

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables



**‘TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES (RESIDUALES) DEL
PROCESAMIENTO DE CAFE EN HUMEDO, EN EL
FUNDO HALCON NEGRO – CHANCHAMAYO’**

TESIS

Para optar al título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCION: CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

FELIX WALTER ZUÑIGA MOSCOSO

PROMOCION 2001 – I

TINGO MARIA - PERU

2005

P10

Z94

Zúñiga Moscoso, F. W.

Tratamiento de aguas mieles (residuales) del procesamiento de café en húmedo, en el fundo Halcón Negro - Chanchamayo.—Tingo María 2005

73 h.; 5 cuadros, 9 fig., 1 mapa.; 23 ref.; 30 cm.

**Ingeniero Recursista (Mención: Conservación de Suelos y Agua).
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú).
Facultad de Recursos Naturales Renovables.**

**AGUAS RESIDUALES / FILTROS / CONJUNTO DE
NUTRIENTES ASIMILABLES / CAFÉ / CHANCHAMAYO (Prov.)**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de mayo del 2005, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la UNAS, para calificar la tesis titulada:

"TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES (Residuales) DEL PROCESAMIENTO DE CAFÉ EN HÚMEDO, EN EL FUNDO HALCÓN NEGRO - CHANCHAMAYO"

Presentado por el Bachiller: **FELIX WALTER ZÚÑIGA MOSCOSO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de "BUENO".

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 81 inc. m) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 31 de mayo del 2005

.....
LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ, Ing. M.S.
Presidente



.....
PEDRO PELAEZ SANCHEZ, Ing.MSc.
Vocal

.....
JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA, Ing.MSc.
Vocal

.....
RICARDO CHAVEZ ASENCIO, Ing.
Asesor

DEDICATORIA

A MI PADRE:

FRANCISCO ZÚÑIGA CCORIZAPRA

Quien con esfuerzo, hizo de mí un
ejemplo de bien para la sociedad.

A MIS HERMANOS:

Roque, Antonio, Florentino, Pepe,
Hugo, Abrahán, Joaquín, Edwin, María
y Rocío

A MIS SOBRINOS Y CUÑADAS:

Luchar con sacrificio constantemente
ya que de ello depende el progreso del
futuro.

A VICTORIA MOSCOSO HURTADO Y ROSA ZÚÑIGA MOSCOSO: mi madre
y hermana a quienes doy un agradecimiento póstumo y fueron ejemplo en mi
formación profesional.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por haberme forjado como profesional.**
- A los Ingenieros Ricardo Martín Chávez y Florentino Zúñiga Moscoso Asesores, del presente trabajo de investigación por exigirme a ser cada día mejor.**
- Al Mblgo. Msc. Cesar López López, Co-asesor; por su orientación, confianza para el desarrollo del presente trabajo.**
- A los Docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes con sus sabios consejos me indujeron a seguir luchando por un mañana mejor.**
- Al Licenciado Pedro Cóndor por el apoyo desinteresado en el análisis y discusión del presente trabajo.**
- Al Ingeniero Msc. José Lévano Crisóstomo, Ex Decano de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por brindarme el apoyo moral y sabios consejos.**
- Al Bach. Edilberto Díaz Quintana, por su apoyo incondicional en la redacción de la tesis.**
- A mis compañeros, amigos y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron significativamente en la realización y culminación de la tesis.**

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
2.1. Conservación y manejo de cuencas.....	03
2.2. Disponibilidad del recurso hídrico.....	03
2.3. Contaminación agrícola.....	04
2.3.1. Aguas residuales del proceso de café en húmedo.....	05
2.4. Mejoramiento de suelo.....	09
2.5. Tratamiento de las aguas residuales.....	09
2.6. Impacto Ambiental.....	11
2.6.1. La Calidad Ambiental.....	12
2.6.2. Los Factores Ambientales.....	12
2.6.3. Los Impactos, efectos y consecuencias ambientales.....	12
2.6.4. El Estudio de Impacto Ambiental.....	13
2.7. Superficie y producción de café en el Perú.....	13
2.7.1. Capacidad de procesamiento ecológico del café.....	13
2.7.2. Disposición de los productores a centralizar su producción...14	14
2.7.3. El café y su impacto ambiental.....	14
2.8. Límites permisibles de calidad de agua para consumo humano.....	17
2.8.1. Muestreo de agua.....	17
2.8.2. Turbidez del agua.....	18
2.9. Vertido y reuso de aguas residuales.....	19
2.10. Análisis de arena fina de río lavada.....	20

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Características generales de la zona.....	21
3.1.1. Ubicación y extensión.....	21
3.1.2. Clima.....	21
3.1.3. Fisiografía.....	21
3.1.4. Vía de acceso al campo experimental.....	22
3.2. Materiales e instrumentos.....	22
3.2.1. Equipo.....	22
3.2.2. Materiales para la construcción de sistema de filtro.....	22
3.2.3. Materiales para el proceso y evaluación.....	22
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. Fase 1: Diseño y programación del estudio.....	23
3.3.2. Fase 2: Construcción del sistema de filtro.....	23
3.3.3. Fase 3: Procesamiento de café y toma de muestra.....	23
3.3.4. Ciclo de toma de muestra para cada sistema de filtro y tratamiento.....	24
3.3.5. Fase de laboratorio.....	25
3.3.6. Fase de gabinete.....	25
3.4. Variables independientes.....	26
3.5. Variables dependientes.....	26
3.6. Análisis estadístico.....	26
3.6.1. Análisis promedio de calidad de agua.....	27
3.6.2. Análisis porcentual de eficiencia de tratamiento en función a la calidad de agua filtrada.....	27

3.6.3. Análisis promedio de recuperación de nutrientes por	
Láminas.....	27
3.6.4. Análisis total de nutriente retenido.....	28
3.7. Diseño experimental.....	28
IV. RESULTADOS.....	30
4.1. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo de	
filtración y color de agua tratada.....	30
4.2. Eficiencia de los sistemas de filtro en función a la calidad de	
agua tratada.....	32
4.3. Porcentaje de recuperación de nutrientes en los niveles de lámina	
Filtrante/Sistema de Filtro/Tratamiento.....	39
V. DISCUSIONES.....	46
5.1. Tiempo de filtración y color de agua.....	46
5.2. Color de agua filtrada.....	47
5.3. Eficiencia de los sistemas de filtros.....	48
5.4. Eficiencia de la recuperación de nutrientes.....	52
5.5. Impacto que se produce por las aguas residuales del	
procesamiento de café.....	55
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	59
VIII. ABSTRACT.....	60
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Límites permisibles de calidad de agua.....	17
2. Promedio de eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo de filtrado y color de agua filtrado.....	31
3. Análisis de agua promedio y eficiencia de los sistemas de filtros por tratamientos.....	33
4. Evaluación del período de mayor cosecha y uso de mayor volumen de agua.....	38
5. Análisis promedio de retención de nutrientes por el material filtrante luego de filtrado de agua miel de lavado de café.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Composición porcentual del café en fruto.....	16
2. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo de filtración.....	31
3. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al color de agua.....	32
4A Eficiencia de control de coliformes totales / Tratamiento (%).....	34
4B Eficiencia de control de sólidos disueltos / Tratamiento (%).....	34
4C Eficiencia de control de turbidez / Tratamiento (%).....	35
4D Eficiencia de control de pH / Tratamiento (%).....	35
5. Eficiencia de recuperación de M.O y N / Tratamiento (%).....	41
6. Eficiencia de recuperación del fósforo y potasio / Tratamiento (ppm).....	41
7. Construcción de sistema de filtro.....	43
8. Sistemas de filtro en tratamiento.....	44
9. Resultados del experimento.....	45

RESUMEN

El Presente estudio Tratamiento de aguas mieles producto del proceso de café en húmedo en el Fundo Halcón Negro – Chanchamayo, tuvo como problema de investigación la eficiencia que tienen los sistemas de filtros ecológicos en el tratamiento de aguas mieles y el efecto de recuperar M.O. y nutrientes como; N, P y K, en la lámina filtrante; cuyo objetivo es determinar la eficiencia de los sistemas de filtros para tratar las aguas mieles, y determinar el efecto de la lámina filtrante para recuperar M.O. y nutrientes como: N, P y K. Se diseñaron y construyeron los sistemas de filtros tipo cúbico y en V, para filtrar 100 litros de agua, se planteó 03 tratamientos 5, 10 y 20 lts. de agua para procesar 01 kg. de café cerezo, estandarizándose a 100 lts. para procesar 20, 10 y 5 kg. de café cerezo respectivamente; se evaluó el tiempo de filtración, color de agua, calidad de agua en curso normal, en agua miel y agua tratada, así como la recuperación de nutrientes que contiene el mucílago y que fueron recuperados en la lamina filtrante. Se determinó que los filtros cambian el color del agua de marrón amarillento a gris azulado igual en todos los tratamientos, el tiempo de filtración es mayor cuanto más concentrado es el agua miel en el tratamiento T1, siendo 30 minutos para 100 lts./20 kg. de café cerezo (T1). La calidad de agua en curso normal está dentro del límite permisible de calidad de agua, siendo apto para consumo; en el agua miel la concentración de agentes contaminantes es alarmante, que es reflejado en la turbidez y pH con 12 NTU y 3.9 en T1, 10.6 NTU, 4.4 en T2 y 8 NTU y 4.5 en T3. Luego de ser tratados en

los sistemas de filtros se reducen los agentes contaminantes como coliformes totales 97.8%, sólidos disueltos 65.7%, mejoramiento de la turbidez en un 28.3% y mejoramiento de pH en un 18%, en el sistema de filtro cúbico del tratamiento T1, siendo menor la eficiencia de control de agentes contaminantes en el sistema de filtro en V y en los tratamientos T1 y T2. La eficiencia de recuperación de nutrientes es mejor en el tratamiento T1 con sistema de filtro cúbico recuperando un total de 3.17% y 1.46% de M.O. y N, y 23.9 y 227 ppm de P y K, siendo de mayor retención la lámina superior para M.O. y N, en la lámina inferior para P y K, y a mayor volumen de agua empleada en T2 y T3 es relativamente menor la recuperación de estos nutrientes.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua en el universo por la actitud del hombre, puede ser de muchas formas, según la procedencia de los desechos y usos diversos que se le da, provocando diversos grados de impactos sobre las características físicas – químicas propias del agua, el mismo que tiene un impacto ambiental negativo sobre la biodiversidad. Se debe tomar conciencia de la importancia del agua y salvarla, pues si el 97% de la superficie de la tierra es agua salada no apta para el consumo humano, la agricultura y la industria, su transformación en agua potable es muy costosa y el crecimiento demográfico, la agricultura intensiva y el actual calentamiento de la tierra no dan espera.

En la selva del Perú y en otros países, una de las formas de contaminación del agua se da con la actividad cafetalera; el agua que resulta luego del proceso se denomina “agua miel residual” que contiene materia orgánica en suspensión y disuelto el mismo que es vertido a su curso normal sin tratamiento alguno. Estas deyecciones de agua no tratadas diseminan gérmenes que producen afecciones entéricas y otros síndromes de enfermedades virales mortales en mayor grado a todos los seres vivos que

consumen este curso de agua, causando de esta forma el desequilibrio ecológico.

Teniendo en cuenta de que, en el futuro será imposible comprar en los mercados internacionales la paz, el agua y la biodiversidad, y considerando las normas internacionales para la agricultura ecológica, que trata de proteger al consumidor; como profesionales, estamos en la capacidad de diseñar y aplicar métodos prácticos que ayuden a mitigar la contaminación en forma tal que, el agua servida (agua miel residual) sea tratada con sistemas de filtros ecológicos, haciendo que el agua utilizada se libere con una calidad similar al agua inicialmente captada.

Por lo que, el problema del presente trabajo fue ¿qué sistema de filtro ecológico es eficiente en el tratamiento de aguas mieles del lavado de café y en recuperar los nutrientes en la lámina filtrante? Por lo que planteamos la siguiente hipótesis: Los sistemas de filtros ecológicos diseñados son eficientes en el tratamiento de aguas mieles y la recuperación de nutrientes.

OBJETIVOS

- Determinar la eficiencia de los sistemas de filtros ecológicos para tratar las aguas mieles, en tres niveles de concentración.
- Analizar el grado de contaminación del agua que se genera en el proceso de café en húmedo.
- Determinar el efecto de la lámina filtrante para recuperar M.O. y nutrientes como N, P y K en los sistemas de filtros.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Conservación y manejo de cuencas

Desde el punto de vista conservacionista y manejo de cuencas, tomando en cuenta la limitación de recursos económicos, no es conveniente iniciar los trabajos de conservación de suelos en las zonas de erosión severa o crítica, por los altos costos y el largo tiempo de recuperación que significa la inversión en estas zonas. Los niveles de información como: Nivel de diagnóstico, inventario de recursos y la información básica preliminar, que consiste en información de las características generales y básicas de la cuenca, que pueden permitir estimar el uso de los recursos naturales agua – suelo – cubierta vegetal (VÁSQUEZ, 1997).

2.2. Disponibilidad del recurso hídrico

La demanda de agua, varía según el usuario final y también según el país. Ejemplo; El consumo promedio per cápita de agua en los Estados Unidos de Norte América varía de 150 a 2000 litros, el promedio europeo es de 125 litros, mientras que en algunos países de Europa consumen menos de 200 litros (GERARD, 1999). En el Perú se ha determinado para la ciudad de Lima en el año 2000 un consumo neto de 236 litros, y demanda bruta de 300 litros, considerando un 30% en pérdidas (ROCHA, 1993).

En función al grado de satisfacción de la cantidad de agua, existen 04 clasificaciones: **Abundante**, cuando hay excedentes luego de satisfacer las necesidades intersectoriales; **Bueno**, cuando se satisfacen las demandas aunque no haya excedente; **Limitado**, cuando se satisfacen las demandas de agua con ciertas limitaciones; **Escaso**, cuando las demandas de agua no se satisfacen (VASQUEZ, 1997).

2.3. Contaminación agrícola

El control de la contaminación agrícola requiere de un método interdisciplinario que combine la experiencia de los ingenieros agrónomos, científicos de suelos y en algunas situaciones biólogos; estos contaminantes incluyen nutrientes (N y P), materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), patógenos (bacterias), sustancias químicas sintéticas (pesticidas), provenientes de focos puntuales (GERARD, 1999).

Los principales constituyentes de las aguas residuales son:

- Componentes orgánicos, particulados, y coloides disueltos
- Sólidos inorgánicos y una gran cantidad de sólidos inorgánicos disueltos.
- Una variable cantidad de microorganismos (ZAPATER, 1980).

La calidad del effluente dependerá en gran medida de las concentraciones y de los tipos de contaminantes presentes en las aguas residuales, así como de los métodos de tratamientos aplicados. En general la composición de las aguas residuales puede describirse en términos de parámetros físicos, químicos y biológicos (ZAPATER, 1980).

El sistema de contaminantes y componentes tóxicos a través del medio es muy similar al movimiento de energía y nutrientes por el ecosistema y a mayor escala por la biosfera. Estos productos químicos (conocidos como contaminantes) pueden producir daños a los seres vivos y el ambiente. El estudio de movimiento de contaminantes a través del medio se conoce como ecotoxicología. Sin embargo, un contaminante se define "como una sustancia que aparece en el ambiente, al menos en parte, como resultado de las actividades humanas y que tiene un efecto nocivo sobre el entorno". Los recursos hídricos son también afectados de manera indirecta como: por el uso del suelo para la construcción, la agricultura, repoblación forestal, la deforestación y la lixiviación de residuos de los vertederos; también influye en su naturaleza, como es el caso de la intensificación de la agricultura mediante la aplicación de fertilizantes al suelo y la consiguiente alteración de los niveles de nutrientes de los ríos que drenan a las tierras bajas de tales cuencas de recepción. También señala que el mayor volumen de vertidos en sistemas de agua dulce, está formado de materia orgánica, aguas residuales municipales, procedentes de la industria y de la agricultura. Se dice que estos residuos tienen una gran demanda de oxígeno (GERARD, 1999)

2.3.1. Aguas residuales del proceso de café en húmedo

Las características del agua residual derivada de la operación de despulpado y arrastre de pulpa con agua (agua residual de despulpado), donde se encontraron una concentración de sólidos totales (ST), de 31.0 g de MS/ kg. de café cerezo que se retira de la pulpa por el uso del agua durante esta

operación, correspondiente a 37 % de su peso original evaluado para la pulpa fresca (ZULUAGA y ZULUAGA, 1993). Se encontró que el agua después del contacto con la pulpa se lleva consigo el 40.1% de su contenido de nitrógeno total. Así mismo, indica que en los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo de café, el agua residual del proceso de despulpado presenta una concentración de 29.40% de N; de modo similar el agua residual del lavado del café el 23.70% de su contenido total de N, la pulpa lavada presenta una concentración del 46.90% de nitrógeno total (ZAMBRANO, 1994).

La contaminación ocasionada por los subproductos en un proceso de café en húmedo, es agravada por la mala utilización que se da al agua en las diferentes operaciones que se realiza durante el beneficio y por infraestructuras inadecuadas (ZULUAGA y ZULUAGA, 1993).

La composición química del mucilago fermentado es basada en pectinas, ácidos, azúcares y alcoholes y la alta concentración de los residuos que se obtienen mediante el lavado (ZULUAGA y ZULUAGA, 1993). De acuerdo a las mediciones, 100 kg. de café cerezo al ser procesada puede producir una contaminación de 28 kg. DBO en las aguas residuales. Es conocido que una persona produce 54gr. DBO/día en excretas, descargadas en las aguas negras. Por lo tanto para una cosecha de unas 3.4 millones de quintales la contaminación total generada es equivalente a la de una población de 8 millones de habitantes. Esta cifra supera en más de 100% la población actual de Costa Rica. Asimismo estas cifras corresponden a sustancias

solubles y suspendidas, provenientes del fruto de café. La pulpa es separada en el despulpado y está por aparte y si es descargada a los ríos originan un problema mayor, por que su degradación es más lenta (FRANZ, 2000).

El proceso de fermentación, que básicamente consiste en la separación del mucílago, que envuelve a los granos despulpados, se basa ya sea en reacciones bioquímicas, químicas, acciones mecánicas o combinados químico – mecánica. Con el lavado se completa la separación de las sustancias residuales del mucílago que todavía se encuentra adherido al pergamino del grano de café; el lavado de café se da por concluido cuando el agua de salida del canal de correteo o tanque lavadero aparece tan limpia como el agua de entrada. Se considera un consumo mínimo de 20 litros de agua por un kilo de café en pergamino equivalente a 5 litros/kg. café cerezo (ZÚÑIGA, 1999).

VASQUEZ (1998), indica que durante el proceso de café en húmedo, se generan residuos sólidos y líquidos, que presenta un riesgo ambiental; el residuo sólido lo forma la pulpa (cáscara o epicarpio) que corresponde a un 38.4% del peso del fruto y el mucílago (mesocarpio) que equivale a un 18.5%, produciendo respectivamente una Demanda Química de Oxígeno (DQO) hasta 19.5 kg./QQ oro y 5.7 kg./QQ oro; y el residuo líquido lo constituye el agua proveniente del despulpado y lavado, contaminado con las sustancias aportadas por la pulpa y mucílago del café.

También aclara que es importante identificar que por cada 4000 kilos de café cerezo equivalentes a 474.3 kilos oro ó 10.3 quintales, se generan:

- **92 Kilogramos de pulpa con carga contaminante que es equivalente a 19.5 kilogramos de DQO.**
- **46 Kilogramos de mucílago con carga contaminante equivalente a 5.7 kilogramos de demanda química de oxígeno.**
- **Entre 1,500 y 4,500 litros de agua residual con carga contaminante equivalente entre 0.5 y 4.4 kilogramos de DQO por metro cúbico.**
- **Agua miel de desmucilaginado con un pH entre 4.2 y 4.5, y una demanda química de oxígeno entre 51 y 76 kilogramos por metro cúbico.**
- **Agua de transporte del café desmucilaginado con un pH de 5.7 y demanda química de oxígeno de 0.71 kilogramos por metro cúbico.**
- **Agua miel de desmucilaginado después de mezclada con pulpa en el tornillo transportador, con un pH de 5.4 y demanda química de oxígeno de 78.3 kilogramos por metro cúbico.**
- **Escorrentía de agua miel de desmucilaginado y lixiviados pulpa, con un pH de 5.8 y demanda química de oxígeno de 16.1 kilogramos por metro cúbico.**
- **Agua de limpieza de instalaciones y maquinaria, con un pH de 4.6 y demanda química de oxígeno de 10.7 kilogramos por metro cúbico.**

También señala que, la demanda química de oxígeno es alta por concentración, teniéndose con un aporte contaminante del mucílago de 0.1239 Kg. de DQO por Kg. café oro en 2.174 litros de agua limpia por Kg. oro, un

equivalente poblacional de 100 habitantes por día por metro cúbico de agua proveniente del desmucilaginado. Razón por la cual, al agua de desmucilaginado debe dársele un manejo y tratamiento seguro, para evitar el vertido a cuerpos de aguas superficiales y/o subterráneas de agua limpia; caso contrario, el nombre de "Beneficiado Ecológico" no tiene sentido.

2.4. Mejoramiento de suelo

La pulpa de café es una gran fuente de materia orgánica, que por fermentación en condiciones apropiadas de humedad, temperatura y aire, se convierte en humus con las condiciones físicas y químicas ecológicamente aceptables para incorporar al suelo. Según las Normas Técnicas de Producción para la Agricultura Ecológica de la Unión Europea, la pulpa de café debe ser tratada hasta obtener humus para la agricultura, así como las aguas mieles del proceso de café en húmedo antes de ser vertidos al curso normal deben ser tratadas mediante sistemas ecológicos (ZÚÑIGA, 1999).

Es conveniente almacenar la pulpa que resulta de la cosecha, para utilizarla posteriormente como abono. Se debe evitar arrojar la pulpa a los ríos, la cual contamina las aguas y produce malos olores (ALARCÓN, 1980).

2.5. Tratamiento de las aguas residuales

Es importante hacer notar que desde un punto de vista del tratamiento de las aguas residuales por la ingeniería sanitaria, uno de los problemas de mayor preocupación es la remoción de los elementos mayores N

y P; mientras que edafológicamente estos mismos elementos mayores son indispensables para la obtención de mejores cosechas, precisamente en suelos como el litoral nuestro de costa, áridos y sin materia orgánica. Al mismo tiempo que la obtención de estos elementos en forma sintética incrementa los costos de producción por el alza interminable de dichos insumos costándole al país sólo fertilizantes nitrogenados, una salida de divisas del orden de los 40 millones (ZAPATER, 1980).

Según ZAMBRANO (1994), una forma económica con buenas posibilidades de obtener altos rendimientos energéticos en el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales biodegradables, como es el caso de las "mieles" producidas durante el lavado de café, es la de mitigar el incremento de la contaminación haciendo un uso más racional de agua en el proceso, lo que se traduce en una reducción de consumo específico y de infraestructura para su almacenamiento previo al tratamiento.

En el proceso tradicional de beneficio húmedo de café, se genera tres subproductos contaminantes: la pulpa mojada y transportada por agua, agua de despulpado y agua del lavado. Es un proceso de uso del agua como medio de transporte de lavado y clasificación. Para reducir el impacto ambiental de la actividad cafetalera, se ha desarrollado el proceso de beneficio ecológico la que se complementa con el manejo adecuado de la pulpa y la miel del café (ROSSKAMP, 1996).

La pulpa producto de despulpado debe depositarse en una compostera con techo, con humedad controlada para luego ser humificado en el lecho de lombricultura; mientras que el agua de despulpado y del lavado deben depositarse en posas de sedimentación; luego deben ser tratados en sistemas de filtros a base de grava y arena; grava y viruta; grava y rastrojos agrícolas; grava y pulpas agrícolas; de donde la arena, viruta, rastrojos o pulpas deben ser renovados cada vez que se observe su saturación, los mismo que deben ser aprovechados como parte del sustrato para la lombricultura y para su uso como humus en la agricultura (ZUÑIGA, 1999). Cualquier alternativa de tratamiento y/o aprovechamiento de las aguas residuales del lavado de café, implica tener una infraestructura cuya capacidad dependerá del consumo específico de agua, en la operación de lavado citado por (ZAMBRANO, 1993).

2.6. Impacto Ambiental

El planteamiento conceptual para estudiar los impactos ambientales consiste como base para estudiar los impactos ambientales sobre las aguas superficiales, en la que se propone un modelo de seis etapas.

- Identificación de los impactos de cantidad/calidad de aguas superficiales.
- Descripción de los estados de los recursos del agua superficial existente.
- Consecución de los estándares de cantidad y calidad de las aguas.
- Predicción de los impactos y valoración del significado de los impactos.
- Identificación e incorporación de las medidas correctoras.

Los índices e indicadores ambientales del medio afectado, en su sentido más amplio, es una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información ambiental, cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a las decisiones y al público. Asimismo los indicadores se refieren a medidas simples de factores o de especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biológico socioeconómico en relación a los efectos de la contaminación, diciendo que un "organismo indicador" es una especie seleccionada por su sensibilidad o tolerancia a los diversos tipos de contaminación y sus efectos (LARRI, 1999)

2.6.1. La Calidad Ambiental

Son las estructuras y los procesos ecológicos que permiten el desarrollo racional, la conservación de la diversidad biológica y el mejoramiento del nivel de vida de la población humana (VÁSQUEZ, 1997).

2.6.2. Los Factores Ambientales

Son cualidades o características del entorno ambiental. Estos factores se refieren al suelo, agua, clima, flora, fauna y aspectos socio – económico y culturales (VÁSQUEZ, 1997).

2.6.3. Los Impactos, efectos y consecuencias ambientales

Son términos que incluyen las alteraciones ecológicas, estéticas, históricas, culturales y socioeconómicas causadas por el ser humano. Las que pueden ser positivas o negativas (VÁSQUEZ, 1997).

2.6.4. El Estudio de Impacto Ambiental

Es un estudio técnico de carácter multidisciplinario, que se realiza para predecir los impactos ambientales y proponer las medidas de control sobre los efectos que pueden producir los proyectos, actividades o las decisiones políticas (VÁSQUEZ, 1997).

2.7. Superficie y producción de café en el Perú

La actividad cafetalera en el Perú es la principal actividad de agroexportación. Esta genera más del 30% de divisas del sector agroexportador e involucra a más de un millón de personas en el conjunto de las actividades de producción, transporte, industria y exportación. En el año 2000, se ubicó en el 6° puesto como país exportador, y en el 2° puesto como productor de café orgánico. Se cultiva una superficie estimada de 250,000 hectáreas, con una producción de 3,553,012 quintales (JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ, 2001).

2.7.1. Capacidad de procesamiento ecológico del café

En fincas y centrales de procesamiento, la capacidad instalada en post – cosecha del café debe ser igual o ligeramente mayor a la producción en los días pico (10% a 15%), para evitar daños de calidad por sobre fermentación del café cerezo (retrasos de despulpe) y pergamino (retrasos en el lavado), y pergamino seco mohoso por problemas de secado (falta de capacidad o mal manejo). Asimismo, los beneficios deben construirse y operarse con base a conceptos de producción limpia considerando los contaminantes procedentes del proceso de beneficiado húmedo del café para dar tratamiento a las aguas

residuales y manejo y aprovechamiento de la pulpa (ZULUAGA y ZULUAGA, 1993 y VÁSQUEZ, 1998)

2.7.2. Disposición de los productores a centralizar su producción

Basada en el conocimiento de las ventajas económicas que se tienen al agrupar volumen para procesar, comercializar, preservar la calidad y rendimientos del grano; procesar con mínimo recurso (mano de obra y energía), invertir menos en plantas de procesamiento, obtener costos bajos de proceso y menor impacto ambiental al centralizar y aplicar medidas de mitigación (VÁSQUEZ, 1998 y ZÚÑIGA, 1999).

2.7.3. El café y su impacto ambiental

Según BOLAÑOS (1999), el modelo de la Caficultura del Próximo Siglo debe proyectarse a diseñar un modelo, de tal manera se encuentre en armonía con el medio ambiente. Este agro ecosistema considera, aspectos de clima (variaciones recurrentes), manejo integrado de plagas, la potencialidad y las acciones de conservación de suelos y agua, la implementación de socios agroforestales según las diferentes zonas cafetaleras y el mejoramiento y/o conservación de la biodiversidad tropical. El Modelo debe permitir que los productores trabajen sistemas agroforestales, manejen el bosque natural, recuperen las fuentes de aguas, mejoren y transformen el beneficiado húmedo convirtiéndolo el proceso en ecológico, que traten y manejen las aguas residuales del beneficiado y la pulpa del café de tal forma que permita bajar los

índices de contaminación en las fuentes de aguas que utilizan las ciudades y poblados en las zonas cafetaleras aguas abajo.

El modelo facilita como fase intermedia la producción de café orgánico. El crecimiento de la producción cafetalera en los próximos años indica que posiblemente la contaminación ambiental debido a los subproductos también crecerá, por lo tanto, se deben realizar esfuerzos en todos los niveles de la cadena productiva, desde los productores hasta la torrefacción, para prevenir problemas en el futuro. Asimismo, sugiere las siguientes acciones prioritarias para poder enfrentarnos a la situación ambiental del proceso productivo cafetalero:

- Aplicar en forma oportuna las leyes y políticas ambientales ya establecidas.
- Buscar el apoyo de organismos internacionales para integrar programas de cooperación con la sociedad civil.
- Realizar mayores esfuerzos por identificar y profundizar sobre el diagnóstico de la contaminación ambiental originada por el beneficio húmedo.
- Promover la capacitación ambiental y el aprovechamiento de los subproductos.
- Implementar formas de producción de café endógena y autogestionaria, que brinden soluciones a la pobreza rural, la conservación de las cuencas hidrográficas y que eviten la deforestación y el mal uso de los suelos y aguas que la conforman, fortaleciendo la educación ambiental.
- Identificar un nuevo perfil de profesionales del agro de acuerdo a los productos que generen el mayor Producto Bruto Interno agrícola con una

visión de manejo integrado de los recursos internos en las unidades productivas de las familias rurales en laderas.

- El café maduro presenta una composición en la cual el 20% del volumen total es fruta y el 80% de residuos con un grado diferente que constituye un riesgo para el medio ambiente, como sino se reutiliza de una manera inteligente para otros propósitos. Pero existe otro subproducto generado por el proceso de separación de café oro: el agua residual. En caso de descarga importante de materia orgánica, como es el caso del vertido en agua mieles se agota el oxígeno (anaerobiosis), y se destruye por asfixia a la fauna y flora acuática: Peces, cangrejos, microorganismos y plantas diversas de los ríos (PUJUL, 1994).

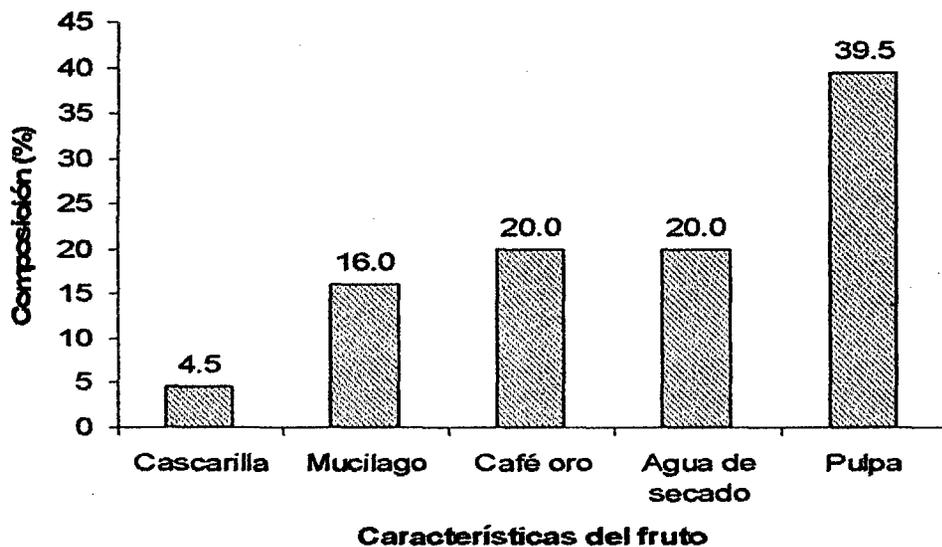


Figura 1. Composición porcentual del café en fruto

Fuente: Alfaro, (1994).

2.8. Límites permisibles de calidad de agua para consumo humano

Los límites permisibles de características bacteriológicas, físicas (organolépticas) y químicas que debe cumplir el agua para consumo humano se muestra en el Cuadro 1 (MINAE, 1997).

Cuadro 1. Límites permisibles de calidad de agua

Características		Límites permisibles
Bacteriológicas	Coliformes totales	2 NMP/100 ml ó 2 UFC/100 ml
	Coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml
Físicas Organolépticas	Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino – cobalto
	Olor y sabor	Agradable (es aceptable aquellas que sean tolerables para la mayoría de los consumidores)
	Turbidez	5 NTU (Unidades de turbiedad no felométricas).
Químicas	Aluminio	0.20 mg/L
	Arsénico	0.05 mg/L
	Bario	0.70 mg/L
	Cadmio	0.005 mg/L
	Cianuros	0.07 mg/L
	Cloruro residual libre	0.20 – 1.50 mg/L
	Cloruro (como Cl ⁻)	250.00 mg/L
	Cobre	2.00 mg/L
	Cromo total	0.05 mg/L
	Dureza total (como Ca CO ₃)	500.00 mg/L
	Fenoles	0.001 mg/L
	Fierro	0.30 mg/L
	Fierro	1.50 mg/L
	Fluoruros (F ⁻)	0.15 mg/L
	Magnesio	10.00 mg/L
	Nitrato (como N)	0.50 mg/L
	Nitrógeno amoniacol (N)	6.5 – 8.5 mg/L
	Nitrógeno (N)	200.00 mg/L
	PH	1.00 gr/l
	Sodio	
Sólidos disueltos totales		

Fuente: MINAE, (1997)

2.8.1. Muestreo de agua

Es la cantidad de agua que se requiere para el análisis químico ordinario, que es de aproximadamente 1.9 litros, en casos especiales pueden

necesitarse cantidades mayores. Para obtener una muestra representativa, dependen de las condiciones locales:

- De pozos, se toma la muestra después de que la bomba haya estado funcionando, y se toma también de arroyos de agua corriente.
- Cuanto más corto haya sido el tiempo entre la recolección y el análisis de la muestra, tanto más dignos de confianza serán los datos analíticos.
- No se ha propuesto ningún método satisfactorio para esterilizar una muestra de agua afín de impedir la acción bacterial (HOMER, 1973).

La obtención de una muestra que cumpla los requisitos del programa de toma y manipulación, implica que aquella no debe deteriorarse o contaminarse antes de llegar al laboratorio. La toma debe realizarse con cuidado, con el objeto de garantizar que el resultado analítico represente la composición real. Es necesario tomar precauciones especiales cuando en el procesado de muestra se han de analizar componentes residuales, sobre todo analíticos y componentes orgánicos (APHA et al, 1992).

2.8.2. Turbidez del agua.

En las aguas la turbidez, impide la propagación de la luz cuya disminución de intensidad tiene como consecuencia limitar e incluso eliminar la vegetación. La mayoría de las aguas superficiales tienen una turbidez importante y su consumo directo es imposible. La medida de la turbidez es importante para el control de un tratamiento, nos brinda información sobre la naturaleza, la concentración y el tamaño de las partículas en suspensión que

deben constituir el objeto de medidas específicas. Además el consumidor sólo utilizará con resistencia un agua turbia; aunque las calidades químicas y bacteriológicas sean satisfactorias, preferirá un agua no controlada cuya nitidez sea perfecta. Así pues, toda agua debe ser nítida, y no debe contener partículas en suspensión (RODIER, 1981).

2.9. Vertido y reuso de aguas residuales

MINAE (1997), menciona que el reglamento de vertido y reuso de aguas residuales, indica en los artículos:

- **Artículo 32.** Se permitirá el reuso de aguas residuales cuando se demuestre a satisfacción de la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y del Ministerio de Ambiente y Energía, que este no deteriorará la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- **Artículo 33.** Para efectos del presente Reglamento, se clasificará el reuso de aguas residuales según los siguientes tipos:

Tipo 1: Reuso urbano.- Riego de todo tipo de zonas verdes (campos de golf, parques, cementerios, etc.), lavado de automóviles, inodoros, combate de incendios, y otros usos con similar o exposición al agua.

Tipo 2: Riego con acceso restringido.- Cultivo de césped, silvicultura, y otras áreas donde el acceso del público es restringido o poco frecuente.

Tipo 3: Reuso agrícola en cultivos de alimentos que no se procesan comercialmente.- Riego superficial o por aspersión, de cualquier cultivo comestible, incluyendo aquellos que se consumen crudos.

Tipo 4: Reuso agrícola en cultivos de alimentos que se procesan comercialmente.- Estos cultivos son aquellos que, previo a su venta al público, han recibido el procesamiento físico o químico necesario para la destrucción de los organismos patógenos que pudieran contener.

Tipo 5: Reuso agrícola en cultivos no alimenticios.- Riego de pastos para ganado, forrajes, cultivos de fibras y semillas, y otros cultivos no alimenticios.

Tipo 6: Reuso recreativo.- Contacto incidental (pesca, canotaje, etc.) y contacto primario con aguas recuperadas.

Tipo 7: Reuso paisajístico.- Aprovechamientos estéticos donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.

2.10. Análisis de arena fina de río lavada

Según el PEPP (1997) en un estudio realizado en la selva central sobre el análisis de arena fina de río, lavado con agua potable, encontró una concentración de 0.2%, 0.01%, 3.3ppm y 20ppm de M.O., N, P y K respectivamente con un pH igual a 8, el mismo que fue realizado como trabajo de investigación por el PEPP, para establecer proyectos de viveros forestales en la zona de Satipo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales de la zona

3.1.1. Ubicación y extensión

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo Halcón Negro, en la comunidad de Alto Chincarmás, que se encuentra ubicado políticamente en el distrito Perené, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, que comprende a la selva central, geográficamente se ubica a una altitud mínima de 1200 y máxima de 1500 m.s.n.m., tiene una extensión de 80 has; de las cuales su uso es 15 has. de reserva forestal, 5 has. de pan llevar, 30 has. de pastizal y 30 has. en cultivo de café con una Producción promedio de 12 qq/ha/año. El presente trabajo se efectuó desde el primero de Julio 2001 al 28 de febrero del año 2002

3.1.2. Clima

La zona donde se efectuó el trabajo presenta una temperatura promedio anual de 23°C, precipitación anual 3000 mm y humedad relativa 85%.

3.1.3. Fisiografía

Por su ubicación en ceja de selva, presenta una fisiografía predominante de colinas con relieve ondulado, quebradizo con pendientes que van de 20 a 60%.

3.1.4. Vía de acceso al campo experimental

Por la carretera central Tingo María – La Merced – Puerto Yurinaquí; luego por la carretera troncal Puerto Yurinaquí – La Florida y Alto Chincarmás; tal como se indica en el Anexo 4

3.2. Materiales e instrumentos

3.2.1. Equipo

Con el objetivo de realizar en forma eficiente el presente trabajo se utilizó como equipos, brújula, altímetro, wincha métrica, cámara fotográfica, peachimetro, cronómetro, cámara de refrigeración portátil; y como materiales de gabinete se utilizó libreta de campo y útiles de escritorio.

3.2.2. Materiales para la construcción de sistema de filtro.

Se utilizó: Diseño de plano, escalímetro, mica N° 16, madera (tablas y listones), clavo, rafia, escuadra, martillo, serrucho, tela yute (18) goma, tubo PVC de 2.", arena fina lavada, material granulado y grava.

3.2.3. Materiales para el proceso y evaluación.

- Frascos de vidrio de 500 ml. estériles, para muestreo de agua.
- Máquina despulpadora de café.
- Agua de curso normal conducido por una manguera con llave de paso.
- Planta de procesamiento en húmedo de café.
- Envases de muestreo de agua y arena (baldes y bolsas estériles)
- Balanza reloj x 20 Kg.

3.3. Metodología

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó la metodología campo – laboratorio – gabinete.

3.3.1. Fase 1: Diseño y programación del estudio

Comprendió en realizar el diseño de los sistemas de filtros, programar las fechas de trabajo y actividades en campo y laboratorio.

3.3.2. Fase 2: Construcción del sistema de filtro

Se realizó teniendo en cuenta el diseño de plano para cada sistema, asegurando garantía en su manipuleo, donde se empleó las maderas, clavos, micas, gomas, gravas, arena fina, material granulado, PVC y tela yute. Tanto la arena fina como la tela de yute eran materiales renovables para cada tratamiento y repetición en cada sistema. La conducción del agua de curso normal fue conducida por una manguera de 1" de diámetro. Asimismo, se tuvo que tener preparado 18 unidades de tela de yute nuevos, 1.008 m³ de arena fina lavada y oreada, equivalente a 1411.2 kilos, para utilizar una tela yute y 78.4 kilos de arena fina en cada filtrado de agua miel.

3.3.3. Fase 3: Procesamiento de café y toma de muestra

Con la finalidad de trabajar con volúmenes estándares de agua se homogenizó el volumen a 100 litros para cada tratamiento y sistema de filtro, variando la cantidad de café cerezo en 20, 10 y 5 kilos para cada tratamiento en ambos sistemas. Con la finalidad de obtener datos precisos se realizó el

proceso de un tratamiento con sus 03 repeticiones en un mismo día, que implicó:

1° Pesar 03 muestra de café cerezo para cada sistema de filtro.

2° Despulpas por separado cada muestra de café cerezo en una bolsa de polietileno negro.

3° El café despulpado se llevo a fermentar por 18 horas, en bolsas independientes rotulados.

4° Finalmente eran lavados con los 100 litros de agua por separados, para obtener el agua miel y éste de inmediato era tratado en el filtro correspondiente.

3.3.4. Ciclo de toma de muestra para cada sistema de filtro y tratamiento

Inicia antes del lavado del café, el volumen de agua muestreado fue 500 ml. y se efectuó en las secciones 1, 2 y 3; según el proceso, y la muestra de arena fue 200 gr. en cada lámina de la sección 4, luego de filtrado, la secuencia del proceso fue:

- Tomar muestras de agua en curso normal (ACN), (sección 1).
- Lavar el café con 100 litros de agua para obtener agua miel (AM).
- Tomar muestras de agua miel (AM) antes del filtrado. (Sección 2).
- Filtrar el agua miel en el sistema de filtros.
- Tomar muestras de agua filtrada en cada sistema de filtro. (Sección 3).
- Tomar muestras de láminas de filtro de arena de: 0 – 5, 5 – 10, y de 10 – 20 Cm. de profundidad la cantidad de 200 gr. (Sección 4).

- Extraer la arena filtro con la tela yute de cada sistema de filtro y descartar.
- Lavar con agua a presión el lavadero y el sistema de filtro hasta ver que el agua del lavado sea igual o aparentemente claro como el agua de ingreso.
- Colocar nuevo yute y material filtrante.
- Continuar con el proceso para la otra muestra del café fermentado.
- Luego las muestras de agua y de arena se llevó en la cámara de refrigeración portátil al laboratorio para su análisis respectivo.

3.3.5. Fase de laboratorio

Comprendió los análisis biológico y físico – químico de las muestras de agua tomadas en las secciones 1, 2 y 3 para cada sistema de filtro y tratamiento en estudio, así como el análisis de lámina filtrante (arena fina) muestreadas en la sección 4, los mismos que fueron analizados bajo responsabilidad del laboratorista del Proyecto Especial Pichis Palcazú.

3.3.6. Fase de gabinete

Consistió en ordenar, analizar y evaluar la eficiencia del sistema de filtro ecológico en función al color de agua filtrada y al tiempo de filtrado; la eficiencia del sistema de filtro en función a la calidad de agua considerando los resultados de laboratorio donde comprendió el análisis biológico, físico químico de las muestras de agua tomadas en las secciones 1, 2 y 3 del procesamiento de café en húmedo; así como los resultados del análisis de las láminas filtrantes (arena fina) de capas de 0 – 5, 5 – 10 , 10 – 20 cm. de profundidad

para determinar la capacidad de los filtros en recuperar M.O. y nutrientes como N, P y K, luego concluir en función a los objetivos del presente trabajo

3.4. Variables independientes

- Sistema de filtro (cúbico y en V)
- Volumen de agua en cada sistema de filtro utilizado (5, 10 y 20 lt / kg. café cerezo).

3.5. Variables dependientes

- Eficiencia del sistema de filtro en función al tiempo de filtrado/tratamiento/sistema de filtro.
- Eficiencia del sistema de filtro en función al color de agua filtrada/tratamiento/sistema de filtro.
- Eficiencia del sistema de filtro en función a la calidad de agua filtrada/tratamiento/sistema de filtro.
- Eficiencia del sistema de filtro en función a la retención de M.O. y nutrientes, (N, P y K) en diferentes niveles de láminas filtrantes para cada sistema de filtro y tratamiento respectivamente.

3.6. Análisis estadístico

Se utilizó el análisis estadístico de promedios y porcentajes en función a las repeticiones para cada sistema de filtro y tratamiento en lo referente al análisis de agua miel y agua filtrada. Mientras que para el caso de

análisis de lámina filtrante (arena fina) se utilizó el análisis de promedios y análisis total (HUBERT et al., 1983)

3.6.1. Análisis promedio de calidad de agua

$$\bar{X} = \frac{\sum(r_1 + r_2 + r_3)}{n} \quad \text{Donde:}$$

\bar{X} = Promedio de parámetro analizado / sección / sistema de filtro / tratamiento.

$\sum r_1 + r_2 + r_3$ = Suma de observaciones repetidas/ parámetro /sección /SF / TT°.

n = Número de observaciones repetidas / parámetro / sección / SF / TT°.

3.6.2. Análisis porcentual de eficiencia de tratamiento en función a la calidad de agua filtrada

$$\overline{\%ESF} = \frac{(\bar{X} \text{ sección2} - \bar{X} \text{ sección3}) \times 100}{\bar{X} \text{ sección2}} \quad \text{Donde:}$$

$\overline{\%ESF}$ = Porcentaje de eficiencia del sistema de filtro para cada tratamiento.

$\bar{X} \text{ sección2}$ = Promedio del parámetro analizado en la sección 2.

$\bar{X} \text{ sección3}$ = Promedio del parámetro analizado en la sección 3.

3.6.3. Análisis promedio de recuperación de nutrientes por láminas

$$\bar{XR} = \frac{\sum(r_1 + r_2 + r_3)}{n}, \quad \text{donde:}$$

\bar{XR} = Promedio de retención de nutrientes / lámina / SF / TT°.

$\sum(r_1 + r_2 + r_3)$ = Suma de resultados de las repeticiones / lámina / SF / TT°.

n = Número de repeticiones observadas / lámina / SF / TT°.

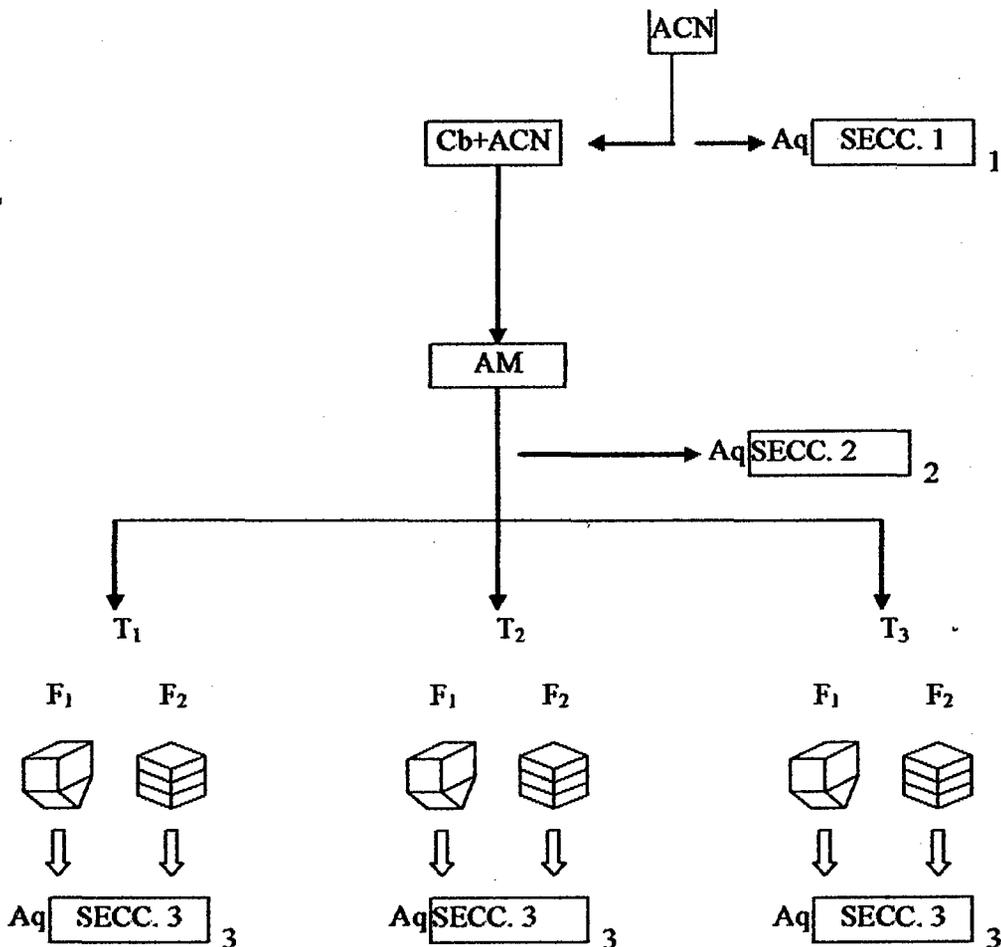
3.6.4. Análisis total de nutriente retenido

$$\overline{TR} = (\sum \bar{X}_{0-5} + \bar{X}_{5-10} + \bar{X}_{10-20}), \quad \text{donde:}$$

\overline{TR} = Total de nutriente retenido / SF / TT°

$\sum \bar{X}_{0-5} + \bar{X}_{5-10} + \bar{X}_{10-20}$ = Suma de promedio de nutriente retenido en las láminas filtrantes de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20 cm. respectivamente.

3.6. Diseño experimental.



Donde:

ACN Agua en curso normal.

Cb Café baba.

AM	Agua miel (agua Residual).
T₁, T₂, T₃	Tratamientos: 5, 10, 20 litros / Kg. café cerezo respectivamente.
F₁	Filtro en V.
F₂	Filtro cúbico.
SFC	Sistema de Filtro Cúbico, con material filtrante, forma horizontal.
SFV	Sistema de Filtro en V, con material filtrante, forma horizontal.
Aq	SECC. 1,2,3. Toma de Muestra para análisis físico, químico y biológico del agua en las secciones 1, 2 y 3.

IV. RESULTADOS

4.1. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo de filtración y color de agua tratada

Para un mejor estudio y análisis de la eficiencia de los sistemas de filtros se evaluó toda la fase del proceso de café en húmedo para cada sistema de filtro y tratamiento en función al tiempo promedio de filtrado del agua miel residual y el color del agua que se obtiene luego del mismo tratamiento, los mismos que se indican en el Cuadro 2, Figura 2 y Figura 3, siendo el tiempo de filtrado mayor en el tratamiento T1, con 30.5 minutos y 29 minutos para el SFC Y SFV respectivamente por efecto de la concentración de agentes contaminantes; mientras que el color del agua tratada en los tratamientos T1, T2 y T3 y en los sistemas de filtros resultaron ser aparentemente iguales con un color gris azulado frente al color inicial que era marrón amarillento.

Cuadro 2. Promedio de eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo de filtrado y color de agua filtrada

Sistema de Filtro	FC	FV	FC	FV	FC	FV
Parámetro Evaluado	T1	T1	T2	T2	T3	T3
Área filtrante (cm ²)	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Peso de café cerezo (kg)	20	20	10	10	5	5
Peso de café despulpado (kg)	14.30	14.25	7,15	7,1	3,6	3,53
Peso de pulpa (kg)	4,70	4,75	2,85	2,9	1,4	1,47
Tiempo de fermentación (hrs)	18	18	18	18	18	18
Caudal en prueba (litros).	100	100	100	100	100	100
Tiempo de lavado (min.)	13	12	6	6	5	5
Velocidad de filtración (seg.)	28	28	19	19	12	12
Tiempo de filtración (minutos)	30.5	29	18	17	8.5	8.0
Color de agua a filtrar	ma	ma	ma	ma	ma	ma
Color de agua filtrada	gaz	gaz	gaz	gaz	gaz	gaz

Donde: (ma = Amarillento amarronado; gaz = gris – azulado)

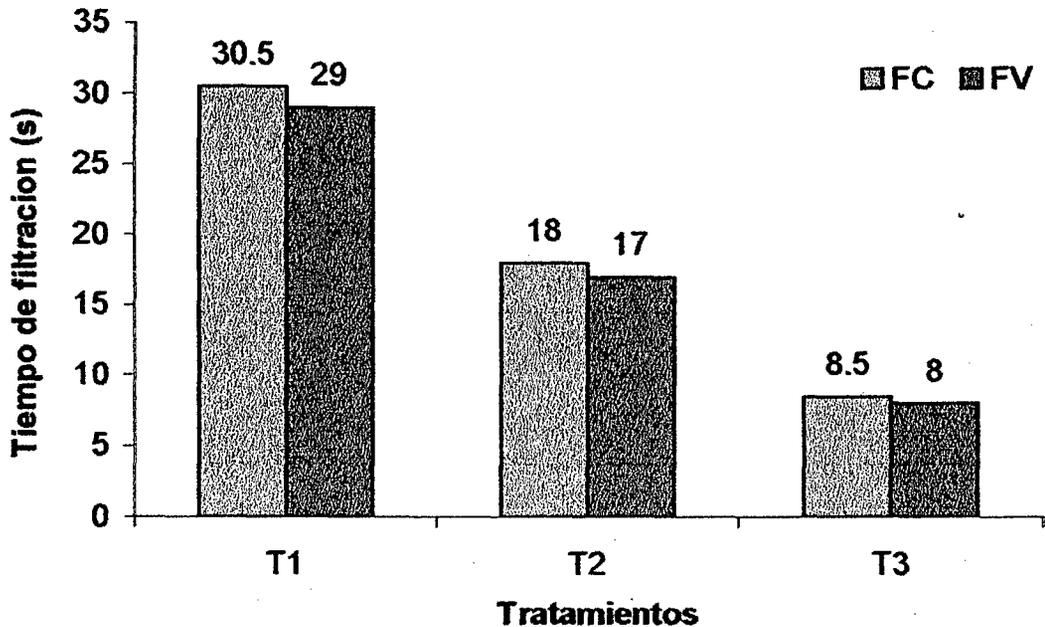


Figura 2. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al tiempo.

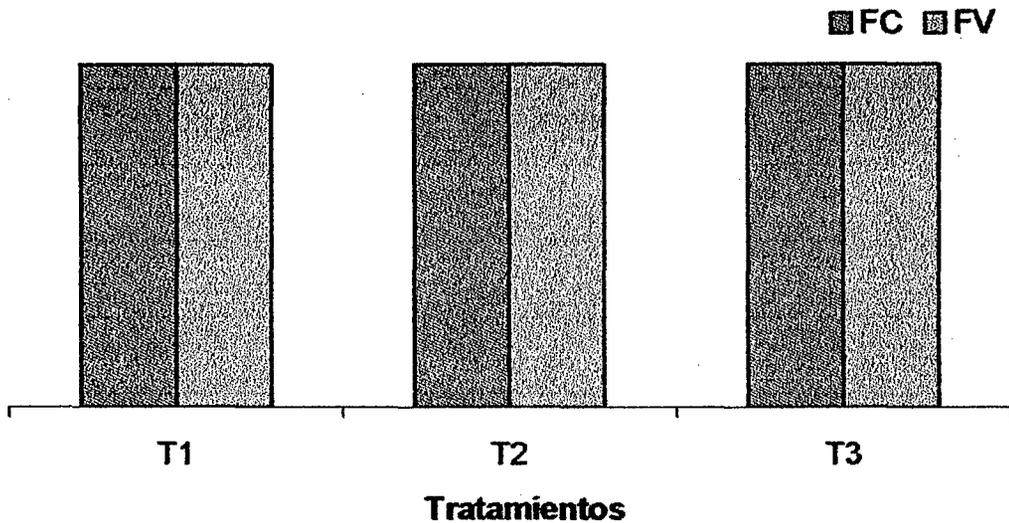


Figura 3. Eficiencia de los sistemas de filtros en función al color.

4.2. Eficiencia de los sistemas de filtro en función a la calidad de agua tratada

Los resultados de laboratorio sobre análisis biológico y físico – químico del agua evaluados en las 03 secciones del presente trabajo se indican en el Cuadro 3 y Figura 4A, 4B, 4C y 4D, los que también se detallan en los Anexos 2A, 2B y 2C. Estos resultados nos permiten determinar el grado de contaminación ambiental (impacto ambiental negativo) que se causa con el proceso de café en húmedo cuando se vierte las aguas residuales a su cause normal sin tratamiento alguno, asimismo nos da conocer que tan eficiente es el trato de las aguas mieles con los sistemas de filtros ecológicos en función al porcentaje de contaminantes que se capta en los sistemas de filtros ecológicamente diseñados.

Cuadro 3. Análisis de agua promedio y eficiencia de los sistemas de filtros por tratamientos.

Parámetros analizados	Tratamientos																	
	Agua 5 lt/Kg. Café Cerezo						Agua 10 lt/Kg. Café Cerezo						Agua 20 lt/Kg. Café Cerezo					
	ACN	AML	AFFC	AFFV	% FC	% FV	ACN	AML	AFFC	AFFV	% FC	% FV	ACN	AML	AFFC	AFFV	% FC	% FV
<u>Bacteriológico</u>																		
Coliformes totales NMP/100 ml	2	1100	24	43	97.8	96.1	2	460	18	20	96	95.6	3	270	29	33	89	87.7
Coliformes fecales NMP/100 ml	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-
<u>Físico - químico</u>																		
Sólidos disueltos Totales gr/Lt	0.01	0.35	0.12	0.16	65.7	54.3	0.07	0.28	0.14	0.2	50	28.6	0.02	0.21	0.18	0.79	14.3	9.5
Turbidez (NTU)	0.6	12	8.6	8.7	28.3	27.5	0.9	10.6	8.0	8.5	24.5	19.8	0.7	8.0	7.0	7.2	12.5	10
PH	6.7	3.9	4.6	4.5	18.0	15.4	6.9	4.4	4.6	4.6	5	5	6.9	4.5	4.7	4.6	4.4	2.2
Arsenio	0	0	0	0			0	0	0	0			0	0	0	0		
Cromatos	0	0	0	0			0	0	0	0			0	0	0	0		

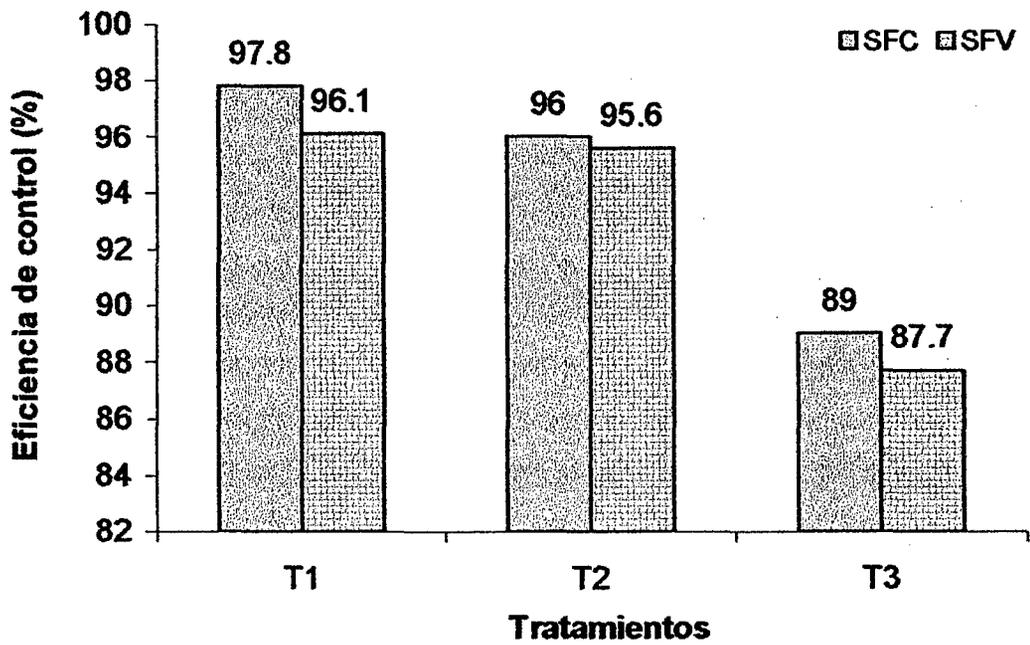


Figura 4A. Eficiencia de control de coliformes totales / Tratamiento (%)

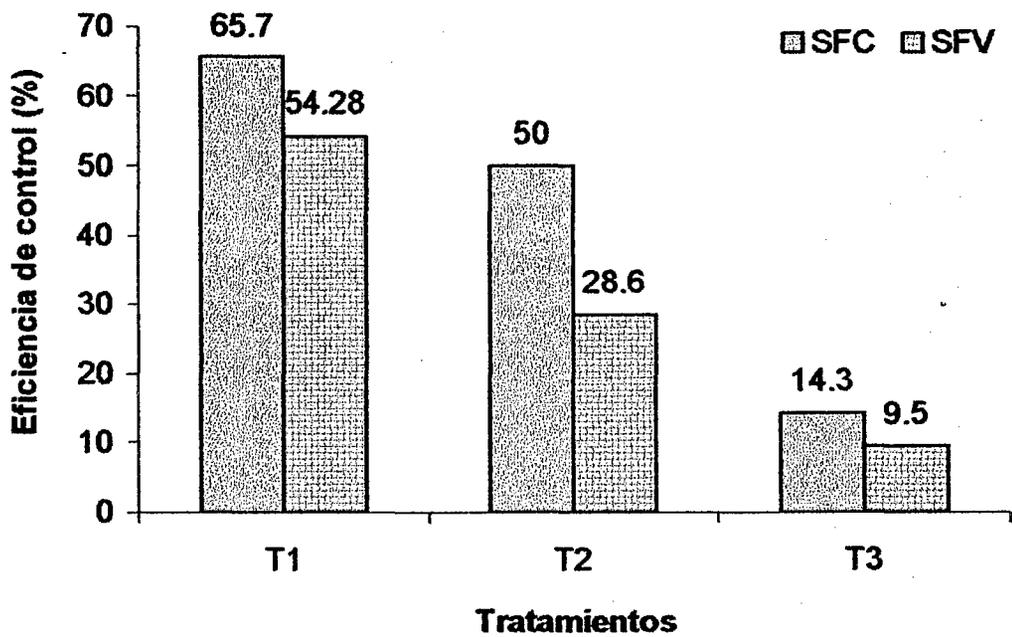


Figura 4B. Eficiencia de control de sólidos disueltos / Tratamiento (%)

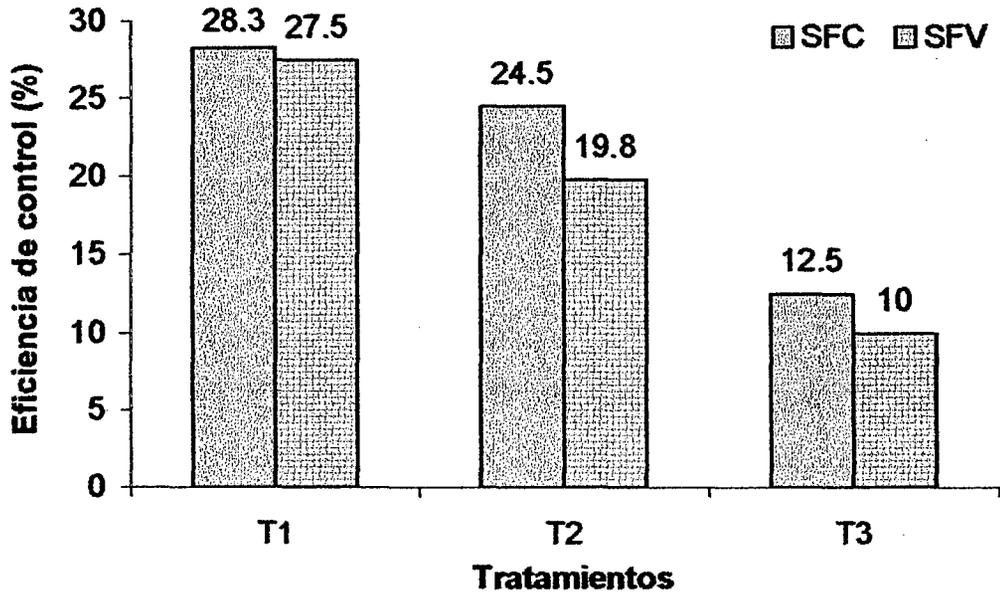


Figura 4C. Eficiencia de control de turbidez / tratamiento (%)

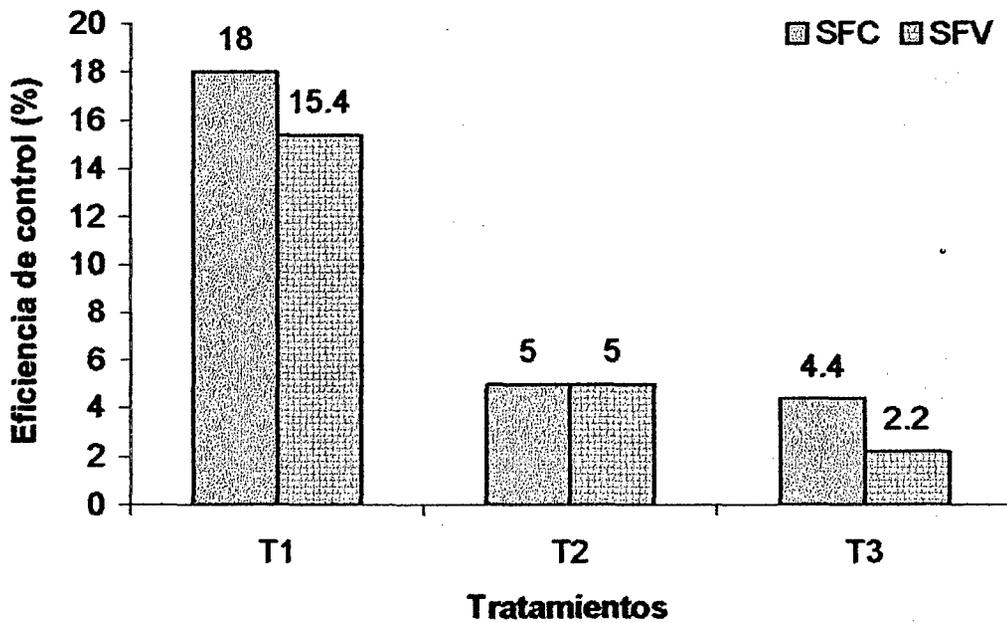


Figura 4D. Eficiencia de control de pH / Tratamiento (%)

Los resultados para el agua en la sección 1 (agua en curso normal), el análisis bacteriológico y físico – químico, están dentro del límite permisible para consumo humano, mientras que para el agua en la sección 2 (agua miel de lavado de café) el análisis indica que la carga de agentes contaminantes se eleva en forma alarmante sobre el límite permisible de agua para consumo humano, donde el número de coliformes totales en promedio llegan a 1100 (11000/litro de agua) en el tratamiento T1, cuando es más concentrado, 460 y 270 (4600 y 2700/litro de agua) para los tratamientos T2 y T3 respectivamente; que son relativamente menos concentrados por el uso de mayor volumen de agua.

Mientras que los sólidos disueltos totales (gr/lt) están dentro del límite permisible del agua para consumo humano. La turbidez (NTU) del agua en la sección 2 en contraste con la sección 1, es totalmente alterado siendo la turbidez 12, 10.6 y 8 NTU para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, donde a mayor concentración de agentes contaminantes es mayor la turbidez; el pH del agua miel, también es alterado del nivel óptimo que se encuentra de 6.9 en la sección 1, llegando a bajar en la sección 2 a 3.9, 4.4 y 4.5 en los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, donde a mayor concentración de agentes contaminantes es mayor la reducción del pH del agua.

En el mismo cuadro (3), se indica que la eficiencia de los sistemas de filtros en función a la captación de agentes contaminantes es eficaz para reducir los coliformes totales y sólidos disueltos totales, siendo mayor en el

tratamiento T1 que reduce en un 97.8 y 96.1% al número de coliformes totales y en un 65.7 y 54.28% a la cantidad de sólidos disueltos totales en los sistemas de filtros cúbicos y en V, seguidos por el tratamiento T2 y T3 respectivamente.

Para el caso del mejoramiento de la turbidez del agua se determinó que el efecto de los sistemas de filtros es mínimo, siendo mayor en el tratamiento 1, con 28.3 y 27.5% para los sistemas de filtro cúbicos y en V respectivamente. La calidad del agua tratada en función a la turbidez en los tres tratamientos se observa que existe una mínima diferencia, los mismos que están sobre el límite permisible de agua para consumo humano con 8.6% y 8.7 en T1, 8.0 y 8.3 en T2 y 7.0 y 7.2 en T3 para los sistemas de filtro cúbico y en V respectivamente.

La eficiencia de los sistemas de filtro para el mejoramiento del pH en los tres tratamientos es mínimo, siendo mayor el mejoramiento en el tratamiento T1 con 18 y 15.4% para los sistemas de filtro cúbico y en V respectivamente frente a los tratamientos T2 y T3 que se utilizó mayor volumen de agua. La eficiencia de los sistemas de filtros en función a los parámetros evaluados es altamente significativa porcentualmente en el tratamiento T1 seguido por T2 y T3 evaluados con volumen de agua 5, 10 y 20 lt/kg. de café cerezo respectivamente; por lo que se entiende que a menor volumen de agua utilizada en el proceso de café es mayor la concentración de agentes contaminantes y mayor la eficiencia de tratamiento.

Estimándose el volumen total de agua para el proceso de 380 quintales, como se indica en el cuadro 4, sobre el caudal utilizado para las etapas de cosecha en el fundo, donde se observa que para la construcción de una planta de tratamiento de agua, estaría diseñada en función a la etapa de mayor cosecha.

Cuadro 4. Evaluación del período de mayor cosecha y uso de mayor volumen de agua.

Etapas de cosecha	QQ.	CGC	5 lt/Kgcc	10 lt/Kgcc	20 lt/Kgcc
Rebusca	15	3300	16500	33000	66000
1°	30	6600	33000	66000	132000
2°	150	33000	165000	330000	660000
3°	155	34100	170500	341000	682000
Raspa	30	6600	33000	66000	132000
Total	380	83600	418000	836000	1672000

Donde:

QQ = Quintales.

QQ = Caudal.

Kgcc = Kilos de café cerezo

4.3. Porcentaje de recuperación de nutrientes en los niveles de lámina filtrante/Sistema de Filtro/Tratamiento

El promedio de recuperación de M.O. y los elementos mayores del agua miel de lavado de café, a través del tratamiento con láminas filtrantes a base de arena fina en los sistemas de filtro por tratamiento se indican en el Cuadro 5 y Figura 5 y 6, así como en el Anexo 3A y 3B, asimismo presentamos en la figura 7 y 8 la construcción de los sistemas de filtros y en la figura 9 los resultados del estudio realizado.

Cuadro 5. Análisis promedio de retención de nutrientes por el material filtrante luego de filtrado del agua miel de lavado de café.

Parámetros evaluados	Volumen de agua filtrado 5 lt/kg cc = 100 lt/20kg cc					Volumen de agua filtrado 10 lt/kg cc = 100 lt/10kg cc					Volumen de agua filtrado 20 lt/kg cc = 100 lt/5kg cc				
	MO%	N%	Pppm	Kppm	pH	MO%	N%	Pppm	Kppm	pH	MO%	N%	Pppm	Kppm	pH
Lámina filtrante															
0 – 5 cm SFC	1.37	0.61	6.5	86	7	1.28	0.52	4.55	66	7.2	1.24	0.62	3.80	52	7.3
5 – 10 cm SFC	1.10	0.55	10.7	85	6.3	1.05	0.20	4.15	71	7.0	0.70	0.20	4.10	57	7.0
10 – 20 cm SFC	0.7	0.3	11.68	92	6.3	0.34	0.02	6.64	79	6.9	0.2	0.01	4.20	62	7.0
Total	3.17	1.46	28.88	263	-	2.67	0.74	15.34	216	-	2.14	0.83	12.10	171	-
0 – 5 cm SFV	1.1	0.05	4.4	52	7.2	1.10	0.04	4.8	68	7.40	1.20	0.050	3.12	50	7.5
5 – 10 cm SFV	0.55	0.02	10.2	81	7.0	0.55	0.03	6.1	72	7.2	0.60	0.15	3.50	56	7.2
10 – 20 cm SFV	0.34	0.01	9.3	84	7.0	0.20	0.01	6.37	76	7.1	0.34	0.01	4.04	58	7.1
Total	1.99	0.08	23.9	217	-	1.85	0.08	17.27	216	-	2.14	0.210	10.66	164	-

Observaciones: SFC = Sistema de Filtro Cúbico, SFV = Sistema de Filtro en V

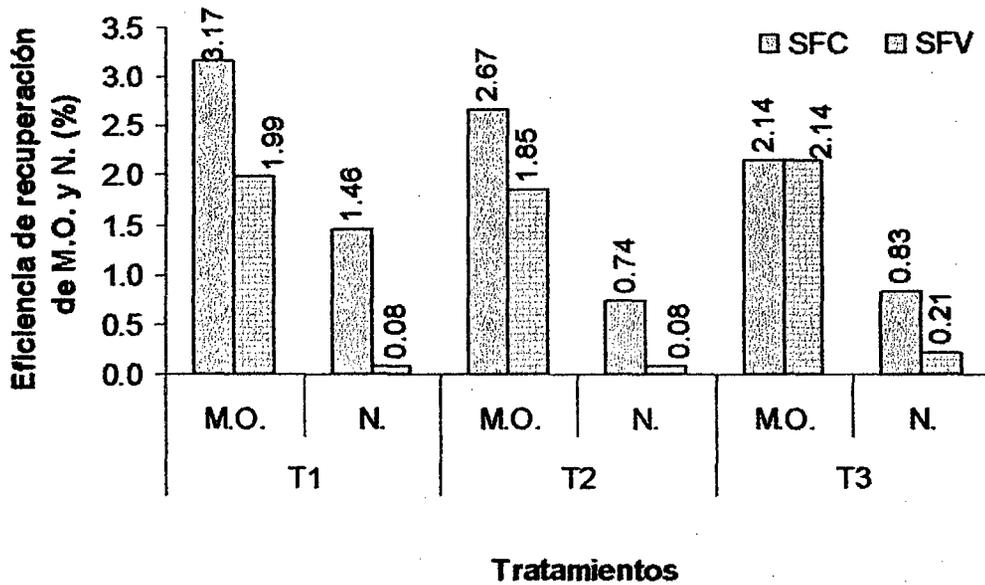


Figura 5. Eficiencia de recuperación de M.O y N / Tratamiento (%)

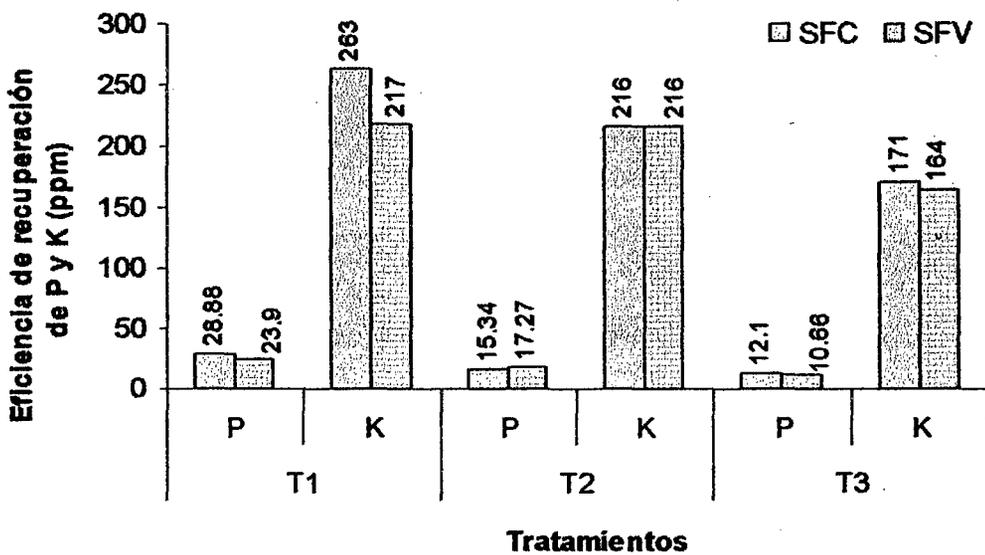
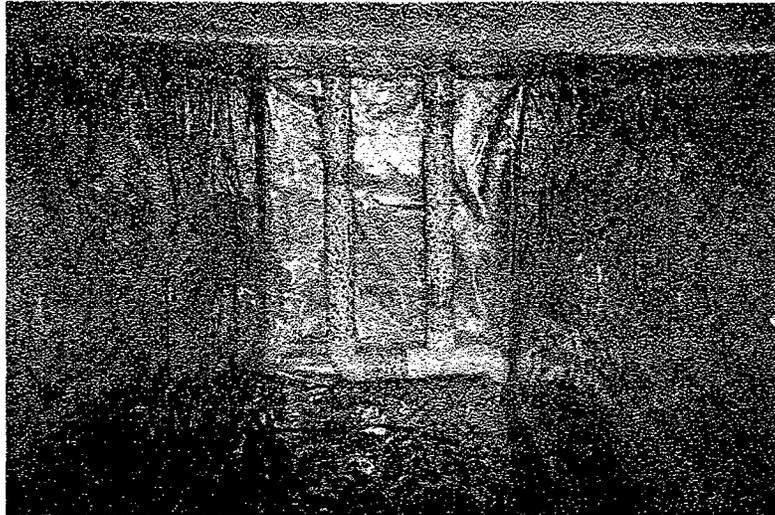


Figura 6. Eficiencia de recuperación de fósforo y potasio/Tratamiento (ppm)

Se determinó que la concentración de M.O. y N en el nivel de lámina filtrante de 0 – 5 cm de profundidad es mayor a la concentración en las láminas filtrantes de 5 – 10 y de 10 – 20 cm de profundidad.

En el análisis total para cada tratamiento y sistema de filtros, existe una diferencia significativa entre tratamientos, siendo más eficiente el tratamiento T1 con sistemas de filtro cúbico con la captación total de 3.17 y 1.45% de N, seguido por el T2 con 2.67 y 0.7% y T3 con 2.14 y 0.83% de M.O. y N respectivamente en comparación al sistema de filtro en V que también recupera los elementos relativamente menor en los tres tratamientos. Mientras que la concentración de P y K es mayor en la lámina filtrante de 10 – 20 cm, seguido de 5 – 10 y de 0 – 5 cm. de profundidad, siendo mayor la recuperación total de estos elementos en el tratamiento T1 con sistema de filtro cúbico con 28.88 y 263 ppm seguido del tratamiento T2 con 15.34 y 216 ppm y T3 con 12.10 y 171 ppm en P y K respectivamente, por lo que los sistemas filtrantes ecológicos diseñados para este estudio resultan ser eficientes por la recuperación de M.O. y nutrientes (, N, P y K), siendo mayor la recuperación en el tratamiento 1 con sistema de filtro cúbico con volumen de 5 lt/kg. café cerezo seguido del mismo tratamiento con sistema de filtro en V.

Diseño de filtro cúbico



Graba en filtro cúbico



Arena en filtro cúbico



Tela yute en filtro cúbico

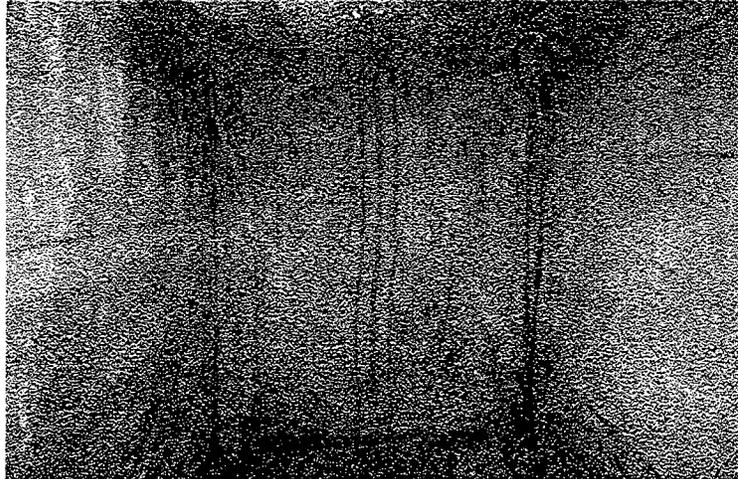


Figura 7. Construcción del sistema de filtro

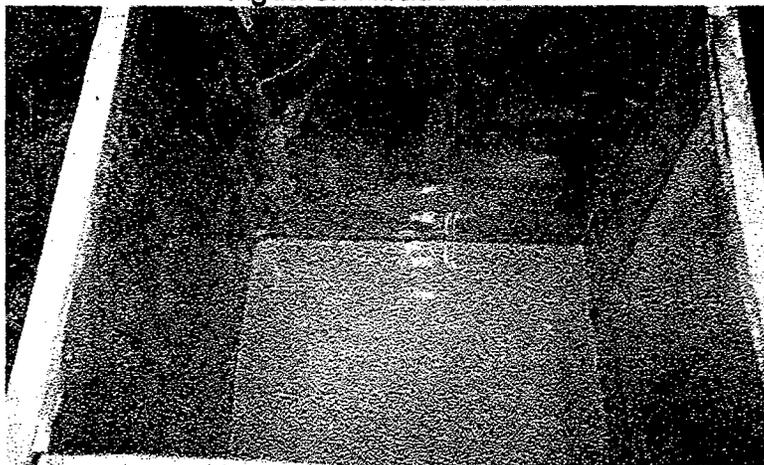
Diseño de filtro V



Arena Gruesa en filtro V



Agua en filtrado filtro V

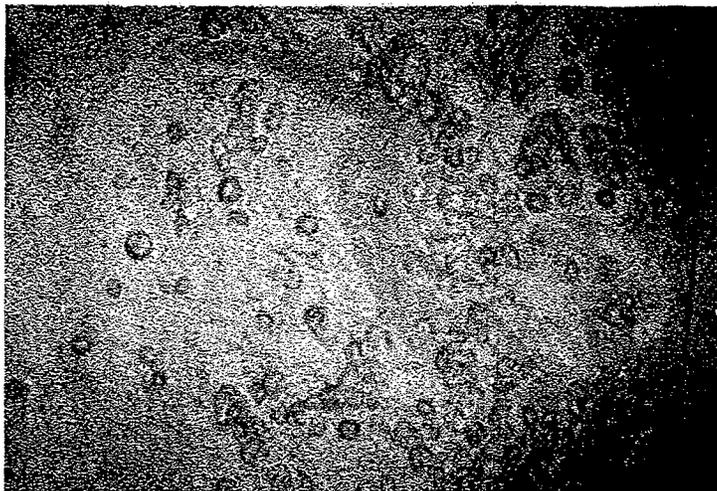


Filtro cúbico y filtro V

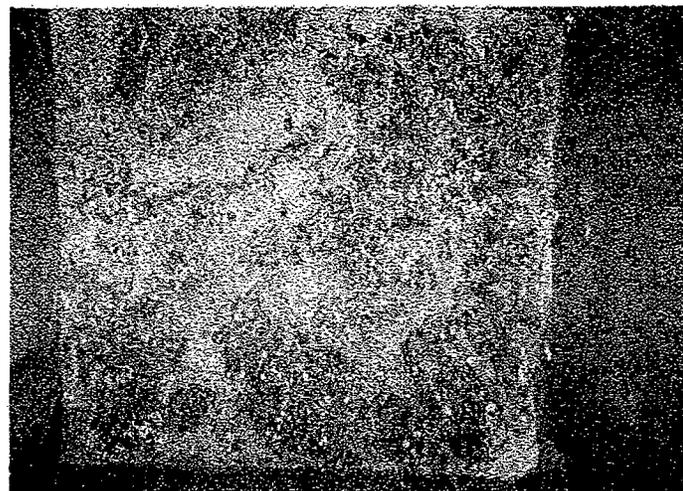


Figura 8. Construcción del sistema de filtro

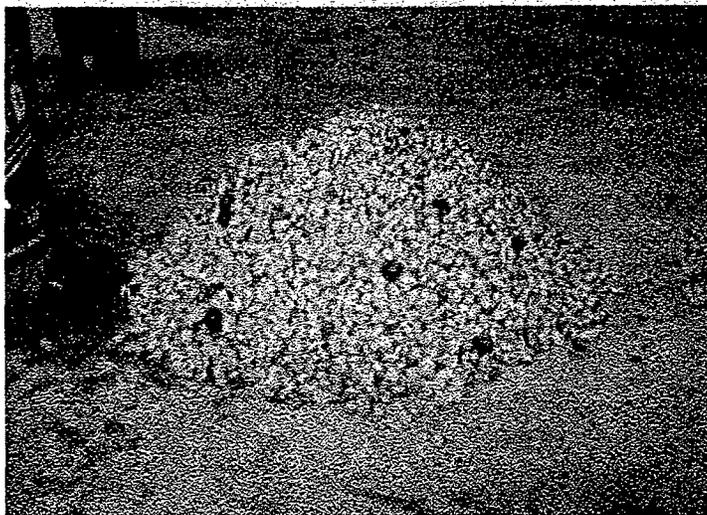
Lamina filtrante filtro Cúbico



Lamina filtrante filtro V



Café oro - Pergamino lavado



Muestras de material filtrante de filtro cúbico y filtro V

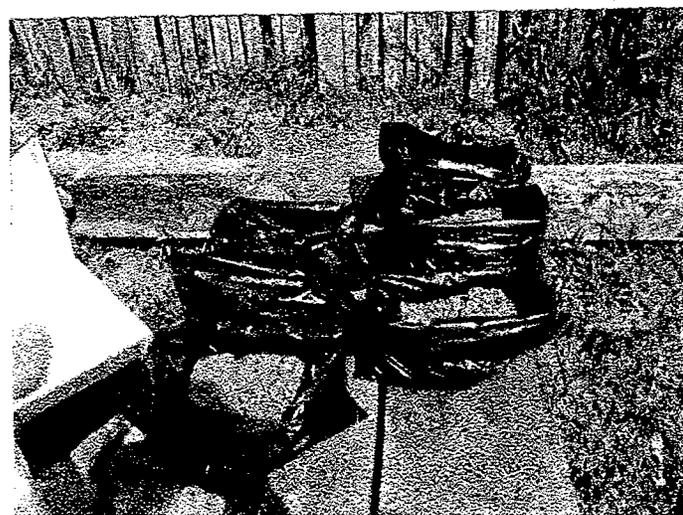


Figura 9. Resultado de experimentos

V. DISCUSIONES

5.1. Tiempo de filtración y color de agua

En el presente trabajo realizado en el Fundo Halcón Negro, se evaluó el tiempo de filtración del agua miel del lavado de café en los sistemas de filtros ecológicos diseñados y tratamientos planteados con volúmenes de agua de 5, 10 y 20 lt. para el proceso de lavado / kg. de café cerezo, los mismos que se muestran en el Cuadro 2 y Figura 2, donde se observa que a mayor concentración de agentes contaminantes (5 lt de agua/kg. café cerezo) es mayor el tiempo de filtrado, por lo que existe diferencia significativa entre tratamientos, mas no entre sistema de filtro. Analizando se llega a definir que cuando empleamos menor volumen de agua para el lavado de café (5 lt/kg.) el mucílago que se desprende del pergamino del café fermentado, se disuelve en el agua de lavado, lo que es corroborado por ZÚÑIGA (1999); pero es más concentrado frente al uso de volúmenes mayores 10 y 20 lt/kg. café cerezo, el mismo que define el tiempo de filtrado (pasaje del agua miel) por la lámina filtrante, donde a mayor concentración de agentes contaminantes, la separación en la lámina se da en mayor tiempo, debido a que los agentes contaminantes en el filtro conforme van adhiriéndose al sustrato de la lámina filtrante van taponando y saturando los poros por donde debe fluir el agua, lo que da a entender ZAMBRANO (1994), es que en el proceso de café en húmedo, se debe hacer un uso más racional del agua (lo necesario), para que el tratamiento del mismo no sea costoso en función al volumen de agua.

Mientras que ZÚÑIGA (1999), recomienda 20 lt/kg. de café pergamino para el proceso de café en húmedo es equivalente a 5 lt/kg. de café cerezo; por lo que el volumen que se utilizó para el tratamiento está dentro del volumen permisible, por lo que se considera que el impacto ambiental que genera las aguas mieles por su carga de agentes contaminantes es negativo tal como lo afirma VÁSQUEZ (1997). No se encontró una bibliografía que mencione el tiempo razonable de filtración de aguas mieles de lavado de café. En el presente trabajo se determinó que el tiempo de filtración en una capa de lámina filtrante de 20 cm. de profundidad (altura) y área de 2800 cm² a base de arena fina está en relación a la densidad por efecto de la concentración de contaminantes por volumen de agua empleado:

- 100 lt para el proceso de 20 kg. de café cerezo en 30 minutos
- 100 lt para el proceso de 10 kg. de café cerezo en 18 minutos y,
- 100 lt para el proceso de 5 kg. de café cerezo en 8.5 minutos

Los mismos que son convertidos para el tratamiento T1, T2 y T3 respectivamente.

5.2. Color de agua filtrada

El color del agua filtrada resultó ser aparentemente igual en los tratamientos y sistemas evaluados tal como se indica en el Cuadro 2 y Figura 3, donde se observa que el agua de la sección 2 (agua miel de lavado de café) que tenía un color marrón amarillento, al ser tratada por el sistema de filtro resulta con un color totalmente diferente como es el gris azulado, esto indica

que el sistema de filtro diseñado en el presente estudio es efectivo, con la desventaja de que aún este color gris – azulado nos indica de que esta agua no es apta para el consumo humano, tal como indica RODIER (1991), el agua debe ser nítida sin partículas en suspensión, por lo que se asume que el agua tratada debe estar arrastrando o llevando una cantidad de elementos mayores que no son retenidos por el filtro, así como otras sustancias en suspensión que deben haberse generado en la fermentación del café despulpado como lo indican ZULUAGA y ZULUAGA (1993), que el mucílago fermentado está basado en pectinas, ácidos, azúcares y alcoholes y la alta concentración de residuos que se obtiene mediante el lavado. Ellos mismos indican que es más agravada la contaminación cuando se procesa café con volúmenes de agua no controladas (mal uso del agua).

5.3. Eficiencia de los sistemas de filtros

Los resultados que se indican en el Cuadro 3 y Figuras 4A a 4D, nos permite determinar que las familias en el Fundo Halcón Negro, están consumiendo el agua de la sección 1, con características óptimas dentro de los límites permisibles de calidad de agua para consumo humano, los mismos que son contrastados con el Cuadro 1 de límites permisibles de calidad de agua que establece (MINAE, 1997).

Los resultados de análisis del agua de la sección 2, nos permite determinar que en el proceso de café en húmedo, se genera una contaminación del agua en un grado alarmante en los parámetros evaluados, lo

mismo que es corroborado por FRANZ (2000), quién evaluó en Costa Rica, que la contaminación que genera 01 quintal de café cerezo es equivalente a la contaminación que genera 18 personas/día en excretas descargadas en las aguas negras. Estos resultados mas lo obtenido en este estudio nos pone en alerta especialmente a los profesionales para ver el destino de las aguas mieles que se generan en todas las cuencas cafetaleras del Perú; para capacitar a la población, plantear sistemas de tratamientos y continuar con estudios hasta obtener el agua tratada igual a lo que se utilizó del curso normal, de tal manera que no se altere el equilibrio ecológico en el universo, tal como plantea GERARD (1999), para el control de la contaminación agrícola se requiere de un método interdisciplinario que combine la experiencia de agrónomos, científicos de suelos y de biólogos; ya que los agentes contaminantes del agua son materia orgánica y nutrientes (N y P), patógenos, bacterias y sistemas químicos sintéticos (pesticidas), los que también son indicados por (ZAPATER, 1980).

Respecto al resultado obtenido en los sistemas de filtros y tratamientos en estudio para los parámetros evaluados en el análisis de agua tratada se determinó que existe un efecto altamente positivo en ambos sistemas de filtros y tratamientos. Su efecto se demuestra con el porcentaje de eficiencia de captación de agentes contaminantes que se detallan en las 02 últimas columnas de cada tratamiento que corresponde al sistema de filtro cúbico y en V en el Cuadro 3 y en forma disgregada en las figuras 4A a 4D.

La eficiencia mostrada por el filtro cúbico, es por la disposición de material granulado en mayor espacio, generándose una menor velocidad de filtración y por lo tanto una mayor retención de sólidos en suspensión, frente al menor espacio en el filtro en V, donde la velocidad de filtración es mayor.

El análisis de estos resultados nos conduce a afirmar que si es posible tratar las aguas mieles del lavado de café con sistemas de filtros ecológicos, tal como señala BOLAÑOS (1999), que la caficultura del futuro debe desarrollarse permitiendo a los productores manejar sistemas agroforestales, manejan el bosque natural y recuperan las fuentes de aguas con un proceso ecológico donde se realice el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café en húmedo, de tal forma que permita bajar los índices de contaminación en las fuentes de agua que utilizan las ciudades y poblados de las zonas cafetales aguas abajo. Mientras que VÁSQUEZ (1998), y ZÚÑIGA (1999), se unen a esta corriente conservacionista con la filosofía de trabajo de hormiga, quienes se basan en el conocimiento y en las ventajas económicas que se obtienen al agrupar la producción a centros de beneficio para su proceso respectivo, preservar la calidad de café, obtener mejores precios, minimizar recursos (Mano de obra y energía), obtener costos bajos de proceso y menor impacto ambiental al centralizar y aplicar medidas de mitigación y, considerando que es indispensable difundir en los productores el sistema de tratamiento de aguas mieles del lavado de café, concordando con lo que señala ZAMBRANO (1993), donde; todo tratamiento y/o aprovechamiento de las

aguas residuales implica tener una infraestructura cuya capacidad dependerá del consumo específico de agua en la operación de lavado.

Respecto al proceso aplicado en este estudio se discrepa con lo indicado por ZÚÑIGA (1999), quién detalla que el agua miel de lavado, primero debe depositarse en pozas de sedimentación por 18 a 20 horas, luego debe ser tratada en filtros ecológicos, quedando como materia de investigación.

Asimismo el grado de turbidez y pH que se obtiene en la sección 3, para ambos sistemas de filtro y tratamiento resultan ser casi uniformes y altamente alterados en comparación al agua de la sección 1. El análisis de estos resultados indican que es posible de que el filtro no recupera o retiene la mayor porción de sólidos en suspensión orgánicos, así como los elementos N y P, parámetros que no fueron evaluados en las aguas de la sección 2 y los compuestos químicos (ácidos, azúcares y alcoholes) que contienen el mucílago luego de su fermentación, que son señalados por ZULUAGA y ZULUAGA (1993), argumentos que nos conducen a afirmar que la turbidez está influenciada por las sustancias químicas y sólidos en suspensión que no fueron retenidos por la lámina filtrante, los mismos que influyen en el pH del agua que es bajo en comparación al límite permisible, que señala (MINAE1997), de 6.5 a 8.5, por lo que ésta agua debe tener un segundo tratamiento en posas de precipitación o sedimentación antes de ser vertidos al curso normal.

Los datos de los resultados promedio de análisis del agua en las secciones 1, 2 y 3 que se evaluó, y se señalan el mismo Cuadro 5 son

alentadores ya que no se encontraron coliformes fecales, arsénicos ni cromatos a pesar de que estos dos últimos tienen el límite permisible de 0.05 mg/lt, para ambos elementos químicos según MINAE (1997), lo que nos indica que el agua del Fundo Halcón Negro no contiene sustancias químicas nocivas para la salud.

Los resultados respecto al agua tratada nos servirán como información básica y preliminar para estimar el uso del recurso agua en forma sostenida durante el proceso de café en húmedo, tal como señala VÁSQUEZ (1997), en lo referente a conservación y manejo de cuencas. Los que son complementados también por GERARD (1999), cuando afirma que los agentes contaminantes producen daños a los seres vivos y al ambiente.

Para definir si el agua tratada en este estudio puede ser vertido a su curso normal o ser reusado según el reglamento de vertido y reuso de aguas residuales, es fundamental que sea evaluado por la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y del Ministerio de Ambiente y de Energía, según el Art. 32 del Decreto Ejecutivo 2604 – 2 – S (MINAE, 1997).

5.4. Eficiencia de la recuperación de nutrientes

La magnitud de recuperación de M.O. Y nutrientes como: N, P y K en los sistemas de filtros ecológicos evaluados en el presente estudio nos indica que el tratamiento T1 con 5 lt/kg. de café cerezo, es más eficiente que los tratamientos T2 y T3 con sistema de filtro cúbico, llegando a recuperar 3.17

% y 1.46%, 28.88 ppm y 263 ppm de M.O., N, P y K respectivamente. La recuperación de M.O. y N es mayor en la lámina filtrante superior de 0 – 5 cm, mientras que en la recuperación de P y K es mayor en la lámina filtrante inferior de 10 – 20 cm en cada tratamiento y sistema de filtro, lo que da a entender que el P y K son atraídos por la arena fina cuando estos se encuentran mas sueltos de M.O. y de N, así mismo se determinó al igual que para la eficiencia de los sistemas de filtros en función a la calidad de agua tratada el tratamiento T1 con sistema de filtro cúbico resultó ser más eficiente en el control bacteriológico y físico – químico, al igual que para la recuperación de nutrientes.

Considerando los resultados obtenidos por el PEPP (1987), para arena de río lavado en la selva central, quien encontró la concentración de 0.2%, 0.01, 3.3 ppm y 40 ppm de M.O., N, P y K respectivamente, los resultados obtenidos al contrastar con lo señalado indican que si es eficiente el tratamiento de aguas mieles con el sistema de filtro ecológico de tipo cúbico ya que se llegó a recuperar una concentración de 3.17%, 1.46%, 28.88 ppm y 263 ppm de M.O., N, P y K respectivamente en el tratamiento T1, seguido por el T2 y T3 respectivamente.

ZAPATER (1980) menciona que en el tratamiento de aguas residuales el problema mayor es la remoción de elementos mayores como N y P que edafológicamente son indispensables para la obtención de mejores cosechas; mientras que ZAMBRANO (1994) corrobora señalando que el agua

miel del lavado de café presenta una concentración de 23.70% de su contenido total de N, contrastando los resultados obtenidos con lo que mencionan los autores, se asume que más del 20% de N total aún se estaría perdiendo en el caudal del agua tratada ya que sólo se logró recuperar 3.17% de N, lo cual lo mencionado por ZAPATER (1980), es válido; pero la interrogante a lo que menciona ZAMBRANO (1994), es que no menciona en que volumen de agua por kg. de café cerezo encuentra la concentración de 23.7% de N total.

El problema del presente trabajo para analizar estos resultados fue que no se evaluó la concentración de éstos nutrientes en el agua miel, ni en el agua tratada, por lo que queda por investigar; asimismo los autores consultados no mencionan estudios similares a lo efectuado.

Concordando con VÁSQUEZ (1998), en función a los resultados obtenidos, la contaminación del agua durante el proceso de café es alta, siendo indispensable que el agua de desmucilaginado (agua miel) debe darse un manejo y tratamiento seguro antes de vertir a su curso normal, caso contrario, el nombre o la corriente de "Beneficio ecológico" no tiene sentido.

Por otro lado, teniendo en cuenta los resultados del presente trabajo en función a su alto grado de contaminación del agua de 1100 NMP/100 ml de coliformes totales, 12 NTU de turbidez y 3.9 de pH, así como la concentración de M.O. y N en el agua que no se analizó, pero que según VÁSQUEZ (1998); ZAMBRANO (1994) y FRANZ (2000), son altamente

contaminantes cuando se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno de (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO); las entidades responsables de monitorear el control de esta agua se entiende que poco o nada han hecho por el caso de las aguas residuales del proceso de café en húmedo, por lo que la (UNAS) debe ser la pionera con sus egresados que apuesten por la investigación para diseñar sistemas de tratamiento de estas aguas en forma ecológica sin necesidad de utilizar sustancias químicas y de esta forma recuperar y conservar el equilibrio ecológico.

5.5. Impacto que se produce por las aguas residuales en el procesamiento de café.

El impacto ambiental del beneficio del café se observa en mayor magnitud cuando se realizan vertidos directos, apreciándose la contaminación del agua por la turbidez, los olores y cambios en el sabor; afectando cause abajo, la flora y fauna acuática y las poblaciones que utilizan el agua para el consumo y otras actividades tal como lo menciona ZULUAGA y ZULUAGA (1993), que los sistemas de beneficio deben construirse y operar en base a conceptos de producción limpia, considerando que los contaminantes procedentes del beneficio húmedo de café para dar tratamiento a las aguas residuales manejo y aprovechamiento de la pulpa.

En la salud de las personas, habitantes a las cercanías de los beneficios, son afectadas por olores que demandan la descomposición de la materia orgánica y la proliferación de insectos nocivos, tales como "zancudos",

"mosquitos", "moscas" y "jejenes"; creados en el hábitat temporal que forman las agua mieles estancadas y pulpa acumulada.

En la vegetación existente, en las áreas junto al cause de los vertidos se han observado plantas marchitadas por la acidez del agua miel, esto es afirmado por GERARD (1999), quien menciona que la capacidad de asimilación de los suelos está en relación con la descomposición con la materia orgánica de forma aerobia, evitando los problemas que resulte de las condiciones sépticas del suelo (olores, daños a las plantas).

En las aguas superficiales deterioradas en su capacidad organoléptica, alterándose el sabor y color agotándose el oxígeno disuelto por la descomposición e la materia orgánica afectando a la flora y fauna acuática, así mismo la disponibilidad para el consumo y uso humano, tal como lo menciona VASQUEZ (1998), que las sustancias solubles suspendidas provenientes del fruto de café si es descargado a los ríos originan un problema mayor por lo que su degradación es más lenta.

En los suelos, cercanos a la planta de beneficio húmedo de café, cuando las aguas residuales fluyen libremente erosiona el suelo formando cárcavas profundas y con presencia de derrumbes.

VI. CONCLUSIONES

- En el presente estudio se determinó que el tratamiento de agua miel con los sistemas de filtros empleados con tratamiento de 5, 10 y 20 lt/kg. de café cerezo es eficiente, siendo mejor el tratamiento T1 con el sistema de filtro cúbico para todas las variables evaluadas.
- A mayor concentración de agentes contaminantes en el agua miel, el tiempo de filtración es mayor; siendo 30, 18 y 8.5 minutos para el agua de proceso de 20, 10 y 5 kg. de café cerezo con 100 litros de agua respectivamente. El color obtenido en el agua filtrada es gris azulado e igual en todos los tratamientos y sistema de filtro.
- La eficiencia del control bacteriológico y físico – químico en el tratamiento del agua miel; se obtuvo mejor en el sistema de filtro cúbico con 97.8 y 65.7% para coliformes totales y sólidos disueltos totales. Se logró mejorar la turbidez de 12 a 8.7 NTU y el pH de 3.9 – 4.5, con una eficiencia de 28.3 y 18% en la turbidez y pH respectivamente, datos que nos indican que aún el agua tratada no es apta para consumo humano, ya que supera el nivel permisible de calidad de agua.
- Se logró recuperar 3.17 de M.O. y 1.46% de N, así como 28.88 y 263 ppm de P y K respectivamente en el tratamiento T1 con sistema de filtro cúbico, siendo mayor la recuperación de M.O. y N en la parte superior (0 – 5 cm de

profundidad) y mayor la recuperación de P y K en la parte inferior de (10 – 20 cm de profundidad) del nivel de la lámina filtrante en el sistema de filtro.

- El color gris azulado y la turbidez de 8.7 NTU del agua filtrada están determinados por el contenido de M.O. y de nutriente como el N que no han sido recuperado por el sistema de filtro; asimismo, el grado de contaminación que genera el proceso de café en húmedo es grave y atenta contra el equilibrio ecológico; por lo que debemos poner atención al tratamiento de aguas mieles del procesamiento de café en húmedo.
- La necesidad del tratamiento de las aguas mieles con el aprovechamiento de los residuos sólidos vertidos en estas agua, contribuye a la sostenibilidad y la conservación del ambiente y es una forma de controlar los problemas ambientales.

VII. RECOMENDACIONES

- **Investigar la composición química del mucilago de café cerezo y fermentado para diseñar plantas de tratamientos que ayuden a recuperar gran parte de los elementos mayores (N, P y K) y materia orgánica, para poder utilizar e incorporar como enmiendas a los cultivos.**
- **Coordinar con el Ministerio de agricultura, Salud, de Ambiente y Energía el monitoreo y control del tratamiento de aguas mieles, en toda las cuencas cafetaleras del Perú, como aporte para mantener el equilibrio ecológico y de la biodiversidad.**
- **Motivar a los agricultores de zonas cafetaleras a practicar el tratamiento de agua mieles y el manejo de la pulpa para la captación de materia orgánica que se vierte a los causes de las aguas como colectores a cielo abierto.**
- **Gestionar ante las instituciones involucradas en la producción y comercialización del café como ONG's y otros en la instalación de plantas de tratamiento de aguas mieles con fines de evitar impactos en la salud pública y el ambiente local.**

VIII. ABSTRACT

The Present study Treatment of waters honeys product of the process of coffee in humid in the I Found Black Hawk – Chanchamayo, he/she had as investigation problem the efficiency that you/they have the systems of ecological filters in the treatment of waters honeys and the effect of recovering nutritious as M.O, N, P and K, in the sheet filtrante; whose objective is to determine the efficiency of the systems of filters to treat the waters honeys, and to determine the effect of the sheet filtrante to recover nutritious as M.O, N, P and K, in the systems of filters. They were designed and the systems of filters cubic type and V built, to filter 100 liters of water, he/she thought about 03 treatments 5, 10 and 20 Lts. of water to process 01 Kg. of brown cherry tree, being standardized 100 Lt. to process 20, 10 and 5 Kg. of brown cherry tree respectively; the time of filtration, color of water, quality of water was evaluated in normal course, in water honey and it dilutes treated, as well as the recovery of nutrients that contains the mucilage and that they are captured by the sheet filtrante in each system of ecological filter. It was determined that the filters change the color of the water of brown yellowish to gray blued equally in all the treatments, the time of filtration is bigger the more concentrate is the water honey in the treatment T1, being 30 min. for 100 Lt. /20 Kg. of brown cherry tree (T1). The quality of water in normal course is inside the permissible limit of quality of water, being capable for consumption; in the water honey the concentration of polluting agents is alarming that is reflected in the turbidez and

pH with 12 NTU and 3.9 in T1, 10.6 NTU, 4.4 in T2 and 8 NTU and 4.5 in T3. After being treated in the systems of filters the polluting agents they decrease as coliformes total 97.8%, solids dissolved 65.7%, improvement of the turbidez in 28.3% and pH improvement in 18%, in the system of cubic filter of the treatment T1, being smaller the efficiency of polluting agents' control in the filter system V and in the treatments T1 and T2. The efficiency of recovery of nutrients is better in the treatment T1 with system of cubic filter recovering a total of 3.17% and 1.46% of M.O and N, and 23.9 and 227 ppm of P and K, being of more retention the superior sheet for M.O and N, in the inferior sheet for P and K, and to more volume of water employee in T2 and T3 is relatively smaller the recovery of these nutrients.

IX. BIBLIOGRAFÍA

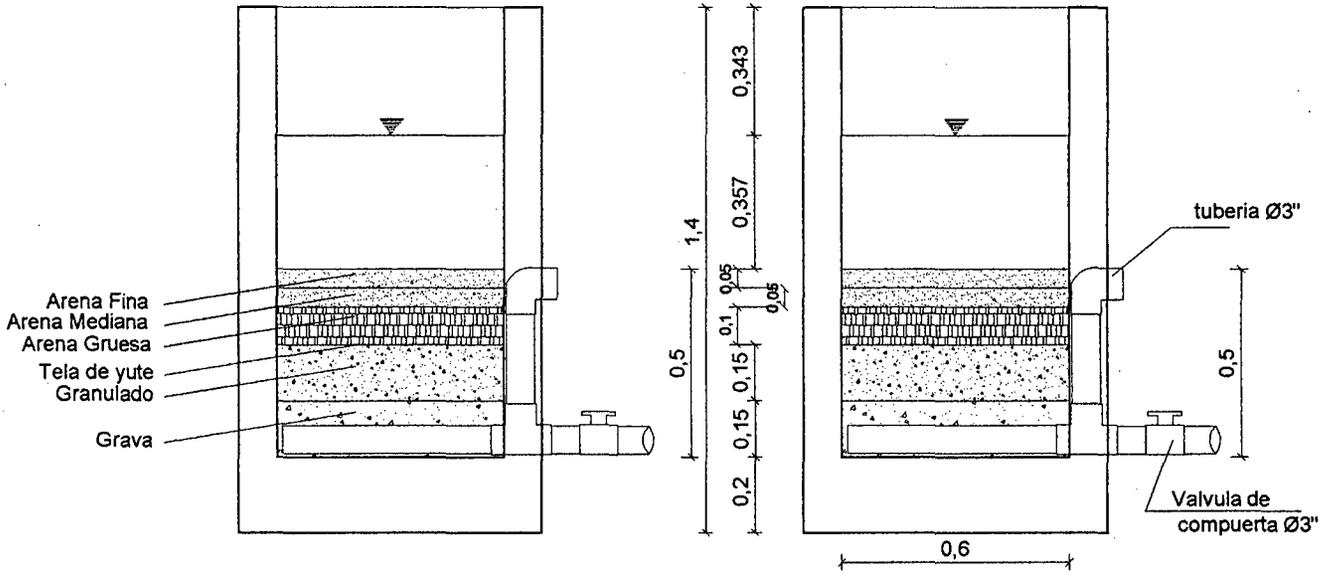
- ALFARO M. 1994** impacto ambiental en el procesamiento de café en Costa Rica. 12 p.
- ALARCON H. 1980.** Manual cafetalero colombiano, cuarta edición, CENICAFE, Editorial Andrés. Colombia. 209 p.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992.** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17ª Edic. Edit. Díaz Santos. Madrid. España. 10 – 211 p.
- BOLAÑOS, O. 1999.** El café y su impacto ambiental. RAFA – CATI – Nicaragua. 46 p.
- FRANZ, A. 2000.** Manual de garantía de calidad. La producción ecológica en organizaciones de pequeños agricultores. Naturland, Alemania. 37 p.
- GERARD, K. 1999.** Ingeniería ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, Primera edición, Editorial Mc Graw – Hill interamericana. España. Vol. I. 408 p.
- HOMER, D. y CHAPMAN. 1973.** Método de Análisis para Suelo, Planta y Agua. Editorial Trillas. México. 459 p.

- HUBERT M. BALOCK JK. 1983 estadística social. Segunda Edición. Editorial Mc Graw HILL. México. 610 P.
- JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ. 1997. Plan de acción para la prevención de la ocratoxina A (OTA) en el café peruano. Lima. Perú. 40 p.
- LARRI, W. 1999. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill. Interamericana. España S.A.U. 841 p.
- MINAE. 1997. Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales. Decreto Ejecutivo 26042 – S – (Gaceta del 19 de junio de 1997) el Presidente de la Republica y los Ministros de Salud, Ambiente y Energía.
- PEPP. 1997. Informe anual del laboratorio de suelos y aguas. PEPP – San Ramón. Perú. 75 p.
- PUJUL, L. 1994. Estudio del impacto Ambiental del Cultivo y procesamiento de café. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 12 p.
- ROCHA, F. 1993. Recursos hidráulicos libro N° 16 COLECCIÓN del Ingeniero Civil. Colegio de Ingenieros del Perú.
- RODIER, J. 1981. Análisis de las aguas. Editorial Omega, S.A. Barcelona, 36. España. 1058 p.
- ROSSKAMP, R. 1996, Café orgánico; proyecto de café orgánico. Novella publigráf. S R L. CAILLOMA 221. LIMA 18. 171 p.

- VASQUEZ, M. 1998, Descontaminación de las aguas residuales en el beneficiado de café en Costa Rica. ICAFE. San José. 26 p.**
- VASQUEZ, V. 1997. Manejo de Cuencas Alto Andinas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 348 p.**
- ZAMBRANO, F. 1993. Potencial calórico de un sistema anaeróbico en el tratamiento de aguas residuales. CENICAFE – COLOMBIA 42(4):133 – 136 pp.**
- ZAMBRANO, F. 1994. Lavado de café en tanques de fermentación CENICAFE 45 (3):106 – 118. Colombia.**
- ZAPATER, R. J. 1980. Reutilización de las Aguas Residuales para la Agricultura. UNALM, Lima. Perú. 215 p.**
- ZULUAGA DIEGO y ZULUAGA J. 1993. Balance de materia en un proceso de beneficio húmedo de café. CENICAFE – Colombia. 44(2):145 – 55.p.**
- ZUÑIGA, R. 1999. Principios y normas técnicas del café orgánico. CAC – La Florida. Perú. 70 p.**

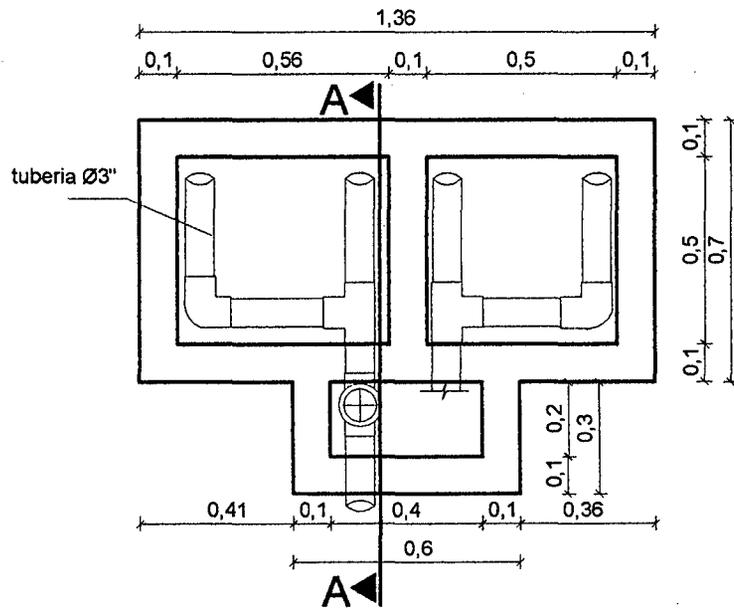
ANEXO

Anexo 1A: Diseño de Sistema de Filtro Cúbico



DETALLES

CORTE A - A

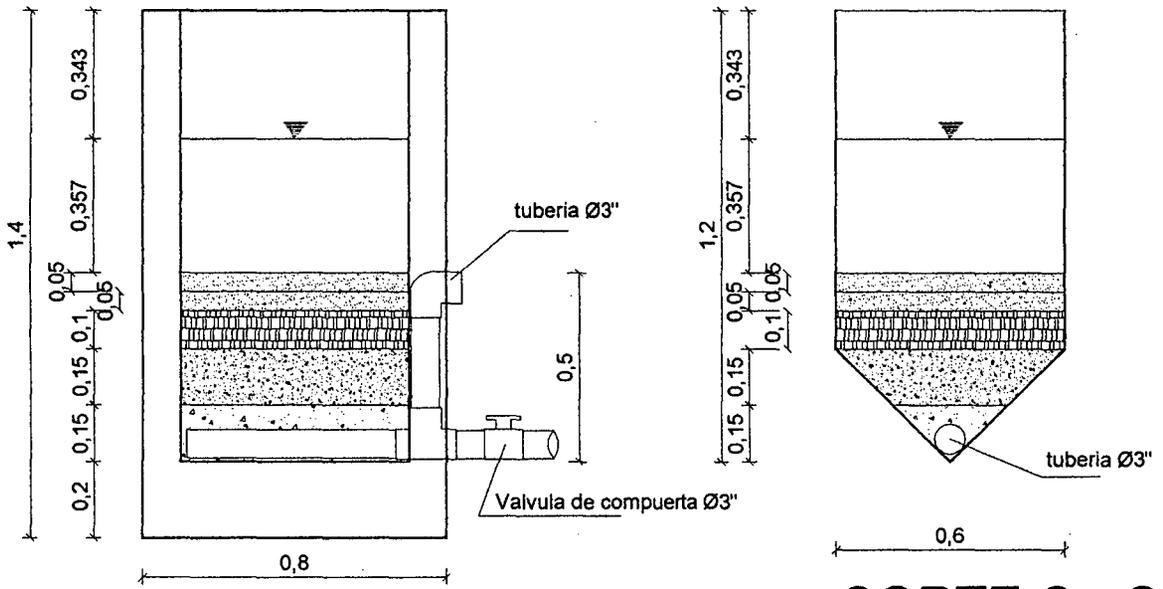


PLANTA FILTRO CUBICO

Escala: 1 / 20

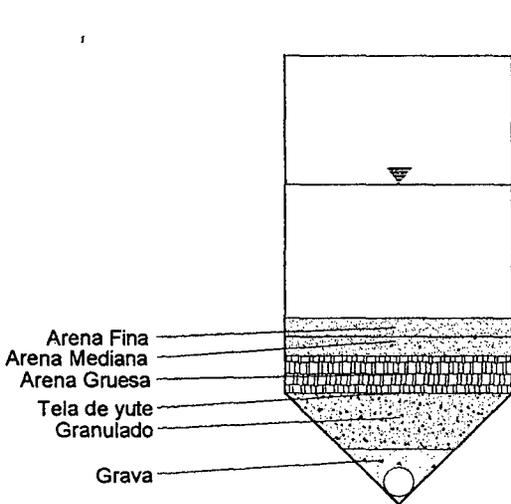
TITULO: TRATAMIENTOS DE AGUAS MIELES (RESIDUALES) DEL PROCESAMIENTO DE CAFE EN HUMEDO, EN EL FUNDO HALCON NEGRO - CHACHAMAYO			
UBICACION : LUGAR: ALTO CHINCARMAS DISTRITO: PERENE PROVINCIA: CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO: JUNIN		PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE FILTRO CUBICO	
		ESPECIALIDAD: PLANTA Y CORTES	LAMINA: 1
TESISTA : Bach. FELIX ZUÑIGAM.	ESCALA : 1 / 20	FECHA: 16 DE JULIO DEL 2001	

Anexo 1B: Diseño de Sistema de Filtro en "V"

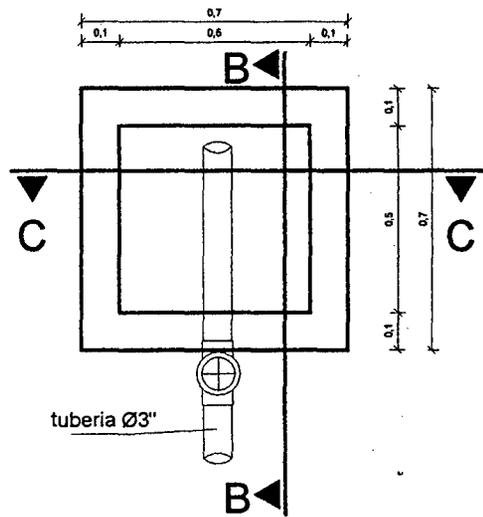


CORTE B - B

CORTE C - C



DETALLES



PLANTA FILTRO EN "V"

Escala: 1 / 20

TITULO: TRATAMIENTOS DE AGUAS MIELES (RESIDUALES) DEL PROCESAMIENTO DE CAFE EN HUMEDO, EN EL FUNDO HALCON NEGRO - CHACHAMAYO		
UBICACION: LUGAR: ALTO CHINCARMAS DISTRITO: PERENE PROVINCIA: CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO: JUNIN		PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE FILTRO EN "V"
		ESPECIALIDAD: PLANTA Y CORTES
		LAMINA: <div style="font-size: 2em; text-align: center;">2</div>
TESISTA: Bach. FELIX ZUÑIGA M.	ESCALA: 1 / 20	FECHA: 15 DE JULIO DEL 2001

Anexo 2A: Análisis de agua

PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU

Laboratorio de Análisis de Agua

Análisis bacteriológico y físico - químico de agua

Solicitante : FELIX ZUÑIGA MOSCOSO
Lugar : Fundo halcón Negro – Alto Chincarmás
Distrito : Villa Perene
Provincia : Chanchamayo
Departamento : Junín
Origen de muestra : Tres secciones (curso normal, agua miel de lavado de café y agua miel tratada).
Fecha de muestreo :
r1 15/07/2001
r2 25/07/2001
r3 01/08/2001

CODIGO – MAT. 5 L.

Parámetro Analizado	Resultados											
	Sección 1			Sección 2			Sección 3			Sección 4		
	Agua en curso normal			Agua miel del lavado			Agua filtrado FC			Agua filtrado FV		
Repeticiones	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
Bacteriológico												
coliformes totales NMP/100ml.	2	1	3	1100	1050	1150	24	28	20	43	40	46
coliformes fecales NMP/100ml.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Físico - Químico												
Sólidos disueltos total gs/l.	0.02	0.01	0.01	0.31	0.35	39	0.17	0.12	0.07	0.14	0.18	0.16
Turbidez NTU	0.7	0.5	0.6	11.5	12	12.5	8.5	8.6	8.9	8.7	8.5	8.9
pH	6.7	6.7	6.7	3.8	3.9	4	4.7	4.5	4.6	4.6	4.4	4.5
Arsénico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cromatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Observaciones: MAT= Muestra de agua de tratamiento T1

Anexo 2B: Análisis de agua

PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU

Laboratorio de Análisis de Agua

Análisis bacteriológico y físico - químico de agua

Solicitante : FELIX ZUÑIGA MOSCOSO
 Lugar : Fundo halcón Negro – Alto Chincarmás
 Distrito : Villa Perene
 Provincia : Chanchamayo
 Departamento : Junín
 Origen de muestra : Tres secciones (curso normal, agua miel de lavado de café y agua miel tratada).
 Fecha de muestreo : r1 15/07/2001
 r2 25/07/2001
 r3 01/08/2001

CODIGO – MAT. 10 L.

Parámetro Analizado	Resultados											
	Sección 1			Sección 2			Sección 3			Sección 4		
	Agua en curso normal			Agua miel del lavado de café			Agua filtrado FC			Agua filtrado FV		
Repeticiones	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
Bacteriológico												
coliformes totales NMP/100ml.	2	2	2	480	440	460	20	16	18	21	19	20
coliformes fecales NMP/100ml.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Físico - Químico												
Sólidos disueltos total s/lt.	0.8	0.7	0.9	0.3	0.28	0.26	0.15	0.14	0.13	0.20	0.20	0.21
Turbidez NTU	0.9	0.9	0.9	10.40	10.60	10.80	7.9	8.0	8.1	8.4	8.5	8.5
pH	6.9	6.9	6.9	4.4	4.46	4.3	4.60	4.62	4.58	4.61	4.60	4.59
Arsénico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cromatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Observaciones: MAT= Muestra de agua de tratamiento T2.

Anexo 2C: Análisis de agua

PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU

Laboratorio de Análisis de Agua

Análisis bacteriológico y físico - químico de agua

Solicitante : FELIX ZUÑIGA MOSCOSO
Lugar : Fundo halcón Negro – Alto Chincarmás
Distrito : Villa Perene
Provincia : Chanchamayo
Departamento : Junín
Origen de muestra : Tres secciones (curso normal, agua miel de lavado de café y agua miel tratada).
Fecha de muestreo : r1 15/07/2001
r2 25/07/2001
r3 01/08/2001

CODIGO – MAT. 20 L.

Parámetro Analizado	Resultados												
	Sección 1			Sección 2			Sección 3			Sección 4			
	Agua en curso normal			Agua miel del lavado			Agua filtrado FC			Agua filtrado FV			
Repeticiones	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3	
Bacteriológico													
coliformes totales NMP/100ml.	3	2	3	280	260	270	32	26	29	35	31	33	
coliformes fecales NMP/100ml.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Físico - Químico													
Sólidos disueltos total gs/lt.	0.02	0.02	0.02	0.23	0.19	0.21	0.20	0.16	0.18	0.20	0.18	0.19	
Turbidez NTU	0.7	0.7	0.7	9	8	7	7.5	6.7	7	7.6	6.8	7.2	
pH	6.9	7	6.8	4.6	4.4	4.5	4.7	4.6	4.7	4.6	4.6	4.6	
Arsénico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cromatos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Observaciones: MAT= Muestra de agua de tratamiento T3.

Anexo 3A: Análisis de suelo

PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU
Laboratorio de Análisis de Suelo

Análisis químico de material filtrante

Solicitante : FELIX ZUÑIGA MOSCOSO
 Lugar : Fundo halcón Negro – Alto Chincarmás
 Distrito : Villa Perene
 Provincia : Chanchamayo
 Departamento : Junín
 Origen de muestra : Material filtrante de 0 – 5, 5 -10 y de 10 – 20 cm.
 de profundidad de un sistema de filtro cúbico
 Fecha de muestreo : r1 15/07/2001
 r2 25/07/2001
 r3 01/08/2001
 Tipo de muestra : lámina filtrante FC

Parámetro Evaluado	Volumen de agua filtrado 5lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	kppm	pH.
lámina filtrante					
0 - 5 Cm. SFC	1.37	0.61	6.5	86	7
5 - 10 Cm. SFC	1.1	0.55	10.7	85	6.3
10 - 20 Cm. SFC	0.7	0.3	11.68	92	6.3
Total	3.17	1.46	28.88	263	—
Parametro Evaluado	Volumen de agua filtrado 10lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	Kppm	pH.
lámina filtrante					
0 - 5 Cm. SFC	1.28	0.52	4.55	66	7.2
5 - 10 Cm. SFC	1.05	0.2	4.15	71	7
10 - 20 Cm. SFC	0.34	0.02	6.64	79	6.9
Total	2.67	0.74	15.34	216	—
Parametro Evaluado	Volumen de agua filtrado 20lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	Fppm	pH.
lámina filtrante					
0 - 5 Cm. SFC	1.24	0.62	3.8	52	7.3
5 - 10 Cm. SFC	0.07	0.2	4.1	57	7
10 - 20 Cm. SFC	0.2	0.01	4.2	62	7
Total	1.51	0.83	12.1	171	—

Observación: Aren a tipo abono, Resultado de tres evaluaciones/ tratamiento

Anexo 3B: Análisis de suelo

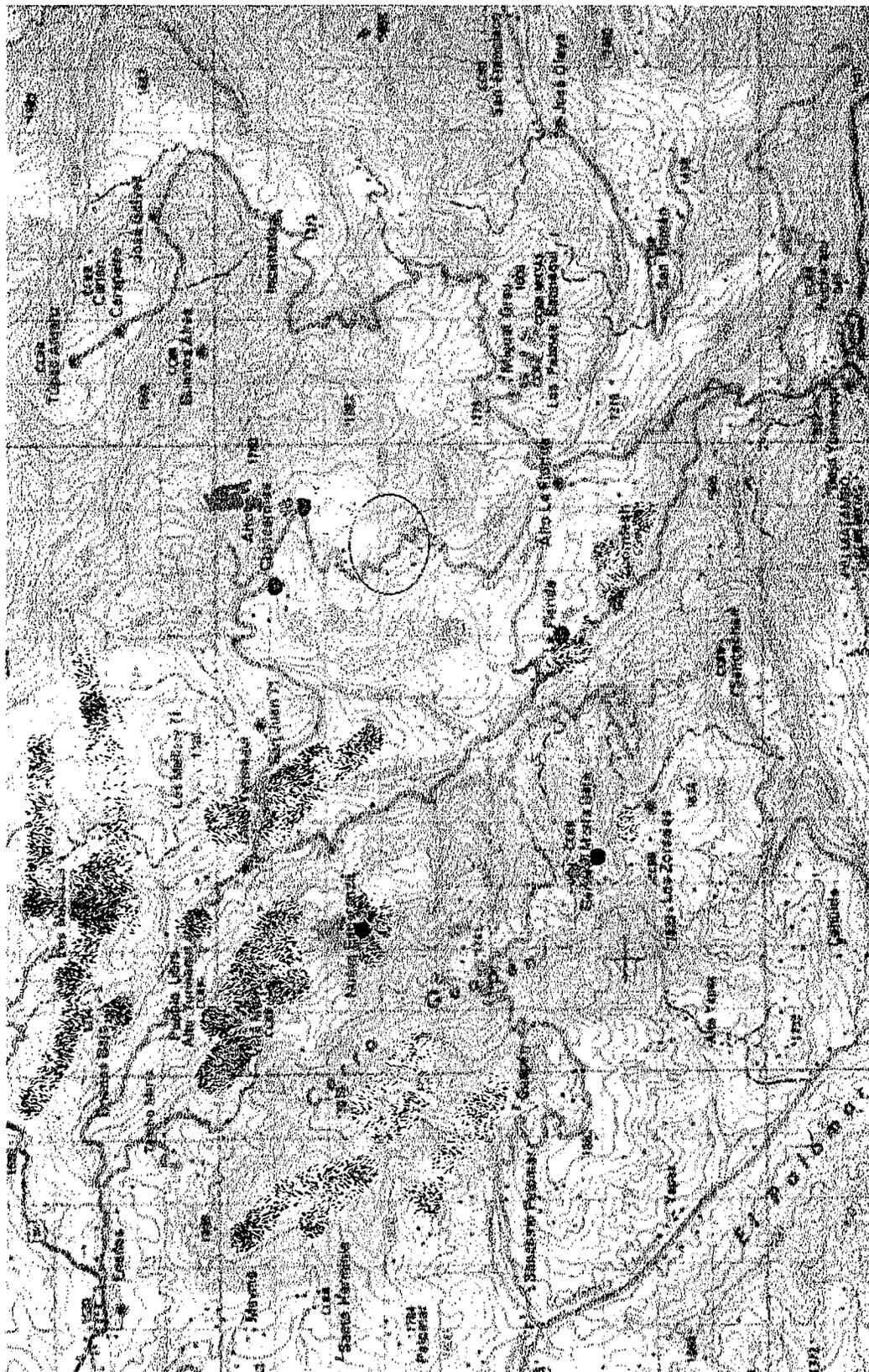
PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU
Laboratorio de Análisis de Suelo

Análisis químico de material filtrante

Solicitante : FELIX ZUÑIGA MOSCOSO
 Lugar : Fundo halcón Negro – Alto Chincarmás
 Distrito : Villa Perene
 Provincia : Chanchamayo
 Departamento : Junín
 Origen de muestra : Material filtrante de 0 – 5, 5 -10 y de 10 – 20 cm.
 de profundidad de un sistema de filtro en V.
 Fecha de muestreo : r1 15/07/2001
 r2 25/07/2001
 r3 01/08/2001
 Tipo de muestra : Lámina filtrante FV

Parámetro Evaluado	Volumen de agua filtrado 5lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	kppm	pH.
<i>lamina filtrante</i>					
0 - 5 Cm. SFC	1.1	0.05	4.4	52	7.2
5 - 10 Cm. SFC	0.55	0.02	10.2	81	7.0
10 - 20 Cm. SFC	0.34	0.01	9.3	84	7.0
Total	1.99	0.08	23.9	217	—
Parametro Evaluado	Volumen de agua filtrado 10lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	Kppm	pH.
<i>lamina filtrante</i>					
0 - 5 Cm. SFC	1.10	0.04	4.8	68	7.4
5 - 10 Cm. SFC	0.55	0.03	6.1	72	7.2
10 - 20 Cm. SFC	0.20	0.01	6.37	76	7.1
Total	1.85	0.08	17.27	216	—
Parametro Evaluado	Volumen de agua filtrado 20lt/kg cc = 100lt/20kgcc				
	MO%	N%	Pppm	Fppm	pH.
<i>lamina filtrante</i>					
0 - 5 Cm. SFC	1.20	0.05	3.12	50	7.5
5 - 10 Cm. SFC	0.60	0.15	3.50	56	7.2
10 - 20 Cm. SFC	0.34	0.01	4.04	58	7.1
Total	2.14	0.21	10.66	164	—

Observación: Aren a tipo abono, Resultado de tres evaluaciones/ tratamiento



Anexo 4. Mapa de ubicación del experimento - Distrito Perene - chanchamayo