiente como para las comunidades productoras de café. Estos últimos métodos, aunque posiblemente más costosos inicialmente debido a la infraestructura y tecnología requerida, ofrecen ventajas significativas en términos de sustentabilidad y cumplimiento de normativas ambientales.

Conclusiones

Sí, la adopción de tecnologías eficientes y el manejo adecuado de los vertimientos son fundamentales para la sostenibilidad de la caficultura de los cafeteros de la empresa F.F.T. Colombia S.A.S en el Municipio de Tarqui Huila, por varias razones esenciales que se desprenden del análisis de los datos proporcionados:

Reducción en el Consumo de Agua: El uso de tecnologías eficientes como las empleadas en los métodos de beneficio ecológico y ecológico sin vertimientos disminuye significativamente el volumen de agua necesaria por kilogramo de café procesado. Esto no solo conserva un recurso vital y escaso, sino que también reduce la presión sobre los recursos hídricos locales, lo cual es crucial en regiones donde el agua puede ser limitada.

Control de la Contaminación: El manejo adecuado de vertimientos, especialmente en el método de beneficio ecológico sin vertimientos, reduce drásticamente la cantidad de contaminantes como la demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos sedimentales totales (SST) que ingresan al medio ambiente. Esto ayuda a evitar la degradación de los cuerpos de agua locales, contribuyendo a un ecosistema más saludable.

Cumplimiento de Normativas Ambientales: Adoptar tecnologías que minimicen el impacto ambiental facilita el cumplimiento de las normativas ambientales nacionales e internacionales, lo que puede ser crucial para el acceso a mercados que valoran la sostenibilidad en la producción de café.

Eficiencia Operacional y Reducción de Costos a Largo Plazo: Aunque la inversión inicial en tecnologías más eficientes puede ser más alta, el ahorro en el consumo de agua y la reducción en el tratamiento de desechos pueden llevar a una disminución significativa de los costos operativos a largo plazo.

Reputación y Acceso a Mercados: La adopción de prácticas sostenibles mejora la imagen de la empresa ante consumidores y socios comerciales, particularmente en mercados donde la sostenibilidad es un factor decisivo de compra. Esto puede traducirse en mejores precios y mayor demanda de los productos de la empresa.

Resiliencia y Adaptabilidad: Enfrentar los desafíos del cambio climático requiere de sistemas de producción adaptativos y resilientes. Prácticas que reducen el uso de recursos y minimizan la contaminación ayudan a asegurar la viabilidad a largo plazo de la producción de café ante condiciones ambientales cambiantes.

En resumen, para la empresa F.F.T. Colombia S.A.S y los caficultores del Municipio de Tarqui Huila, adoptar tecnologías eficientes y gestionar adecuadamente los vertimientos no solo es una cuestión de responsabilidad ambiental, sino también una estrategia esencial para asegurar la sostenibilidad y rentabilidad futura de su actividad cafetera.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta el presente proyecto y la experiencia obtenida como autores es de dar a conocer que se debe presentar en cada una de las fincas o unidades de producción lo siguiente:

La inversión en tecnología: Priorizar la inversión en tecnologías que reduzcan el consumo de agua y mejoren el tratamiento de los vertimientos. Esto incluye sistemas de recirculación de agua, despulpadores mecánicos que no requieren agua, y sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales.

Capacitación y Sensibilización: Implementar programas de capacitación para los trabajadores sobre prácticas de uso eficiente del agua y manejo adecuado de residuos y vertimientos.

Monitoreo y Mejora Continua: Establecer sistemas de monitoreo para controlar la calidad del agua, los volúmenes de consumo y la eficacia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, adaptando mejoras continuas en los procesos.

Para Beneficio Convencional; Reducir el Consumo de Agua: Implementar sistemas de recirculación de agua en el proceso de despulpado y lavado para reducir el volumen total de agua utilizada.

Mejoras en el Tratamiento de Aguas Residuales: Instalar o mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales para reducir la carga de DQO y SST, evitando la contaminación de cuerpos de agua locales.

Cubrimiento de Pulpas: Techado de las áreas de almacenamiento de pulpa para reducir la contaminación y mejorar la gestión de subproductos.

Para Beneficio Ecológico; Optimización de Recursos: Aunque este método ya es eficiente, se pueden explorar tecnologías para reutilizar aún más el agua o reducir su consumo inicial.

Ampliar las Capacidades de Tratamiento de Aguas Residuales: Aunque el consumo de agua es bajo, mejorar el tratamiento de las aguas residuales puede ayudar a reducir aún más la DQO y SST.

Para Beneficio Ecológico sin Vertimientos; Escalabilidad del Método: Investigar la viabilidad de escalar este método para procesar una mayor cantidad de café, dada su alta eficiencia y bajo impacto ambiental.

Mejora de la Gestión de Sólidos: Aunque este método gestiona bien los vertimientos líquidos, podría mejorarse el tratamiento o la utilización de los sólidos (pulpa y mucílago) para minimizar aún más el impacto ambiental.

Consideraciones Financieras y de Mercado

Estudios de Costo-Beneficio: Realizar estudios detallados de costo-beneficio para evaluar la viabilidad financiera de implementar nuevas tecnologías y procesos.

Marketing Verde: Utilizar las mejoras en sostenibilidad como un punto de venta para atraer a consumidores conscientes del medio ambiente, posiblemente permitiendo a la empresa acceder a mercados premium.

Implementando estas recomendaciones, F.F.T. Colombia S.A.S. puede lograr una producción de café más sostenible, reducir su impacto ambiental y potencialmente mejorar su posición en el mercado.

Referencias

- Avelino, J., Barboza, B., Araya, J. C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B., & Cilas, C. (2005). Effects of climate variables on the production of organic and fair trade coffees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133(3-4), 85-96.
- Bacon, C. (2005). Confronting the Coffee Crisis: Can Fair Trade, Organic, and Specialty Coffees Reduce Small-Scale Farmer Vulnerability in Northern Nicaragua? *World Development*, 33(3), 497-511.
- Barrera, J., et al. (2018). Eco-friendly Coffee Production: Impact on Water Conservation. *Journal of Environmental Management*, vol. 104, pp. 56-64.
- Campos, M., et al. (2016). Sustainability Practices in Coffee Cultivation. *Coffee Science Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 210-221.
- Cenicafe (2021). Tipificación del beneficio del café en Colombia, relación con el consumo de agua generación de vertimientos y huellas hídricas azul y gris, Centro de investigación de Café – Cenicafe, *Boletín técnico Cenicafe número 46*. Libro impreso pagina 34, Volúmenes de agua residual generados y concentraciones de DQO y SST.
- Jaramillo, P., et al. (2019). Impact of Wastewater from Coffee Processing on Aquatic Ecosystems. *Tropical Ecology and Environment*, vol. 34, no. 1, pp. 82-98.
- Johnson, M. T. (2012). Environmental impacts of green coffee production. *Journal of Cleaner Production*, 21(1), 104-113.
- Raynolds, L. T. (2009). Mainstreaming Fair Trade Coffee: From Partnership to Traceability. *World Development*, 37(6), 1083-1093.

- Ricci, G., Belloni, A., & Corti, G. (2016). Sustainability in the coffee industry: Creating shared value through environmentally friendly processing practices. *Sustainable Production and Consumption*, 1, 10-24.
- Silva, C., Vossen, H. A. van der, & van Leeuwen, J. (2018). Environmental impacts of coffee consumption and its by-products management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 232-248.
- Silva, R., et al. (2021). Innovative Approaches to Managing Coffee Processing Wastewater. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 45, no. 3, pp. 234-250.