EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LAS AGUAS MIELES GENERADAS POR ACTIVIDADES CAFETERAS SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE LA MICROCUENCA LA EUGENIA, SECTOR SAN PEDRO, SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA. MAGDALENA - COLOMBIA.

ISIS MARGARITA NAVARRO CERA

JAN CARLOS LARGE PONTON

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

SANTA MARTA

2010

EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LAS AGUAS MIELES GENERADAS POR ACTIVIDADES CAFETERAS SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE LA MICROCUENCA LA EUGENIA, SECTOR SAN PEDRO, SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA. MAGDALENA - COLOMBIA.

ISIS MARGARITA NAVARRO CERA

JAN CARLOS LARGE PONTON

PROYECTO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

DIRECTOR

FAISAL BERNAL HIGUITA

Ing. Químico

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

SANTA MARTA

2010

Dedico:

A Dios quien me dio la oportunidad de tener una familia y unos padres maravillosos, Luis Emilio Navarro y Cenith Cera Caballero los cual me brindaron su apoyo y colaboración, para lograr una importante etapa en vida.

A mis hermanos: Richard, Abelito, Millito, Diana y Freddy Miguel.

A mis sobrinos: Abran, Luis Andrés y Helman José.

A mis Grandes amigos y amigas una lista interminable.

A mis profesores que me llevaron de la mano en este camino de aprendizaje.

Isis.

A Dios, porque en él encontré el apoyo espiritual para seguir adelante.

A mis padres: William y Eva, quienes con su amor, sacrificio y humildad me brindaron la oportunidad lograr mis sueños y metas.

A mis Tíos, primos y demás familiares por su voz de aliento.

Jan Carlos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos:

A Ingeniero Químico Faisal Bernal, por la dirección del proyecto de investigación, al Biólogo Isaac Romero Borja por su colaboración en el laboratorio, a Ingeniero ambiental Luis Naranjo por su colaboración en el análisis estadístico del documento, a la Ingeniera de petróleos Ingrid Amastha por el apoyo inicial que necesitábamos y a todos los profesores y compañeros que colaboraron en nuestra formación profesional, a la comunidad de San Pedro de la Sierra por recibirnos y apoyarnos. A todo el personal del Comité de Cafeteros de Magdalena, por su apoyo logístico, A las empresas Consorcio P&C y Baltime S.A. por permitirnos realizar nuestras prácticas, a nuestras familias Navarro Cera, Large Ponton, y Martínez Varela, Aristizabal Méndez, a las amiguitas lobis, y a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo y compañía en momentos difíciles.

IAS
00055
Ej 1

Tabla de contenido

PRESENTACIÓN 10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
MARCO TEORICO 14
JUSTIFICACIÓN 20
OBJETIVOS 21
5.1 OBJETIVO GENERAL 21
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 21
6.0 METODOLOGIA 22
6.1 Área de Estudio 22
6.2 Caracterización de las Aguas Residuales de los Procesos del Beneficio del Café 23
6.2.1 Punto de Toma de Muestra 23
6.2.2 Número y tipo de muestra 24
6.2.3 Parámetros monitoreados en las descargas de los beneficios 24
6.2.4 Medición de Caudal en los Beneficiaderos 25
6.3 Caracterización De Las Aguas Superficiales 25
6.3.1 Selección de puntos de muestreo 25
6.3.2 Punto de toma de muestra 25
6.3.3 Número y tipo de muestra 26
6.3.4 Parámetros muestreados en el cuerpo hídrico 26
6.3.8 Medición de Caudal de la Quebrada 27
6.4 Preservación, Conservación Y Ensayos Sobre Las Muestras de Agua .. 27
6.5 Índices de calidad de aguas (ICA) 29
7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31
7.1 Análisis e interpretación de resultados - campaña de muestreo antes del Periodo de cosecha cafetera 31
7.1.1 pH Antes de Cosecha 33
7.1.2 Grasas y Aceites Antes de Cosecha 33
7.1.3 Demanda Química de oxigeno (DQO) Antes de Cosecha 34
7.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5) 34

7.1.5 Oxigeno Disuelto (OD) Antes de Cosecha 34
7.1.6 Sólidos Totales antes de cosecha 34
7.1.7 Coliformes Totales Antes de Cosecha 35
7.1.8 Coliformes Fecales Antes de Cosecha 35
7.2 Carga Contaminante en el cuerpo receptor antes de la cosecha cafetera (CCa) 36
7.3 Análisis e interpretación de resultados - campaña de muestreo durante y después del Periodo de cosecha cafetera 36
7.3.1 Caracterización de las descargas de aguas residuales de los beneficios de café. 37
7.4 Carga contaminante generada por las aguas mieles 38
7.5 Características fisicoquímicas del agua de la quebrada durante y después del periodo de vertimiento de aguas mieles. 40
7.5.1 pH De La Quebrada Durante El Vertimiento De Aguas Mieles 41
7.5.2 Grasas y Aceites De La Quebrada Durante El Vertimiento De Aguas Mieles. 42
7.5.3 Demanda Química De Oxigeno Durante Los Vertimientos De Aguas Mieles: 43
7.5.4 Demanda Bioquímica de oxigeno durante el vertimiento de aguas mieles 44
7.5.5. Oxigeno Disuelto en la quebrada durante el vertimiento de las aguas mieles: 45
7.5.6 Sólidos Totales En La Quebrada Durante Le Vertimiento De Aguas Mieles. 46
7.5.7 Nitritos 47
7.6. Carga Contaminante en el cuerpo receptor durante de la cosecha cafetera (CCd) 48
7.7 Carga Contaminante en el cuerpo receptor después de la cosecha cafetera (CCp) 49
8.0 RELACIÓN ENTRE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE LOS DE BENEFICIADEROS DE CAFÉ Y LA CALIDAD DE AGUA DEL CUERPO RECEPTOR 50
8.1 Comparación de los índices de calidad de agua (ICA) del cuerpo receptor antes y durante la cosecha cafetera. 50

CONCLUSION 53
BIBLIOGRAFÍA 55
ANEXOS 59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, Coordenadas de los beneficiaderos visitados.....24

Tabla 2, Coordenadas puntos de muestreo.....26

Tabla 3, Parámetros medidos y técnicas de laboratorio utilizadas.....28

Tabla 4, calificación del agua según Índice de Calidad Agua (ICA.....30

Tabla 5, Consolidado de resultados antes de la cosecha cafetera.....32

Tabla 6, Caudal de la quebrada antes de los vertimientos.....32

Tabla 7, Caracterización fisicoquímica de las aguas mieles.....37

Tabla 8, Caudal de los beneficiaderos.....38

Tabla 9, Carga contaminante generada por las aguas mieles.....40

Tabla 10, Consolidado de resultados en las campañas de muestreo durante y después del periodo de cosecha.....41

Tabla 11, Aforo de la quebrada durante y después de cosecha cafetera.....50

Tabla 12, Índice de calidad del agua en la quebrada en los tres periodos de muestreo de las aguas de la quebrada.....51

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1, pH en los tres periodos muestreados.....41

Grafica 2, Grasas y aceites en los tres periodos muestreados.....42

Grafica 3, Demanda Química de Oxigeno (DQO) en los tres periodos muestreados.....43

Grafica 4, Demanda Bioquimica de Oxigeno (DBO) en los tres periodos muestreados.....44

Grafica 5, Oxigeno Disuelto (OD) en los tres periodos muestreados.....45

Grafica 6, Sólidos Totales (ST) en los tres periodos muestreados.....46

Grafica 7, Coliformes fecales en los tres periodos muestreados.....47

Grafica 8, Coliformes Fecales en los tres periodos muestreados.....48

PRESENTACIÓN

El cultivo del café es originario del norte de África y es cultivado con el objeto de producir un grano, cuyo rico contenido de sustancias aromáticas y estimulantes permite preparar una infusión altamente preciada como bebida y como sobremesa (Amaya *et al.*, 1998).

En la actualidad, el café es un producto global importante y forma una fracción significativa de la economía de exportación de muchos países (Haddis y Devi, 2008). La producción de café mundial es del orden de seis (6) millones de toneladas de café verde. El 47,6% del mercado mundial corresponde a los cafés suaves. En Colombia, Kenya y varios países centroamericanos, el fruto de café se recolecta manualmente y se procesa o beneficia por vía húmeda; por tanto, en los países donde esto ocurre se produce la calidad de café denominada café suave, característica que genera una calidad de café muy estimada por los consumidores, pero puede llegar a generar una alta contaminación del agua y del medio ambiente.

El beneficio del fruto puede realizarse de dos maneras, la primera de ellas es la vía húmeda que involucra el despulpado, desmucilado utilizando agua, secado del fruto y finalmente la eliminación de las envolturas internas por el trillado. La segunda vía, incluye la fermentación del fruto con todas sus cortezas, el secado y la eliminación de las envolturas en una única operación mecánica de trillado (Braham y Bressani, 1978). La vía húmeda es la más utilizada y el procesamiento de 100 kg de frutos de café maduros generan 20% de café trillado (oro) y el 80% restante está formado por subproductos, como pulpa fresca (40%), mucílago (20%), agua (17%) y pergamino y película plateada (3%) (Amaya *et al.,* 1988).

La contaminación ocasionada por la industria cafetalera en el proceso de beneficio del café, constituye también un serio problema en los países productores del mismo. El procesado del fruto se realiza generalmente

mediante el llamado "Beneficio Húmedo del Café", donde se consume grandes cantidades de agua y casi el 80 % del fruto se considera de poco o nulo valor económico y por consiguiente es designado como desecho, el cual es arrojado generalmente a los ríos, generando un aumento considerable de la demanda bioquímica de oxígeno, aumento de la carga de sólidos totales, incremento en la temperatura del agua, generación de malos olores y pérdida de la calidad visual, mas los propios problemas sociales que esta situación trae aparejado, sobre todo, limitaciones con sus usos con fines recreativo y de sustento familiar por la contaminación de los cuerpos de agua en épocas cafetaleras. (Pérez, 2002). Se trata de una forma de contaminación severa del agua lo que afecta la fauna acuática e imposibilita su aprovechamiento para acueductos.

Ante esta realidad, se han realizado muchos estudios para aprovechar estos desechos y disminuir su efecto tóxico en el ambiente (Ramírez, 1998). Dentro de esas formas de utilizarla destacan el ensilaje destinado a la alimentación animal, torta de pulpa de café, jugo tratado con microorganismos para el consumo animal (Ferrer *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 1997; Ramírez, 1998; Ramos *et al.,* 2000). Dentro de esas formas de utilizarlo se destacan el ensilaje destinado a la alimentación animal, torta de pulpa de café, jugo tratado con microorganismos para el consumo animal (Ferrer *et al.*, 1995; Ramírez *et al.*, 1997; Ramírez, 1998; Ramos *et al.,* 2000). El ensilaje es el proceso utilizado para preservar y almacenar la pulpa del café mientras se le da un uso posterior (Ferrer *et al.,* 1995). Logrando reducir a niveles adecuados sustancias antinutricionales, como la cafeína, ácido clorogénico y derivados de taninos (Mayorga, 2005).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas residuales del proceso de despulpado y lavado del café (aguas mieles), se consideran como una de los mayores contaminantes orgánicos en el sector cafetalero, el proceso de despulpado y lavado de 1 kg café genera una cantidad de agua y material contaminante equivalente a aquella producida por 6 personas en un día. Las aguas generadas en el proceso tienen altos contenidos de materia orgánica que por procesos de oxidación se descomponen por medio de microflora de bacterias que se alimentan de esta y consumen el oxigeno disuelto en las aguas, destruyendo por asfixia la fauna y flora acuática y todo animal que haya en el cuerpo de agua al cual son vertidas (Pujol et al., 2001; Del Panta, et al., 2009).

En Colombia, la pulpa y el mucilago como subproductos de este proceso puede llegar a producir hasta 373 mil toneladas que al no disponerse de la mejor manera se pueden convertir en una fuente de contaminación al ambiente, debido a que en el proceso de tratamiento del despulpado lixivian compuestos contaminantes que generan aguas residuales. Entre los muchos impactos que genera la producción del café están: Aumento de la DBO por encima de 2500 mg/l, Disminución del oxigeno disuelto, Disminución del PH del agua, Alto consumo de agua, Sólidos en suspensión, afectaciones a nichos ecológicos acuáticos, Erosión potencial por cárcavas, Modificaciones en el paisaje, Imposibilidad del uso de las aguas para el consumo humano, impactos sociales asociados con la disminución de la calidad de vida de las personas que tienen como sustento las aguas de los ríos en los cuales son vertidas estas aguas residuales (Pérez, *et al.,* 2006; Zambrano, *et al.*, 1998; Pabón *et al.*, 2008).

En el corregimiento San Pedro de la Sierra, existen aproximadamente 20 fincas dedicadas al cultivo del café, las cuales vierten sus aguas residuales del proceso del café hacia la quebrada la Eugenia, cada una de estas fincas con

consumos específicos de agua alrededor de 40 lts/kg de café pergamino seco (Zambrano e Isaza 1998)[1]; la materia orgánica contenida en el agua resultante de estos procesos genera una contaminación de 115,1g de DQO/kg de café cereza (Mejía. et al., 2007), el 80 % del fruto se considera de poco o nulo valor económico y por consiguiente es designado como desecho (Pérez, 2002;Pérez, *et al.,* 2006.), y son vertidos a los cuerpos de agua, en este caso quebrada La Eugenia.

La descarga de aguas residuales, con altas concentraciones de materia orgánica y sin previo tratamiento, sobre un cuerpo de agua superficial genera una alta demanda de oxigeno, pero también inhibe la actividad bacteriana para la degradación de materia orgánica ocasionando muerte de especies existentes en el ecosistema y disminuyendo la capacidad de depuración natural del cuerpo hídrico.

Siendo consecuentes con lo expresado planteamos los interrogantes que nos llevarán al desarrollo de esta investigación, ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada La Eugenia antes, durante y después de los vertimientos de aguas mieles? ¿Se ve afectada la calidad fisicoquímica de las aguas de la quebrada con el vertimiento de aguas mieles? ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales producto del beneficio del café? ¿Cuál es la carga Contaminante generada por las aguas mieles de las fincas cafeteras, con influencia sobre la quebrada La Eugenia? ¿Tendrá influencia el vertimiento de aguas mieles en los índices de calidad de agua (ICA) del cuerpo receptor antes y durante el período de cosecha cafetera?

DIRECTORA BIBLIOTECA CENTRAL

MARCO TEORICO

A medida que las sociedades se desarrollan, aumenta su densidad poblacional, tienen tecnologías más complejas y por supuesto demandan mayor cantidad de recursos y es el medio ambiente; la base donde se da lugar a la producción, el intercambio y en general los distintos aspectos que llevan a ese desarrollo de la vida humana, lo que nos lleva a afrontar una serie de limitaciones en el acceso a esos recursos, obligándolos a tomar medidas de control y protección de los mismos. Sin embargo la velocidad de ese desarrollo es mucho mayor a la capacidad de recuperación de los recursos. El 47,6% del mercado mundial corresponde a los cafés suaves procesados por vías húmedas (Yassí *et al*, 2000; Pérez, *et al.,* 2006; Zambrano, *et al.*, 1998; Pabon *et al.*, 2008).

Tradicionalmente la producción cafetera en los países de América Central y el Caribe se ha considerado un componente importante en la economía y desarrollo de los mismos que no requería de demasiados conocimientos ingenieriles y de técnicas de proceso, esto llevo a que por muchos años se generara en el ambiente un fuerte impacto negativo debido a las descargas de aguas residuales y materiales sólidos, solo a raíz de la gran preocupación mundial por los problemas ambientales y teniendo en cuenta la alta carga contaminante que son aportadas a los cuerpos de agua producto de sus procesos mecánicos y químicos. Las comunidades han adoptado tecnologías para el tratamiento de estas aguas residuales.

Se define como beneficio de café a un "complejo agroindustrial" donde se procesa el fruto del cafeto para obtener el café pergamino seco; consiste básicamente en una planta compuesta por un sistema piscinas de tamaño proporcional a la producción de la finca, donde es arrojado el café en una tolva que distribuye el fruto en una pileta inicial, luego de la primera lavada pasa a una segunda pileta y luego es transportado por un canal de concreto hasta un sitio donde a va ser liberado del agua sobrante; hasta ser transformado de café uva o cereza seca a café pergamino y oro para posteriormente convertirlo en café tostado, molido y soluble". El café se planta generalmente en monocultivos intensivos en áreas montañosas donde en general se presentan suelos expuestos a factores erosivos del ambiente y a grandes cantidades de agroquímicos aplicados a estos sistemas, que contribuyen a la contaminación de aguas y disminución de biodiversidad biológica de los suelos. (George, A. 2006; PAN, 2007).

La descarga de materia orgánica en los ríos es una de las principal fuente de contaminación de agua en los países productores de café por su parte el beneficio de húmedo del café es el principal responsable del exceso volumen de materia orgánica en las aguas de los ríos, la magnitud del impacto puede denotarse mejor teniendo en cuenta que este proceso aporta más contaminación que las aguas de origen domestico. El efecto de este impacto no se ve solo en la flora y fauna fluvial que hacen parte de los ríos, sino también se refleja en las zonas donde estas aguas de rio son usadas para erradicación, las consecuencias por la utilización de estas aguas son brotes de enfermedades fungosas y fisiológicas (Granados, C. 2004; Alfaro y Rodríguez, 1994).

Según Zambrano e Isaza los subproductos de pulpa y mucilago generan cargas contaminantes hasta de 12,1 g DQO/ kg de café cereza y 10 g ST/ kg de café de cereza, debido a que estas aguas residuales contienen azucares y sustancias pépticas y productos de la degradación del mucilago hidrolizado que luego son

vertidas a los ríos. Los estudios de cuantificación de la demanda química de oxigeno a las aguas permite planear estrategias que permiten la disminución de la contaminación producida durante el beneficio del húmedo. De aquí la importancia de darle un correcto tratamiento a estas aguas ya que la concentración de los productos contaminantes en el agua utilizada en el beneficio húmedo dependen del tratamiento que se le da a estas antes de ser vertidas a un cuerpo de agua determinado. (Zambrano, *et al.*, 1998; Pabon *et al.*, 2008; Román, J. 2004).

Como resultado a estos procesos se generan 3 diferentes contaminantes: agua del despulpado, aguas de lavado y la pulpa esta ultima posee un 85% de humedad cuando ingresa al beneficio y contiene aproximadamente el 0.8% en algunos casos la disposición de esta para su descomposición final produce gran cantidad de lixiviado que puede contaminar los cuerpos de agua, en otros caso esta se utiliza como abono orgánico disminuyendo un poco su impacto en el ambiente, el mucilago es tal vez el mayor contaminante en este proceso pues está compuesto por azúcares reductores y no-reductores, y sustancias pécticas. Este es desprendido mecánicamente para posibilitar el lavado de la semanilla es en este proceso donde se incremente el uso del agua y por ende las descargar de agua residual como subproducto del proceso. Entre los factores ambientales que se ven involucrados en el beneficiado esta la contaminación de aguas continentales, por la afectación de la calidad del agua y cambios negativos en la temperatura, al mismo tiempo la atmosfera por emisión de partículas y el suelo son afectados (Alfaro y Rodríguez, 1994; Pujol, et al., 2000). Los desechos de los procesos agroindustria les constituyen un elemento importante que puede alterar el equilibrio ambiental y poner en peligro la calidad de vida del ser humano, teniendo en cuenta que generalmente un beneficio no está solo en una determinada área, muchas veces a una misma cuenca cafetalera vierten aguas una serie de plantas o fincas cafetaleras y sumado a eso en el rio se juntan las aguas negras de las localidades a cercanas (Del Panta, et al., 2009).

El café colombiano se cataloga como suave lavado, debido a que se obtiene de variedades de la especie *Coffea arabica*, cafés arábigos, y se procesa por vía húmeda en su beneficio incluyendo en su proceso el despulpado selección por zaranda, fermentación natural del mucilago en tanques incluyendo en su proceso el lavado y clasificación que implican el consumo de grandes cantidades de agua, estudios reportan que en Colombia por cada kilogramo de café pergamino seco se utilizan aproximadamente 40 litros de agua y los subproductos de estos procesos no reciben un adecuado tratamiento causando un impacto negativo al ambiente. (Savigne y Romanovski, 1996).

En el beneficio húmedo del café se utiliza agua como medio facilitador o como medio de transporte. Las operaciones más contaminantes son, el despulpado y el lavado de café, los cuales generan como mínimo 67kg DQO/ t de café y 75 kg. DQO/ t de café oro respectivamente. El agua de la pulpa está compuesta principalmente por azucares y proteínas, así como toxinas potenciales en pequeñas cantidades de cafeína, taninos y acido clorogenico que son responsables del color del agua ya que elevan el pH. El agua miel contiene básicamente ácidos orgánicos simples que provienen del mucilago como son la pectina y azucares, esta carga orgánica y los grandes volúmenes de agua utilizada en el proceso son las que dificultan la utilización de un sistema efectivo de tratamiento (Pabon *et al.*, 2008; Savigne y Romanovski, 1996).

La concentración de los productos contaminantes orgánico en el agua que se utiliza en el beneficio húmedo de café dependen del tratamiento que se le da antes de que sean de nuevo integrada en un curso hídrico. Los beneficio húmedo en general no son aislado y en los cursos hídrico llegan contaminantes origen diferente como actividades agrícolas, pecuaria o desechos humanos (Del Panta, et al., 2009).

Para poder precisar con exactitud cuál es la capacidad contaminante de los subproductos del café es necesario cuantificar, de manera precisa, cómo está compuesta la cereza de café y la disposición porcentual de estos elementos. En la definición del proceso es necesario, desde el punto de vista de la contaminación que pueda producir, incorporar otras variables que intervienen en él, como son el tiempo del proceso a partir de la cosecha y el volumen máximo de agua utilizado en el beneficio (PAN, 2007).

La actividad cafetera no es una actividad exclusivamente agrícola, al implicar un componente esencialmente industrial como es el beneficio, a partir del cual se obtiene el producto de comercialización. Este procesamiento es altamente demandante en agua, por lo que los beneficiaderos se ubican en las cercanías de los ríos, tanto para obtener el agua para el proceso mismo como una vía para expulsión de desechos. (Román, 2004)

Durante el beneficio se retiran del fruto dos estructuras que recubren al grano; la pulpa y el mucílago, actualmente existen dos técnicas de para el procesamiento del grano, las cuales son, Beneficio Húmedo y Beneficio Seco. (Mejía. et al., 2007).

El Beneficio Húmedo consta básicamente de dos etapas despulpado y fermentación natural, este ultimo tarda entre 12 y 18 horas, dependiendo de factores como la temperatura, la cantidad de café para beneficiar, la forma y el material del tanque.

El despulpado se hace con la adición de agua en las máquinas despulpadoras; de acuerdo con el manual del cafetero colombiano[1] en las labores de lavado y clasificación se consumen 20 litros de agua limpia por kilogramo de café pergamino seco y un volumen igual en el despulpado y trasporte hidráulico de la pulpa y del café en baba. Como subproductos de este proceso se desprenden las

aguas mieles y la pulpa de café, las cuales usualmente ron arrojados a los cuerpos de agua más cercanos a los beneficiaderos.

El beneficio seco del café es el proceso mediante el cual se despulpa el fruto sin utilizar agua, el mucílago es retirado mecánicamente, se lavan y se limpian los granos con un consumo específico de agua inferior a 1,0L.kg-1 de café pergamino seco, utilizando un equipo denominado Desmucilaginador, lavador y limpiador. Las mieles resultantes se mezclan con la pulpa por medio de un tornillo sinfín y de esta manera se logra retener hasta el 70% del líquido efluente y controlar el 90,8% de la contaminación potencial (1, 7). (Mejía. et al., 2007)

Las aguas mieles se deprenden como subproducto del beneficio del café; esencialmente provienen de la fermentación del grano par la separación del fruto y del mucilago. Estas aguas presentan gran contenido de carga orgánica lo cual podría afectar la calidad de cuerpos hídricos donde sean vertidas. (Pabón, Zanz, Oliveros, 2008)

---

1. Manual de cafetero colombiano 4ed. CENICAFE, 1979. Citado por Zuluaga Zambrano, Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. 1993.

JUSTIFICACIÓN

Gran cantidad de los campesinos residentes en la Sierra Nevada de Santa Marta, se dedican al cultivo del café, en muchos casos sin la utilización de herramientas tecnológicas para el procesamiento del grano, generando aportes significativos de carga orgánica a los cuerpos de agua cercanos; con la realización de este estudio se pretendió conocer los efectos del vertimiento de las aguas mieles sobre la calidad del agua de la microcuenca la Eugenia con el ánimo de aportar información relevante sobre las consecuencias que puede generar este tipo de contaminación en la región y conjuntamente proponer alternativas de solución que mitiguen estos impactos. Además de proponer una nueva línea de investigación en la Universidad del Magdalena, debido a que no existe un estudio que ahonde esta temática, abriendo las puertas de esta manera a nuevos proyectos que permitan avanzar más en la problemática, y por supuesto tecnologías que apunten hacia el mejor aprovechamiento de los subproductos generados, contribuyendo así a la conservación del ambiente y la protección de la biodiversidad amenazada por el vertimiento de agua mieles.

OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos que generan las aguas mieles en la calidad fisicoquímica del agua de la microcuenca La Eugenia, Corregimiento de San Pedro, Sierra Nevada de Santa Marta.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

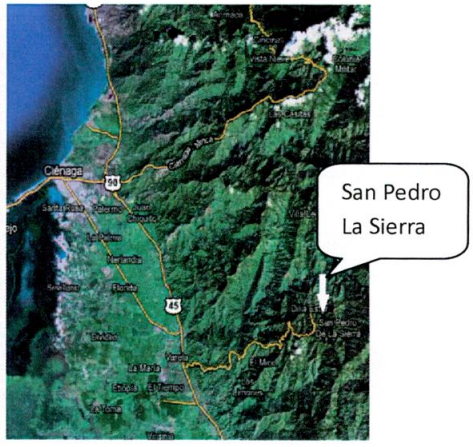
- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente las aguas de la quebrada La Eugenia y las aguas residuales producto del beneficio del café.

- Estimar la carga Contaminante generada por las fincas cafeteras, con influencia sobre la quebrada La Eugenia.

- Comparar los índices de calidad de agua (ICA) del cuerpo receptor antes y durante el período de cosecha cafetera.

6.0 METODOLOGIA

6.1 Área de Estudio



Colombia, Sur América. Dpto del Magdalena Municipio Ciénaga

Microcuenca La Eugenia

La microcuenca la Eugenia ubicada entre los 10°54'20.85" latitud Norte y 74°2´.47.46" Longitud oeste en el Corregimiento de San Pedro de la Sierra, en las estribaciones medias de la Sierra Nevada de Santa Marta, a 1360 msnm. Este corregimiento hace parte del municipio de Ciénaga, con el cual mantiene un constante intercambio económico. San Pedro de la Sierra presenta temperatura promedio de 25ºC y una precipitación promedio anual de 500mm. (PAIDS 2001).

La microcuenca la Eugenia, utilizada por las fincas cafeteras para las descargas de aguas mieles, tiene su nacimiento sobre la cabecera del corregimiento de San Pedro de la Sierra aproximadamente a 1450 m.s.n.m. y su desembocadura sobre el rio Frio a los 500 m.s.n.m.

6.2 Caracterización de las Aguas Residuales de los Procesos del Beneficio del Café.

Para esta fase se utilizó una base de datos proporcionada por el Comité de Cafeteros del Magdalena (Anexo 1); que proporciona la cantidad de fincas dedicadas al cultivo de café en San Pedro de la Sierra, independientemente del tipo de proceso y el manejo de las aguas mieles; lo que constituye el marco de referencia de esta investigación.

Existen en la actualidad 20 fincas cafeteras que vierten sus aguas residuales hacia la quebrada La Eugenia, de las cuales seis (6) utilizan beneficio seco (BELCOSUB), otras cinco (5) utilizan Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio para sus aguas residuales y dos (2) fincas a las cuales no fue posible acceder. Por tanto para la presente investigación solo se consideraron siete (7) fincas cafeteras que procesan el fruto mediante beneficio húmedo.

6.2.1 Punto de Toma de Muestra

Se tomaron muestras de todas las descargas existentes en cada beneficiadero de café seleccionado, debido a que no es posible seguir la trayectoria de las descargas, por la topografía del terreno, lo que significa que los vertimientos son difusos y no se logra apreciar el punto exacto de vertimiento de estas aguas en la quebrada; Para la ubicación de los puntos de muestreo se utilizó un geoposicionador global (GPS), a continuación se relacionan las coordenadas de cada punto.

Tabla 1: Ubicación de los beneficiaderos

Punto de muestreo	Coordenadas
Beneficiadero 1	10°54'11.54"N
	74° 2'58.30"O
Beneficiadero 2	10°54'42.71"N
	74° 3'30.50"O
Beneficiadero 3	10°54'51.72"N
	74° 3'6.63"O
Beneficiadero 4	10°55'9.92"N
	74° 3'15.98"O
Beneficiadero 5	10°55'22.86"N
	74° 3'23.45"O
Beneficiadero 6	10°55'36.07"N
	74° 3'29.99"O
Beneficiadero 7	10°55'48.02"N
	74° 3'34.56"O

6.2.2 Número y tipo de muestra

Se tomaron muestras simples, una (1) en cada uno de los beneficiaderos, teniendo en cuenta la actividad productiva, es decir, que la toma de muestra coincidiera con el periodo de mayor producción, en donde se procesan la mayor cantidad de café generando altos volúmenes de agua miel.

6.2.3 Parámetros monitoreados en las descargas de los beneficios

Los parámetros evaluados fueron escogidos de acuerdo al decreto 1594/84 sobre vertimientos de aguas residuales y de acuerdo a los evaluados en estudios similares.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
DIRECTORA
BIBLIOTECA CENTRAL

a) *Fisicoquímicos*: pH, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5), Sólidos Totales, Nitritos, Grasas y Aceites.

b) *Microbiológicos*: Coliformes Totales y Fecales

6.2.4 Medición de Caudal en los Beneficiaderos

La medición del caudal de los beneficiaderos se realizo por el método volumétrico, según los lineamientos establecidos por (Briones y García, 1997)

6.3 Caracterización De Las Aguas Superficiales

6.3.1 Selección de puntos de muestreo

Se tomaron siete (7) estaciones de muestreo a lo largo del cuerpo hídrico teniendo en cuenta las fincas seleccionadas y se eligieron los puntos de muestreo en la quebrada La Eugenia lo más cercanos posible a cada una de la fincas, en donde posiblemente estarían llegando las agua mieles ya que lo vertimientos son difusos.

6.3.2 Punto de toma de muestra

Para la ubicación de los puntos de muestreo se utilizó geoposicionador global (GPS), a continuación se relacionan las coordenadas de cada punto sobre la quebrada La Eugenia:

Tabla 2: Coordenadas puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas
Estación 1	10°54'45.05"N
	74° 3'9.17"O
Estación 2	10°54'47.44"N
	74° 3'22.67"O
Estación 3	10°55'2.97"N
	74° 3'14.97"O
Estación 4	10°55'13.93"N
	74° 3'22.15"O
Estación 5	10°55'23.10"N
	74° 3'25.94"O
Estación 6	10°55'36.30"N
	74° 3'31.18"O
Estación 7	10°55'48.27"N
	74° 3'35.42"O

6.3.3 Número y tipo de muestra

Para el muestreo en el cuerpo hídrico en cada estación se tomaron dos (2) muestras simples, en mismo instante de tiempo.

6.3.4 Parámetros muestreados en el cuerpo hídrico

a) *Fisicoquímicos*: pH, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5), Sólidos Totales, Nitritos, Grasas y Aceites.

b) *Microbiológicos*: Coliformes Totales y Fecales

Los parámetros que se analizaron en las muestras de los cuerpos de agua son los mismos que se analizaron en las descargas de aguas residuales de los beneficios para poder establecer una correlación entre los resultados obtenidos. Ver tabla 2.

Se realizaron tres periodos de muestreo: antes de cosecha, durante cosecha y después de cosecha cafetera (poscosecha).

6.3.8 Medición de Caudal de la Quebrada

La medición del caudal en la quebrada se llevo a cabo en tres secciones, utilizando el método del flotador, establecido por, (Briones y García, 1997)

6.4 Preservación, Conservación Y Ensayos Sobre Las Muestras de Agua

La preservación, conservación y los ensayos se realizaron de acuerdo a los métodos establecidos en la edición (Nº 18) del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998. Publicado por la A.P.H.A., A.W.W.A., y W.E.F. Los lineamientos para la preservación y conservación se resumen en la siguiente Cuadro:

Tabla 3: Parámetros medidos y técnicas de laboratorio utilizadas

Parámetro	Recipiente	Conservación	Volumen Muestra (ml)	Metodología de Laboratorio	Referencia
Parámetros Fisicoquímicos					
Ph	En Campo	No requiere	---	Método Potenciometrico (Standard methods) pH wtw197	4500 H
Oxigeno Disuelto			---	Método Potenciometrico oxi WTW 315 set	4500-O A
Sólidos Totales	Plástico	Refrigeradas a 4°C	300	Método gravimétrico (Standard Methods)	2540B
Nitritos			100	Sulfanilamida /colorimetría(Standard methods	4500 B
Grasas y Aceites			300	Método gravimétrico de partición	2530C
Demanda Química de Oxigeno			100	Método titulométrico, reflujo cerrado	5220B
Demanda Bioquímica de Oxigeno			600	Método de Winkler	5210 B
Parámetros Microbiológicos					
Coliformes Totales	Bolsas Plásticas estériles	Refrigeradas a 4°C	100	Fermentación en Tubos Múltiples	9222 B
Coliformes Fecales					9222 D

Las referencias fueron tomadas de la edición 18 del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998

6.5 Índices de calidad de aguas (ICA)

Se utilizo el Índice de Calidad de Agua (ICA) con el fin de estimar la calidad de las aguas de la microcuenca, antes del vertimiento de aguas mieles, para establecer una relación de esta, con el periodo de cosecha cafetera y vertimiento de aguas residuales. Según la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (NSF, 1970), como la medida o índice de contaminación de cuerpo hídrico.

El ICA es el grado de contaminación existente en el agua al momento del muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. El ICA se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$ICA = IiWi / Wi$$

Donde,
ICA = índice de calidad del agua global
Ii = índice de calidad del agua para el parámetro i
Wi = Coeficiente de ponderación del parámetro i

La contaminación de los cuerpos de agua receptores se puede medir utilizando el ICA, puesto que un ICA de 0% o cercano a 0% indica un agua altamente contaminada y un ICA del 100% indica agua de excelente calidad, Para la realización de estos cálculos se utilizó el software del Center for Environmental Quality, GeoEnvironmental Sciences and Engineering Department de Wilkes University (http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm), el cual fue desarrollado según el libro Field Manual for Water Quality Monitoring, del National Sanitation Foundation de los Estados Unidos, a continuación se presentan el rango de ICA como lo han definido como (Brown y otros, 1970). Ver anexo

Tabla 4: Calificación de la calidad del agua según

Rango	Calidad
90-100	Excelente
70-90	Aceptable o buena
50-70	poco contaminada o regular
25-50	Contaminada o mala
0-25	Altamente contaminada o pésima

Fuente: http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm

7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados a continuación fueron obtenidos del análisis en campo y en el laboratorio de muestras tomadas según la metodología planteada en el presente documento. El programa de monitoreo incluyó tres campañas de muestreo: Antes, durante y después del periodo de cosecha.

En todos los muestreos realizados se tomaron dos muestras en cada estación. Las muestras se tomaron en el mismo punto e instante de tiempo con el fin de obtener una muestra testigo.
Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de calidad de aguas de la Universidad del Magdalena.

Además para comparar los resultados mediante la norma colombiana, y el manejo de los datos dentro del software ICA. Los Coliformes Totales y Fecales, fueron analizados por medio de la técnica membrana filtrante y fermentación en tubos múltiples con el fin de expresar los resultados en las siguientes unidades:

- Numero Más Probable (NMP)

7.1 Análisis e interpretación de resultados - campaña de muestreo antes del Periodo de cosecha cafetera

La finalidad de analizar muestras del cuerpo de agua superficial antes del periodo de cosecha es obtener información relevante que sirva como "línea base" para poder establecer una relación entre las descargas de las aguas residuales de beneficiaderos de café y su impacto en el cuerpo de agua receptor.

La tabla No. 5 y 6, muestran respectivamente; los resultados consolidados de todos los parámetros analizados antes del periodo de cosecha.

Tabla 5: Resultados antes del periodo de cosecha cafetera.

PERIODO ANTES DE COSECHA CAFETERA										
Estaciones de Muestreo	**Periodo de Muestreo**	**PARAMETRO**								
		pH	**G y A**	**DQO**	**DBO**	**OD**	**ST**	**Nitritos**	**C.T.**	**C.F.**
1	Antes de Cosecha	7,0	0,62	48	11	7,9	3	< 1	28033	1445
2	Antes de Cosecha	6,9	0,71	32	11	7,4	8	< 1	26010	2023
3	Antes de Cosecha	6,6	0,65	48	13	7,7	6	< 1	30345	1445
4	Antes de Cosecha	6,6	0,93	96	15	7,8	7	< 1	33235	2601
5	Antes de Cosecha	6,9	0,85	32	14	8,4	8	< 1	31790	3468
6	Antes de Cosecha	6,9	0,65	48	12	9,8	7	< 1	31790	4046
7	Antes de Cosecha	6,6	0,86	32	13	8,1	9	< 1	34680	4913

*C.F.: Coliformes Fecales, C.T.: Coliformes Totales, G y A: Grasas y Aceites, OD: Oxigeno Disuelto, ST: Sólidos Totales

Tabla 6: Resultados del aforo de la quebrada la Eugenia antes de la cosecha cafetera

CAUDAL ANTES DE COSECHA		
Época de muestreo	Caudal en l/Seg.	Caudal en m3/Seg
Pre-cosecha(septiembre 2009)	110	0,110

7.1.1 pH Antes de Cosecha

Los resultados obtenidos mediante análisis estadístico ANOVA demuestran que el pH no presenta variaciones significativas en la estaciones sobre la quebrada La Eugenia cuando los beneficiaderos se encuentran cerrados. (Anexo 1)

El pH máximo se registró en la estación 1 con un valor de 7, el pH más bajo se dio en la estación 3 y 7 con un valor de 6.6 respectivamente, según Eberhard wedler 1998, los factores que influyen en los cambios del pH tienen en su mayoría origen en los minerales del suelo, en la materia orgánica en solución, en la respiración de los animales acuáticos, en el dióxido de carbono y en otras sustancias que caen con la lluvia, y para el caso de las regiones montañosas como es el caso, tiene especial influencia los ácidos húmicos.

El decreto nacional 1594 de 26 de junio de 1984 establece un pH mínimo de 5, comparando con esta norma, al momento del muestreo, la quebrada presenta niveles de pH aceptables para contacto directo e indirecto y para la preservación de fauna y flora.

7.1.2 Grasas y Aceites Antes de Cosecha

Con la implementación de análisis estadístico ANOVA se permitio concluir que no existen cambios significativos a lo largo de las estaciones (Anexo 1). La estación 4 registró la concentración más alta con un valor de 0.93 mg/l y la estación 1 se midió la concentración más baja con un valor de 0.62 mg/l. Teniendo en cuenta lo anterior y lo expresado en el decreto nacional 1594 de 26 junio del 1984, no se logra apreciar película visible de grasas y aceites flotantes en el cuerpo hídrico antes del periodo de cosecha, lo que significa que la quebrada presenta niveles aceptables para este parámetro antes de la época de vertimiento de aguas mieles.

7.1.3 Demanda Química de oxigeno (DQO) Antes de Cosecha

Mediante análisis estadístico aplicado a este parámetro (Anexo 1) los niveles de DQO monitoreados no presentan diferencias significativas, comparando las diferentes estaciones de muestreo. Los datos oscilan entre 32 y 96 mg/l, se registró la concentración más alta con 96 mg/l en la estación 4 y la concentración mínima en la estación 2, 5 y 7 con un valor de 32 mg/l. A pesar de no ser niveles normales para aguas naturales, estos datos se pueden considerar aceptables debido a las características selváticas del sitio de muestreo. Romero Rojas 2004

7.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)

Mediante análisis estadístico (Anexo 1) se logro establecer que no existen diferencias significativas entre las estaciones muestreadas. Los niveles de DBO_5 se encuentran por encima de 11 mg/l, siendo ésta la concentración la más baja presente en las estaciones 1 y 2, y 15 mg/l la concentración más alta en la estación 4. Al igual que el parámetro anterior estos valores son considerados altos para aguas naturales, pero podrían considerarse aceptables debido a la proveniencia selvática de esta quebrada.

7.1.5 Oxigeno Disuelto (OD) Antes de Cosecha

Al igual que la DBO_5, los niveles de oxigeno disuelto no mostraron cambios significativos a lo largo de las estaciones, presentando un nivel más alto de 8,10 mg/l en la estación 7 y el nivel mínimo de 7,40 en la estación 2. Lo que indica que la "salud" del rio es admisible, ya que es ampliamente aceptado debido a que se requiere un mínimo de 6 a 7 mg/l o 70% de saturación de oxigeno disuelto para que la vida acuática pueda subsistir. Así lo establecen las normas primarias y secundarias de calidad de agua de Chile, Brasil, España y Perú.

7.1.6 Sólidos Totales antes de cosecha

Los resultados estadísticos (Anexo 1) de este parámetro coinciden con los demás en concluir que no existen diferencias significativas de este parámetro en las

estaciones de muestreo. Además bibliografía citada para esta investigación permite concluir que debido a que estos sólidos son la sumatoria de todos los sólidos, y las muestras fueron tomadas de agua natural no se consideran altos respecto a la fuente de las muestras.

7.1.7 Coliformes Totales Antes de Cosecha

Antes del periodo de cosecha, el conteo de bacterias coliformes no presentó variaciones significativas a los largo de las estaciones. Se encontró concentraciones de bacterias que oscilaban entre 1530 y 2040 NMP, siendo 1530 la mínima concentración bacteriana presente en la estación 1 y 2040 la máxima cantidad de bacterias presentes en la estación 6.

7.1.8 Coliformes Fecales Antes de Cosecha

Si bien es cierto, los coliformes fecales no son un parámetro a considerar en las descargas de los beneficiaderos de café puesto que estos son indicadores de la presencia de heces humanas y animales, y no son característicos del proceso de beneficio, sin embargo se tuvieron en cuenta para la presente investigación ya que podrían afectar significativamente el valor del ICA durante la cosecha cafetera.

En esta etapa lo coliformes fecales registraron valores que oscilan entre 85 y 289 NMP, presentándose la mínima en la primera estación y el mayor dato se registro en la estación 6 de la quebrada La Eugenia.

7.2 Carga Contaminante en el cuerpo receptor antes de la cosecha cafetera (CCa)

A partir de los resultados obtenidos y el caudal del cuerpo receptor, se puede estimar la carga contaminante antes del periodo de cosecha.

La carga contaminante se calcula según la fórmula

$$CC_a = Q * [C]$$

De donde,

CC_a = Carga contaminante en unidad de masa por unidad de tiempo, antes del periodo de cosecha.

Q = Caudal Promedio de la quebrada antes de cosecha

[C] = Concentración promedio por DBO de la quebrada antes de cosecha

Entonces

$$CC_a = (0.110\text{m3/seg}) * (13\ \text{mg/l})$$

$$\boldsymbol{CC_a = 123.552Kg/día}$$

7.3 Análisis e interpretación de resultados - campaña de muestreo durante y después del Periodo de cosecha cafetera

Durante la cosecha, se programó tomar muestras de las descargas de aguas residuales de los beneficios de café y del cuerpo de agua receptor de dichas descargas. Estos datos, junto con la información obtenida antes de cosecha, pueden ayudar a establecer una relación entre las aguas residuales de esta agroindustria y su impacto en las aguas superficiales.

La campaña de muestreo durante la cosecha se realizó entre los meses de noviembre y diciembre. Los resultados consolidados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de todos los puntos muestreados se presentan a continuación.

7.3.1 Caracterización de las descargas de aguas residuales de los beneficios de café.

Los parámetros fisicoquímicos medidos en campo fueron el pH y oxigeno disuelto. Los parámetros medidos en el laboratorio fueron demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO5), sólidos totales, coliformes totales y coliformes fecales. Los equipos e instrumentos para el muestreo y análisis en campo de estos parámetros están descritos en la sección 2.5.

Los resultados consolidados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de todos los beneficios muestreados se encuentran en la tabla 7 y 8.

Tabla 7. Caracterización de las descargas de aguas residuales

Beneficiaderos muestreados	Periodo de Muestreo	PARAMETROS								
		pH	Grasas y Aceites	DQO	DBO	OD	ST	Nitritos	C.T.	C.F.
Beneficiadero 1	Durante Cosecha	4,2	2,5	11760	5880	0,17	540	< 1	200	36
Beneficiadero 2		4,2	3,1	13680	6020	0,10	600	< 1	150	42
Beneficiadero 3		4,5	3	8920	1960	0,29	500	< 1	170	51
Beneficiadero 4		4,2	2,8	9120	2060	0,12	480	< 1	140	62
Beneficiadero 5		4,2	2,6	7920	3960	0,17	420	< 1	103	48
Beneficiadero 6		4,2	2,4	8340	4170	0,50	360	< 1	125	52
Beneficiadero 7		4,2	2,4	9200	4600	0,45	440	< 1	115	49

*CF: Coliformes Fecales, CT: Coliformes Totales, G y A: Grasas y Aceites, OD: Oxigeno Disuelto, ST: Sólidos Totales

Tabla 8. Aforo de los beneficiaderos

CAUDAL EN LOS BENEFICIADEROS DE FINCAS CAFETERAS		
Beneficiadero	Caudal en l/Seg.	Caudal en m3/Seg
Beneficiadero 1	0,462962963	0,000462963
Beneficiadero 2	0,476190476	0,00047619
Beneficiadero 3	0,361111111	0,000361111
Beneficiadero 4	0,509259259	0,000509259
Beneficiadero 5	0,49382716	0,000493827
Beneficiadero 6	0,714285714	0,000714286
Beneficiadero 7	0,740740741	0,000740741

7.4 Carga contaminante generada por las aguas mieles

A partir de los resultados obtenidos y los caudales de descarga medidos, se puede estimar la carga contaminante de los beneficios muestreados.

La carga contaminante se calcula según la fórmula

$$CC_m = Q * [C]$$

De donde,

CC_m = Carga contaminante en unidad de masa por unidad de tiempo, de las aguas mieles

Q = Caudal de la descarga

[C] = Concentración del contaminante en la descarga

$$CC_m = 1355.38$$

Tabla 5: Carga contamínate por demanda bioquímica de oxigeno

Beneficiadero	Caudal (m3/seg)	Duración de la descarga en horas	DBO (mg/l)	Carga contaminante kg/día (según horas de producción)	Carga contaminante Kg/día (24hr)	Carga contaminante ton/día (24hr)
Beneficiadero 1	0,000462963	6	5880	58,8	235,2	0,2352
Beneficiadero 2	0,00047619	7	6020	72,24	247,68	0,2477
Beneficiadero 3	0,000361111	5	1960	12,74	61,152	0,0612
Beneficiadero 4	0,000509259	6	2060	2,41	9,64	0,0096
Beneficiadero 5	0,000493827	4,5	3960	31,68	168,96	0,169
Beneficiadero 6	0,000714286	3,5	4170	37,53	257,349	0,2573
Beneficiadero 7	0,000740741	3	4600	36,8	294,4	0,2944
(CCm)Total				**252,2**	**1274,381**	**1,2744**
Máximo				72,24	294,4	0,2944
Mínimo				2,41	9,64	0,0096

*DBO: demanda biológica de oxigeno * La duración de la descarga se obtuvo de las visitas a campo.

El efecto que tienen estas descargas sobre el cuerpo receptor será presentado en la sección 8 de este documento.

7.5 Características fisicoquímicas del agua de la quebrada durante y después del periodo de vertimiento de aguas mieles.

Tabla 9. Resultados - campaña de muestreo durante y después el periodo de cosecha.

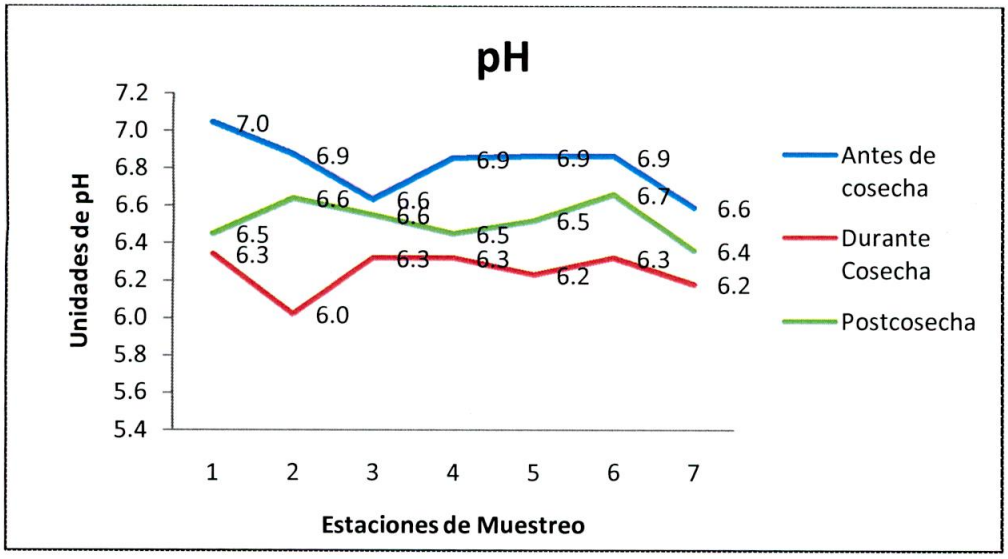
Estaciones de Muestreo	Periodo de Muestreo	PARAMETRO								
		pH	Grasas y Aceites	DQO	DBO	OD	ST	Nitritos	C.T.	C.F.
Estación 1	Durante Cosecha	6,3	1,02	240	46	5,26	270	< 1	3400	2244
	Después Cosecha	6,5	0,85	80	15	6,15	48	< 1	2720	476
Estación 2	Durante Cosecha	6,0	1,12	400	51	4,96	300	< 1	8160	2686
	Después Cosecha	6,6	0,89	72	17	6,14	98	< 1	2550	646
Estación 3	Durante Cosecha	6,3	0,98	200	48	5,89	250	< 1	9248	3757
	Después Cosecha	6,6	0,77	68	16	6,01	82	< 1	3196	629
Estación 4	Durante Cosecha	6,3	1,1	220	50	5,88	240	< 1	11560	5780
	Después Cosecha	6,5	0,69	108	18	6,08	82	< 1	3332	663
Estación 5	Durante Cosecha	6,2	1,08	180	45	5,82	210	< 1	14535	9690
	Después Cosecha	6,5	0,73	70	19	6,78	68	< 1	3570	714
Estación 6	Durante Cosecha	6,3	1,03	240	43	6,12	180	< 1	15249	11560
	Después Cosecha	6,7	0,85	75	20	6,05	98	< 1	3740	816
Estación 7	Durante Cosecha	6,2	1,04	160	46	5,32	170	< 1	16184	11203
	Después Cosecha	6,4	0,84	82	19	6,02	86	< 1	3825	986

*CF: Coliformes Fecales, CT: Coliformes Totales, G y A: Grasas y Aceites, OD: Oxigeno Disuelto, ST: Sólidos Totales

Tabla 10. Aforo del cuerpo hídrico durante y después de vertimiento de aguas mieles

CAUDAL DE LA QUEBRADA LA EUGENIA		
Época de muestreo	Caudal en l/Seg.	Caudal en m3/Seg
Durante cosecha (noviembre 2009)	180	0,180
Post-cosecha (febrero 2010)	120	0,120

Grafica 1: pH En Los Tres Periodos Muestreados



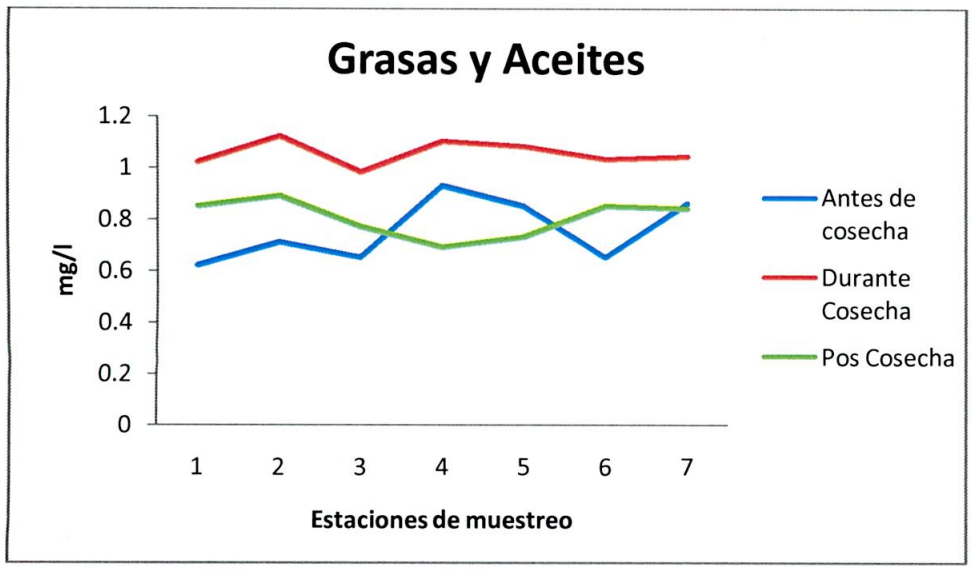
7.5.1 pH De La Quebrada Durante El Vertimiento De Aguas Mieles

Los resultados de los análisis estadísticos demuestran que el pH de las aguas de la quebrada varía significativamente durante la cosecha cafetera con respecto a los otros periodos de muestreo. La variación máxima fue de 0,9 unidades de pH. Dicho cambio se presento en la estación dos que antes de la cosecha cafetera tuvo un pH de 6,9 y durante la cosecha se midió un pH de 6,0; este a la vez fue el mínimo registro de pH durante el muestreo. El máximo se midió antes de la cosecha en la estación 1 con un valor de 7.

Romero Rojas (2004), considera que el pH puede ser muy restrictivo para la vida acuática, y que los valores óptimos de este parámetro oscilan entre 6.5 y 8.5 unidades de pH. Mientras que INCODER (2006), precisa que pequeñas

variaciones de pH podrían afectar drásticamente la vida acuática, considerando que a pH ácidos las branquias de los peses pueden afectarse produciendo problemas de respiración en los animales acuáticos.

Grafica 2: Grasa y Aceites En los Tres Periodos Muestreados



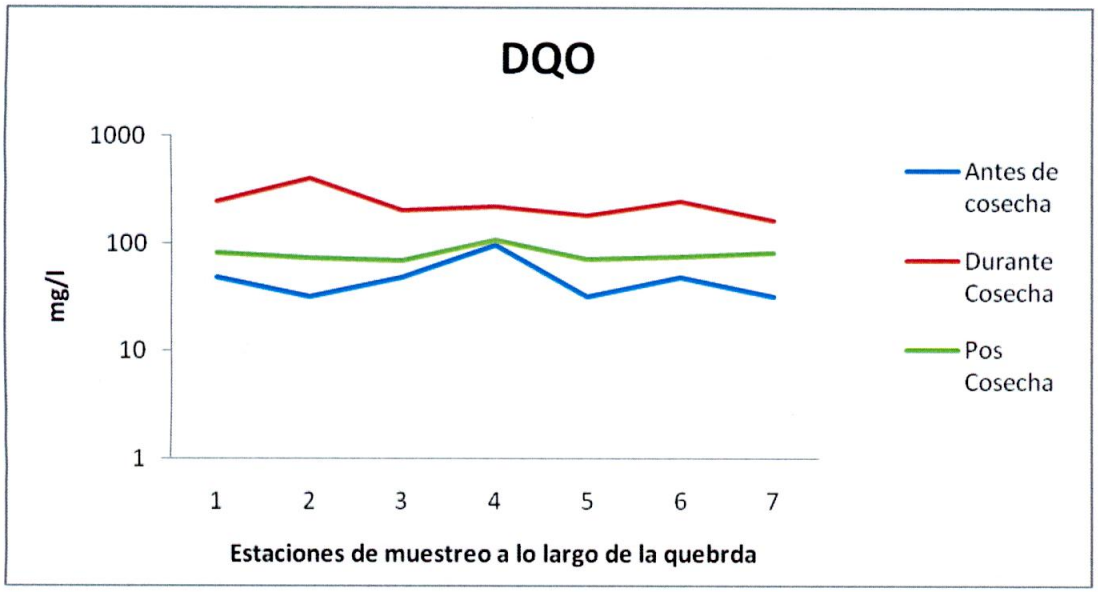
7.5.2 Grasas y Aceites De La Quebrada Durante El Vertimiento De Aguas Mieles.

Teniendo en cuenta la aplicación de la técnica de Tukey se llega a la conclusión que existen diferencias significativas entre los datos, tomados durante el vertimiento de las aguas mieles y los datos tomados en las otras dos campañas de muestreo. Los valores promedios de de grasas y aceites en las aguas de la quebrada durante la época cafetera tienden a sufrir un incremento, en comparación con las campañas antes y después de cosecha. Para Romero Rojas 2004, este tipo de sustancias provienen, generalmente de mantequilla, manteca, margarina, aceites, hidrocarburos y carnes, causan iridiscencia y podrían afectar drásticamente la actividad biológica, debido a la dificultad para su degradación.

A saber; lo que podría estar afectando la variación de este parámetro no sería directamente el vertimiento de aguas mieles, sino indirectamente la cosecha cafetera debido, a que para la época cafetera la población en el corregimiento de

San Pedro aumenta, lo que podría aumentar la escorrentía de guas negras domiciliarias, la cuales son mas tendientes a presentar este tipo de sustancias.

Grafica 3: Demanda Química de Oxigeno en los tres periodos de muestreo



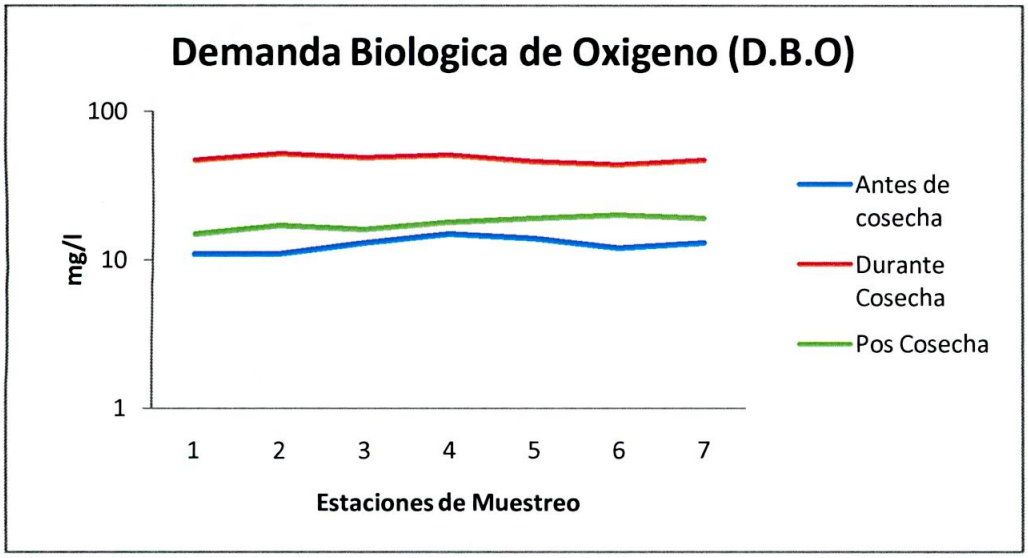
7.5.3 Demanda Química De Oxigeno Durante Los Vertimientos De Aguas Mieles:

De acuerdo a bibliografía citada para esta investigación, la DQO es un parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua que se mide a partir de la cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene. Dicha prueba consiste básicamente en acelerar artificialmente la biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada.

Este parámetro fue sometido a la técnica estadística de Tukey, respondiendo a las mismas conclusiones que el resto de parámetros, si existen diferencias significativas entre la época de cosecha y los otros dos periodos de muestreo. Según Pujol et al., 2001, considera que altos niveles de DQO están ligados a altos niveles de materia orgánica en el agua; para este caso es fundamental tener en cuenta los análisis realizados a las aguas de los beneficiaderos (sección 7.3.1) los cuales demuestran los altos niveles de DQO de las aguas mieles, que son aportados a las aguas de la quebrada.

El mayor dato se registro en la estación 2 Durante la cosecha, con una concentración de 400mg/l, y el menor de dio en las estaciones 2 y 5 con 32 mg/l antes de la época de vertimiento de aguas mieles. Este cambio drástico de concentración tendría que ver con la cercanía del la estación dos al Beneficiadero de mayor tamaño en la población.

Grafica 4: Demanda Biológica De Oxigeno En Los Tres Periodos De Muestreo



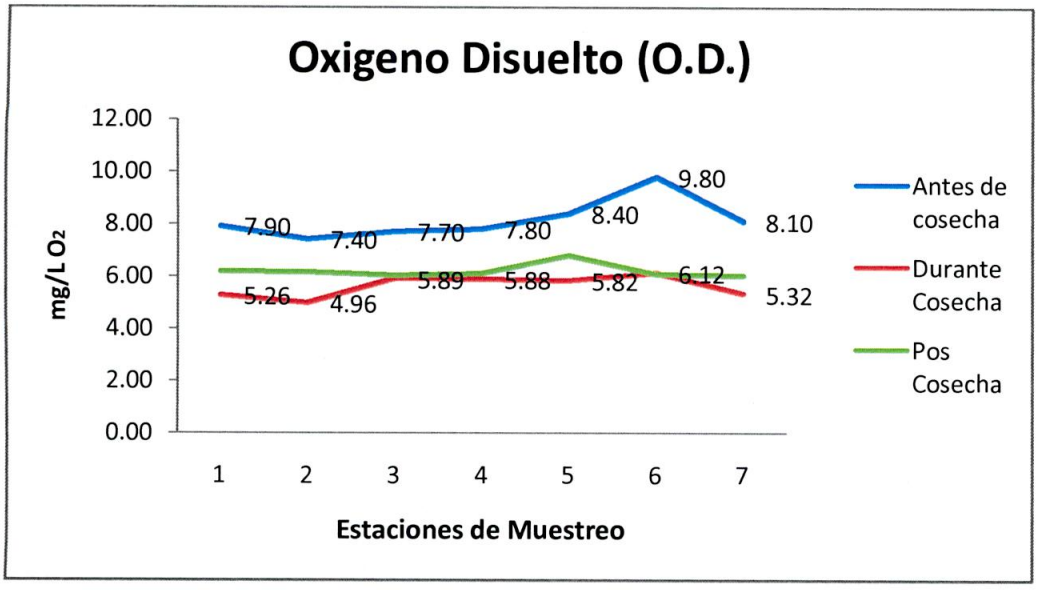
7.5.4 Demanda Bioquímica de oxigeno durante el vertimiento de aguas mieles

La DBO Al igual que la DQO son los métodos más usados en la determinación de contaminación por materia orgánica. La demanda bioquímica de oxigeno se registro en 5 días DBO5; el dato registrado es equivalente a la metería orgánica en suspensión que sirve para consumo de las bacterias y equivalente también a la producción de CO2 expresada en su respiración (Eberhad Wedler 1998).

La mayor concentración de DBO se midió en la estación 2 con 51 mg/l durante el vertimiento de aguas mieles; y el menor dato se registro en las estaciones 1y 2 antes del periodo de cosecha.

El cambio en estos datos demuestra la influencia que tiene el vertido de las aguas mieles sobre la calidad del agua de la quebrada y las contribuciones de materia orgánica que son aportados por estas.

Grafica 5: Oxigeno Disuelto En Los Tres Periodos De Muestreo



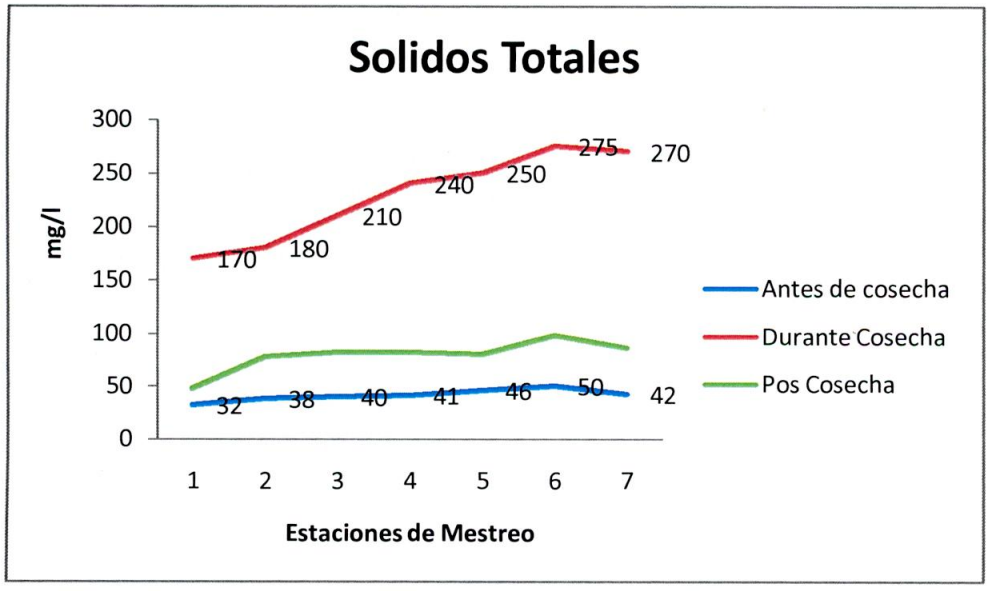
7.5.5. Oxigeno Disuelto en la quebrada durante el vertimiento de las aguas mieles:

Este al igual que el resto de parámetros, los datos de OD fueron sometidos a la técnica estadística Análisis unifactorial (Anova). Semejante al resto de parámetros se observa diferencia entre la época cafetera y los demás periodos de muestreo. Todos los datos fueron medidos *in situ* con equipo multiparametro; la mayor concentración de oxigeno disuelto en las aguas fue medido en la época antes del vertimiento de aguas mieles y se registro en la estación 6 con 9.8 mg/l O_2. El menor se dio durante la época de cosecha cafetera en la estación 2 con 4.92 mg/l O_2.

El oxigeno es considerado entre los gases disueltos en el agua el más importante y uno de los factores limitantes para la vida acuática, en el proceso de conversión de alimentos en energía o biomasa, casi todos los organismos respiran oxigeno. Este gas entra al agua desde la atmosfera a través de su superficie; y también es producido como subproducto de la fotosíntesis de las plantas subacuáticas, y el

fitoplancton. Un déficit de oxigeno siempre indica que en el ecosistema hay un gasto principalmente por respiración que es mayor que el aporte nuevo, la dimensión de este déficit informa sobre el grado de contaminación por materia orgánica, lo que origina altas concentraciones de sólidos en suspensión, disminuyendo el contacto con el oxigeno atmosférico impidiendo la aireación natural, al tiempo que se disminuye la cantidad de luz que entra al sistema dificultando también el proceso fotosintético (Eberhad Wedler 1998) Mientras que Romero Rojas 2004, sustenta que la baja disponibilidad de oxigeno limita la capacidad auto-purificadora de los cuerpos de agua. ICONDER 2006 advierte que bajas drásticas de oxigeno ocasionan inapetencia, baja resistencia a enfermedades, bajo aprovechamiento de alimentos, incluso la muerte de muchos organismos acuáticos.

Grafica 6: Sólidos Totales En Los Tres Periodos De Muestreo



7.5.6 Sólidos Totales En La Quebrada Durante Le Vertimiento De Aguas Mieles.

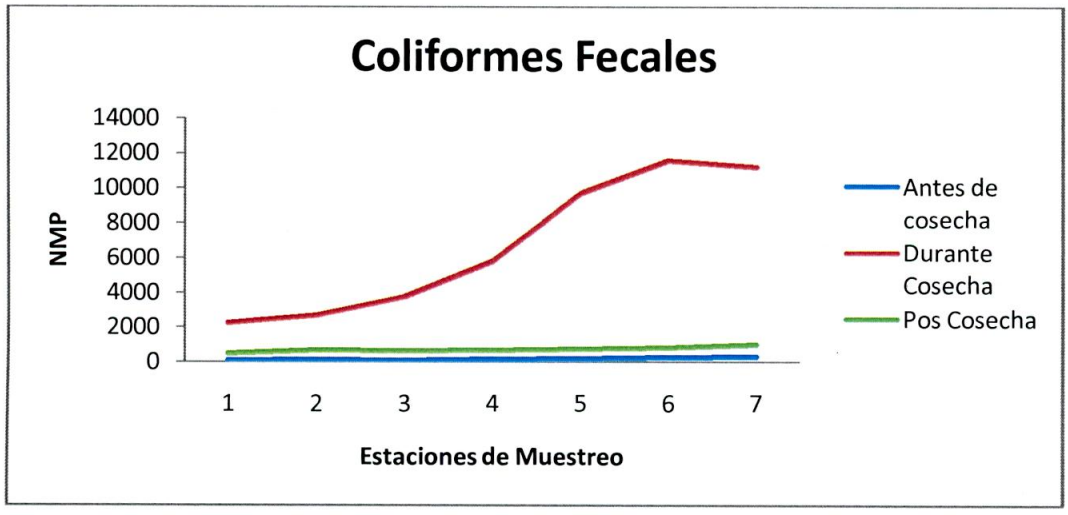
Mediante análisis de Tukey se logro determinar que existen diferencias entre los datos medidos en cosecha cafeteras y los restantes dos muestreos. Lo que nos lleva a pensar en que el vertimiento de aguas mieles tiene influencia en la variación de este parámetro en las aguas de la quebrada. Para esto también es

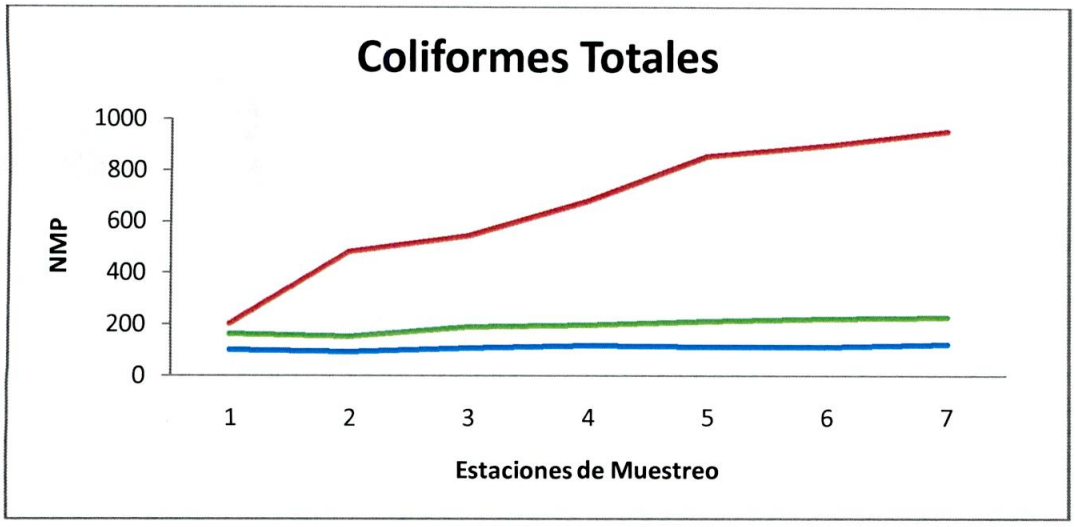
importante anotar que hacia la quebrada también son arrojados desechos sólidos del café. Otro factor a tener en cuenta y de acuerdo con bibliografía citada un factor que favorece mucho el incremento de sólidos en las aguas son las aguas lluvias, considerando que estas aumentan el arrastres de sedimentos del suelo y por escorrentías podrían estar llegando a la quebrada. Todo esto teniendo en cuenta que la época cafetera coincide con la época de lluvia comprendida entre los meses de noviembre y diciembre.

7.5.7 Nitritos.

Los resultados de Nitritos de todos los puntos muestreados, al igual que en las aguas mieles, estuvieron por debajo de 0.1 mg/L, límite de detección del instrumento utilizado para el análisis; comparando la norma Colombiana, los niveles registrados de nitritos se encuentran por debajo de los límites establecidos según el decreto 1594 del 84.

Graficas 7 y 8: Parámetros Microbiológicos en los tres periodos de muestreo





Es notorio el incremento de las cantidades de coliformes presentes en el agua de la quebrada La Eugenia, aunque a diferencia de los anteriores datos, el incremento de coliformes no parece estar relacionado con las cantidades presentes en el agua miel.

7.6. Carga Contaminante en el cuerpo receptor durante de la cosecha cafetera (CCd)

A partir de los resultados obtenidos y el caudal del cuerpo receptor, se puede estimar la carga contaminante durante el periodo de cosecha.

La carga contaminante se calcula según la fórmula

$$CC_d = Q * [C]$$

De donde,

CC_d = Carga contaminante en unidad de masa por unidad de tiempo, durante el periodo de cosecha.

Q = Caudal Promedio de la quebrada durante la cosecha cafetera

[C] = Concentración promedio por DBO de la quebrada durante el vertimiento de aguas mieles

Entonces

$$CC_d = (0.180\text{m3/seg}) * (47\ \text{mg/l})$$

$$\boldsymbol{CC_d = 730.94Kg/día}$$

7.7 Carga Contaminante en el cuerpo receptor después de la cosecha cafetera (CCp)

A partir de los resultados obtenidos y el caudal del cuerpo receptor, se puede estimar la carga contaminante después del periodo de cosecha.

La carga contaminante se calcula según la fórmula

$$CC_p = Q * [C]$$

De donde,

CC_p = Carga contaminante en unidad de masa por unidad de tiempo, postcosecha.

Q = Caudal Promedio de la quebrada después de la cosecha cafetera

[C] = Concentración promedio por DBO de la quebrada durante el vertimiento de aguas mieles

Entonces

$$CC_d = (0.120\text{m3/seg}) * (10\ \text{mg/l})$$

$$\boldsymbol{CC_d = 186.62Kg/día}$$

8.0 RELACIÓN ENTRE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE LOS DE BENEFICIADEROS DE CAFÉ Y LA CALIDAD DE AGUA DEL CUERPO RECEPTOR

A partir de los resultados obtenidos en las campañas de muestreo antes y durante cosecha cafetera, se puede establecer una relación entre las descargas de aguas residuales de los procesos de beneficio de café y la calidad del cuerpo hídricos que recibe estas descargas. Se compararán los valores de los indicadores de calidad de agua más importantes monitoreados en este estudio, los índices de calidad de agua del cuerpo receptor y los cambios en los indicadores de calidad de agua después de las descargas de los beneficiaderos al cuerpo receptor.

8.1 Comparación de los índices de calidad de agua (ICA) del cuerpo receptor antes y durante la cosecha cafetera.

Los índices de calidad de agua ICA fueron calculados para las dos épocas de muestreo Antes y durante, y después del vertimiento de aguas mieles.

Para establecer una "línea base" o referencia y poder observar el cambio en el cuerpo hídrico cuando es objeto de las descargas de los procesos de beneficio de café. Los cambios en los ICA en cada periodo de muestreo se encuentran plasmados en la tabla N° 11.

Tabla 11: Índice De Calidad De Agua De la Quebrada La Eugenia, Antes Y Durante La Cosecha Cafetera

ICA AGUAS DE LA QUEBRADA		
ICA	Calidad	Periodo muestreado
70	Aceptable o Buena	Antes de Cosecha
39	Contaminada o Mala	Durante Cosecha
58	Poco contaminada o Regular	Después de Cosecha

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 1	Antes de Cosecha	**1445**	**3**	**92,6**	**7**	**11**	**<1**	**1,4**	**0,62**	**48**	**65**
	Durante Cosecha	2244	270	58,1	6,3	46	< 1	4,4	1,02	240	44
	Después Cosecha	476	48	72,7	6,5	15	< 1	0,9	0,85	80	60

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 2	Antes de Cosecha	**2023**	**8**	**87,0**	**6,9**	**11**	**<1**	**1,2**	**0,71**	**32**	**64**
	Durante Cosecha	2686	300	55,2	6	51	< 1	4	1,12	400	42
	Después Cosecha	646	98	72,5	6,6	17	< 1	1	0,89	72	59

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 3	Antes de Cosecha	**1445**	**6**	**89,5**	**6,6**	**13**	**<1**	**1,8**	**0,65**	**48**	**62**
	Durante Cosecha	3757	250	65,3	6,3	48	< 1	4,2	0,98	200	47
	Después Cosecha	629	82	71,3	6,6	16	< 1	0,7	0,77	68	59

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 4	Antes de Cosecha	**2601**	**7**	**91,4**	**6,6**	**15**	**<1**	**1,4**	**0,93**	**96**	**61**
	Durante Cosecha	5780	240	65,4	6,3	50	< 1	4	1,1	220	46
	Después Cosecha	663	82	72,3	6,5	18	< 1	0,6	0,69	108	58

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 5	Antes de Cosecha	**3468**	**8**	**97,3**	**6,9**	**14**	**<1**	**2**	**0,85**	**32**	**63**
	Durante Cosecha	9690	210	64,1	6,2	45	< 1	4,5	1,08	180	45
	Después Cosecha	714	68	80,5	6,5	19	< 1	0,7	0,73	70	60

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 6	Antes de Cosecha	**4046**	**7**	**115,5**	**6,9**	**12**	**<1**	**1,1**	**0,65**	**48**	**63**
	Durante Cosecha	11560	180	68,1	6,3	43	< 1	4	1,03	240	48
	Después Cosecha	816	98	71,7	6,7	20	< 1	0,8	0,85	75	58

Estaciones de Muestreo	Periodo de muestreo	Col.Fecal	ST, mg/l	OD, % sat	pH	DBO_5, mg/l	Nitritos	ΔT (T_{amb}= 23°C)	Grasas y Aceites, mg/l	DQO, mg/l	ICA (6 PARAM)
Estación 7	Antes de Cosecha	**4913**	**9**	**93,8**	**6,6**	**13**	**<1**	**2**	**0,86**	**32**	**61**
	Durante Cosecha	11203	170	59,2	6,2	46	< 1	4	1,04	160	43
	Después Cosecha	986	86	71,2	6,4	19	< 1	0,9	0,84	82	56

CONCLUSION

Los datos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada la Eugenia, fueron sometidos a la técnica de la estadística de Tukey, lo que permitió establecer que las aguas de la quebrada presentaron características diferentes en todos los periodos de muestreo, debido a esto se logra concluir que las aguas mieles están afectando la calidad del agua de la microcuenca. Ya que las características básicas de estas aguas cambian significativamente en la época de cosecha cafetera.

En el análisis de las graficas de los periodos de muestreo (Sección 8.5, Características De Las Aguas De La Quebrada Durante Y Después Del Los Vertimientos), se logra apreciar que durante la época cafetera los parámetros cambian significativamente en relación con los otros dos periodos de muestreo. Esto debido a la cantidad y concentración del contaminante que es arrojado a las aguas de la quebrada (agua miel)

El análisis fisicoquímico y microbiológico realizado a las aguas mieles permite concluir que estas presentan altos niveles de DBO, DQO y ST. Lo cual advierte de la peligrosidad de arrojar estos desechos sin un tratamiento previo de disminución de la carga contaminante a los cuerpos de agua.

Los datos también fueron sometidos a cálculos de carga contaminante, y los resultados son evidentes, al inicio de los muestreos el dato registrado fue de 123,552Kg/día; cifra que se ve afectada por el vertimiento de las aguas mieles, reflejado en un aumento de 730.Kg/día lo que significa un incremento de aproximadamente 4.9 veces el dato inicial. Este dato de carga contaminante desciende a 186,624 en el periodo de post-cosecha. De lo cual se puede concluir que durante el vertimiento de las aguas mieles las aguas de la quebrada se ven afectadas por la cantidad de carga contaminante que reciben.

Igualmente los datos fueron sometido al software del Center for Environmental Quality, GeoEnvironmental Sciences and Engineering Department de Wilkes

DIRECTORA

University, del cual se puede concluir que si existe un cambio en la calidad del agua debido al hecho que antes de la cosecha el ICA calculado fue 70, considerándose un agua de buena calidad; este dato varia para la época cafetera a un dato de 39 puntos el cual releja un agua contaminada; y por ultimo el muestreo después de la cosecha mostro un puntaje de 58 indicando aguas consideradas como poco contaminada o mala; lo que refleja también la afectación que sufren las aguas debido al vertido de aguas mieles.

BIBLIOGRAFÍA

- AMAYA L.F., *et.* Paquete Tecnológico para la Producción de Café. No. 6. FONAIAP. Maracay, Venezuela. 1988.
- HADDIS, A., R. Devi. Effect of effluent generated from coffee processing plant on the water bodies and human health in its vicinity. Journal of Hazardous Materials 152 (2008) 259–262.
- Braham J. y R. Bressani. 1978. Coffee pulp. Composition, technology and utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canadá.
- Pérez, N. 2002. Obtención del carbón activado a partir del residual sólido generado en el beneficio húmedo del café. Tesis de Maestría.
- Ramirez J. 1998. Coffee pulp is a by product, not a waste. Tea Coffee Trade J., 170: 116-123.
- Ramírez J. 1997. Compuestos fenólicos de la pulpa de café: Cromatografía de papel de la pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. Turrialba, 37: 317-323.
- Ferrer J., G. Páez, M. Chirino y Z. Mármol. 1995. Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428.
- Ramos M., N. González, C. Ramírez y F. Sánchez. 2000. Actividad antioxidante de la pulpa de café y sus derivados. VI Jornadas Científico Técnicas Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Táchira, Venezuela. Disponible en http://www.unet.edu.ve/frey/varios/decinv/VIJCT/CIENCIAS%20RESUMENES.htm#c24
- Mayorga E. 2005. La pulpa de café: residuo o alimento. Universidad Central del Ecuador, Quito. Disponible en línea en http://www.ugr.es/~ri/anteriores/dial03/d28-3.htm
- Del Panta, L., Regio, G., Gil Pichado,D. 2009. Estudio sistema de tratamiento de las aguas mieles en Salcedo República Dominicana. Red

regional para el apoyo a las asociaciones de pequeños productores de café: Región centro americana y Caribe. República Dominicana. 27 p.

- Pérez, N., Castillo, R., Carballo, L., Veliz, J. 2006. Impacto ambiental en el cultivo y procesamiento del café y su repercusión social. Departamento de química. Cuba. 22 p.
- ZAMBRANO F., D.A. ISAZA H., J. D. 1998. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los Subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicafé 49(4): 279-289 p.
- Pabon. U., J.P; Zanz. U., J.R; Oliveros. T., C.E. 2008. Efecto de dos practicas empleadas con café desmusilaginado mecánicamente en la calidad y el impacto ambiental. CENICAFE. 59(3):214-226
- Pérez, N. 2002. Obtención del carbón activado a partir del residual sólido generado en el beneficio húmedo del café. Tesis de Maestría.
- MEJÍA G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MORENO C., E.L.; RODRÍGUEZ H., L.A. Evaluación del desempeño técnico y ambiental de un desmucilaginador de café con rotor de varillas. Cenicafé 58(2): 122-133. 2007.
- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba. Programa de educación para el desarrollo y la Conservación Escuela de posgrado. Centro agronómico tropical de Investigación y enseñanza. Tesis de posgrado. Turrialba, costa rica. 118 p
- PAN. PROGRAMA DE ACCIÓN NACIONAL. 2007. Elaboración del Anteproyecto de Norma para Descargas de Aguas Residuales de los Procesos de Beneficios de Café. Panamá. 208 p.
- Granados, C. 2004. El impacto ambiental del café en la historia Costarricense. Diálogos revista electrónica de historia. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Vol. 4 N. 002
- Alfaro, M., Rodríguez, J. 1994. Impacto ambiental del procesamiento del café en costa rica. Agrónoma Costarricense 18(2): 217-225. Costa Rica. 1994.

- Roman, J. 2004. El beneficiado del café ¿fue un factor de contaminación en la segunda mitad del siglo XIX? Diálogos revista electrónica de historia. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Vol. 4 N. 002.
- Savigne, D., Romanovsk, O.1996. Impacto de los residuales del beneficio húmedo del café en la provincia Guantánamo. Cuba. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Asociación Interamericana De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental (AIDIS). guantanamo.cuba.6 p
- CARDENAS C. J. (1998) Evaluación preliminar de una estrategia para la reducción de los lixiviados del BELCOSUB. Santa fe de Bogotá, Universidad de la sabana. Facultad de ingeniería, 76p. (Practica: ingeniería producción agroindustrial).
- CARDENAS C. J. (1999) Estrategias para reducir o eliminar la contaminación y costos de tratamiento de los lixiviados producidos por la tecnología BELCOSUB, Santa fe de Bogotá, Universidad de la sabana. Facultad de ingeniería. (Tesis en ejecución: Ingeniera producción agroindustrial).
- CENICAFÉ. (2003) disciplina química industrial. Biodigestión anaerobia de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café. Chinchiná, Cenicafé. (Proyecto Q1-01).
- COORPAMAG. 2008. Plan de Manejo de la ecorregión de la Ciénaga Grande de Santa Marta.
- HERNÁNDEZ, J; HIDALGO, G. (2000). Evaluación de 3 metodologías para reducir los niveles de Contaminantes en efluentes de tratamiento primario de las aguas residuales del procesamiento del café en Costa rica. Trabajo de Graduación. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica, 85p.
- Joaquín Viloria. (2005). Sierra Nevada de Santa Marta Economía de sus Recursos Naturales. Nº-61.
- Lauchlin Currie, (1965), *El manejo de las cuencas en Colombia. Estudio sobre el uso de las tierras*, Ediciones Tercer Mundo, Bogotá, p. 50.

- Montero A. Sandí J. A. (2009). La contaminación de las aguas mieles en costa rica un conflicto de contenido ambiental. Vol. 10.
- MINISTERIO DE LA SALUD DE SANTAFE DE BOGOTA. Decreto numero 1594 de 1984. Santa fe de Bogotá, 1984. 48p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE SANTAFE DE BOGOTA. Decretó numero 901 de 1997. santa fe de Bogotá. Ministerio., 1997. 9p.
- RODRIGUEZ V. (1997) N. Estudio de laboratorio para tratamiento de aguas residuales de café. In: CENTRO NACIONAL INVESTIGACIONES DE CAFÉ, Cenicafé. Informe anual de actividades de la disciplina de Química industrial, octubre 1996- septiembre 1997, Chinchiná, Cenicafé. 95p.

ANEXOS

ANEXO 1

ANOVA pH ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
Ph	6	0,25	0,04166667	3,43137255
Error	7	0,085	0,01214286	
TOTAL	13			

ANEXO 2

ANOVA DQO ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
DQO	6	2386,85714	397,809524	2,56888069
Error	7	1084	154,857143	
TOTAL	13			

ANEXO 3

ANOVA DBO ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
DBO	6	14,7142857	2,45238095	2,45238095
Error	7	7	1	
TOTAL	13			

ANEXO 4

ANOVA GRASAS Y ACEITES ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
GYA	6	0,16608571	0,02768095	3,39049286
Error	7	0,05715	0,00816429	
TOTAL	13			

ANEXO 5

ANOVA OD ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
OD	6	7,03448571	1,17241429	3,30743345
Error	7	2,48135	0,35447857	
TOTAL	13			

ANEXO 6

ANOVA ST ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
ST	6	761,428571	126,904762	1,56534508
Error	7	567,5	81,0714286	
TOTAL	13			

ANEXO 7

ANOVA CF ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
C.F.	6	224,857143	37,4761905	1,44536272
Error	7	181,5	25,9285714	
TOTAL	13			

ANEXO 8

ANOVA CT ANTES DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
Coliformes Totales	6	1590,71429	265,119048	1,16389673
Error	7	1594,5	227,785714	
TOTAL	13			

ANEXO 9

ANOVA pH DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
pH	6	0,19	0,03166667	2,11111111
Error	7	0,105	0,015	
TOTAL	13			

ANEXO 10

NOVA DQO DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
DQO	6	53271,4286	8878,57143	3,72155689
Error	7	16700	2385,71429	
TOTAL	13			

ANEXO 11

ANOVA DBO DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
DBO	6	106,857143	17,8095238	2,71014493
Error	7	46	6,57142857	
TOTAL	13			

ANEZO 12

ANOVA GRASAS Y ACEIETES DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
GYA	6	0,02438571	0,00406429	2,83084577
Error	7	0,01005	0,00143571	
TOTAL	13			

ANEXO 13

ANOVA OD DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
OD	6	1,63264286	0,27210714	3,5864244
Error	7	0,5311	0,07587143	
TOTAL	13			

ANEXO 14

ANOVA ST DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
ST	6	66015,25	11002,5417	3,64527338
Error	7	21128,125	3018,30357	
TOTAL	13			

ANEXO 15

ANOVA CF DURANTE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
C.F.	6	460117,429	76686,2381	3,54884532
Error	7	151261,5	21608,7857	
TOTAL	13			

ANEXO 16

ANOVA CT DURANTE DE COSECHA				
Fuente de Variación	**Grados de libertad**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrados medios**	**Valor F**
Coliformes Totales	6	656510,857	109418,476	3,53206979
Error	7	216850	30978,5714	
TOTAL	13			

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
DIRECTORA
BIBLIOTECA CENTRAL

ANEXO 17. Muestreo en la Quebrada La Eugenia

ANEX0 18. Georeferenciacion de los puntos de muestreo

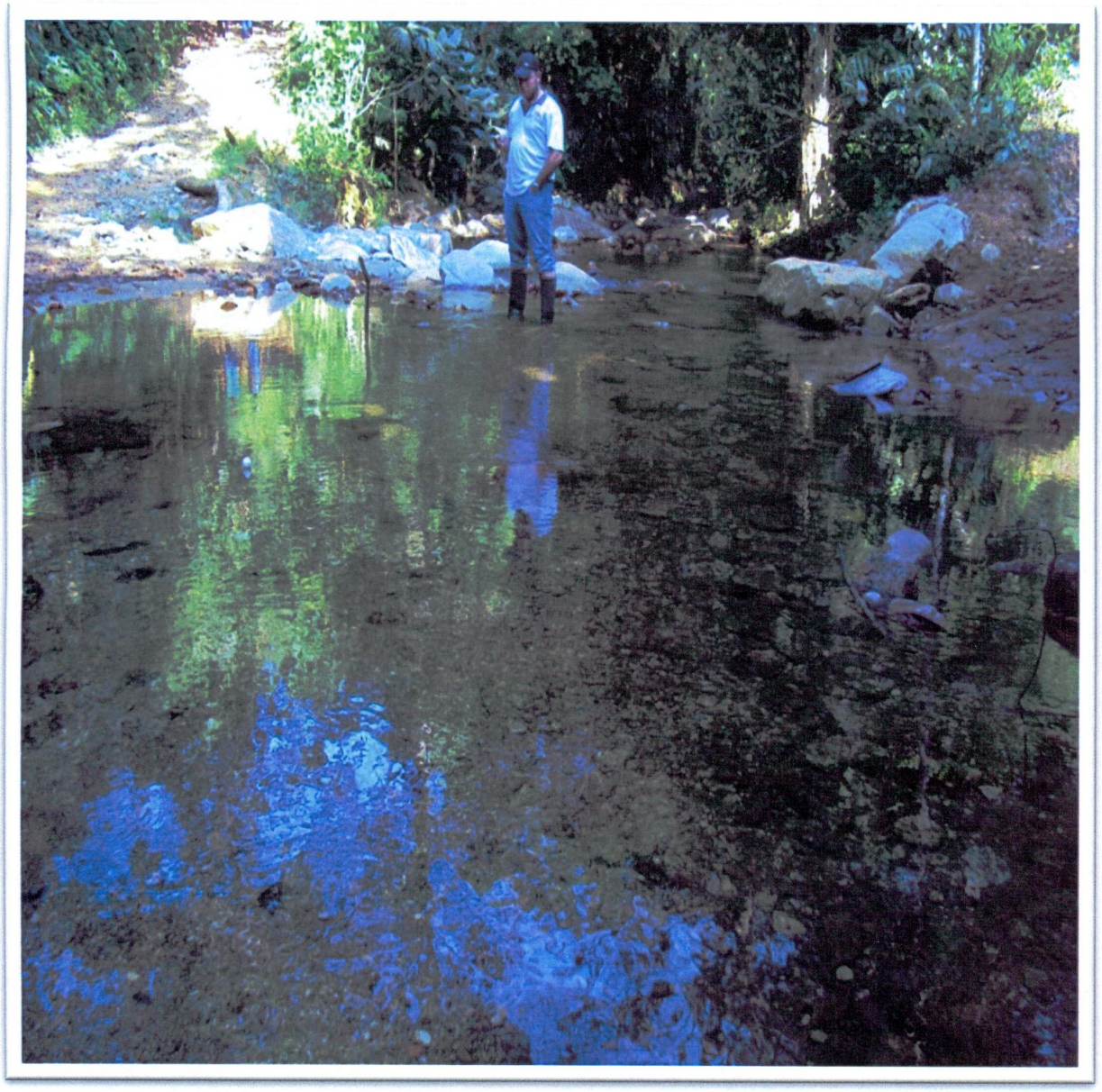
ANEXO 19. Beneficiadero ubicado a la orilla de la microcuenca

ANEXO 20. Residuos del beneficiado de café

ANEXO 21. Beneficiadero de café.

ANEXO 22. Medición del caudal de la quebrada

ANEXO 23. Medición de caudal en la microcuenca



ANEXO 24. Preservación de muestras