



Identificación del manejo de subproductos del beneficio del café en las fincas localizadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea, Vereda Alto de Reinas, Socorro-Santander



Sandra Ximena Díaz Chaparro, Edgar Rodolfo Vesga Buenahora¹
Haimar Ariel Vega Serrano²

¹ Ingenieros Ambientales. Auxiliares de investigación. Egresados Universidad Libre Seccional Socorro.
sandradiaz99@gmail.com y edgarvesga@hotmail.com

² Ingeniero civil. Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental.
Universidad Libre Seccional Socorro. haimar.vega@mail.unilbresoc.edu.co

Recepción Artículo: Febrero 18 de 2013. Aceptación Marzo 26 de 2013

EL CENTAURO ISSN: 2027 - 1212

RESUMEN

En la vereda Alto de Reinas ubicada en la microcuenca La Sancotea se realiza el beneficio del café como principal fuente de ingresos para los agricultores. En el proceso de obtención del café pergamino seco es utilizada agua, por lo que se generan vertimientos de grandes volúmenes hacia el suelo y fuentes hídricas, así como residuos sólidos. El inadecuado manejo de estos subproductos ocasiona un impacto negativo al medio ambiente, produciendo contaminación y deterioro de los recursos. Otra consecuencia es la presencia de vectores en la zona que puede ocasionar enfermedades a la población aledaña. Además, debido al consumo de agua contaminada, aumenta el riesgo de adquirir enfermedades, disminuyendo así la calidad de vida de los pobladores que se abastecen de estas fuentes hídricas.

Figura 1. Sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA) Finca La Fortuna.



El objetivo principal de esta investigación fue identificar el manejo de los subproductos del café en las fincas cafeteras ubicadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea Vereda Alto de Reinas, específicamente las aledañas a las vertientes del embalse Luis Peña, en donde por medio de encuestas y análisis se logró evaluar el tipo de beneficio de café utilizado en cada finca, el tratamiento de los subproductos, las características de los vertimientos y el grado de conocimiento de los productores en cuanto a la operación y mantenimiento de estos sistemas.

Los estudios realizados muestran que la producción del café en la vereda Alto de Reinas se realiza en un 54,2% con la tecnología Becolsub, mientras que el 45,8% aún utiliza el beneficio tradicional, provocando con esto la contaminación de grandes volúmenes de agua, causando graves impactos al ecosistema.

Palabras clave

Contaminación, sistemas de tratamiento, subproductos del café, vertimientos.

1. INTRODUCCIÓN

El procesamiento inadecuado del café genera desechos con un alto potencial de contaminación de aguas y suelos. En el café maduro, el grano es la parte aprovechable para el proceso y representa el 20% del volumen total de la fruta, de modo que la producción genera un 80% del volumen procesado en calidad de desechos. Cada elemento residual, en un grado diferente, constituye un riesgo para el ambiente si no se reutiliza de una manera inteligente para otros propósitos, aplicando principios de producción más limpia (Pierre, 2009).

1.1 Descripción del problema

La industria cafetalera está considerada como una de las más contaminantes en el mundo con alteraciones ambientales negativas. La contaminación ocasionada por estas industrias en el proceso de beneficio del café constituye un serio problema en los países productores del mismo. El procesado del fruto se realiza generalmente mediante el llamado "Beneficio Húmedo del Café", en el que se consumen 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 se vierte generalmente en los ríos, generando fuertes olores, contaminándolos, más los propios problemas sociales que esta situación trae, sobre todo, limitaciones con sus usos con fines recreativos y de sustento familiar por la contaminación de los ríos en épocas cafetaleras (Pérez et al, 2008:2).

Figura 2. Presencia de sedimentos en fuentes hídricas



Otra de las características de estas aguas vertidas es la elevada cantidad de sólidos disueltos y sólidos sedimentables con pH muy bajos, que pueden ocasionar la muerte directa de algunas especies animales y vegetales, malos olores, proliferación de vectores y aumento incontrolado de enfermedades hídricas (PROARCA, 2004:6).

1.2 Sistema modular de tratamiento anaerobio

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA) fueron diseñados en Cenicafé para descontaminar las aguas residuales generadas en el lavado del café y originados en beneficiaderos húmedos donde se retira el mucílago o baba de café por el método de fermentación natural (Rodríguez, 2006:5).

La tecnología SMTA es una de las recomendadas en cuanto a la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales del lavado del mucílago fermentado del café; donde el pH de estos residuos oscila entre 4,0 y 4,5 y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la cual expresa el déficit de oxígeno ocasionado por la contaminación presente en el agua tiene un valor cercano a 27.400 mg/l (Rodríguez, 2006:5).

Los componentes esenciales de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio son: Los Reactores Hidrolíticos-Acidogénicos RHA; la Recámara de Dosificación RD y el Reactor Metanogénico RM (Rodríguez, 2006:7).

1.3 Antecedentes

El Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé) en el 2003 diseñó los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA), con el fin de descontaminar las aguas generadas en el lavado del café y originadas en beneficiaderos húmedos donde se retira el mucílago por el método de fermentación natural. El sistema (compuesto por reactores hidrolíticos-acidogénicos (RHA), recámara de dosificación (RD) y reactores metanogénicos (RM)), logró una eficiencia en remoción de 86,6% en DQO, del 87,8% en DBO5 y pH de salida superiores a 5

unidades acordes con lo exigido en el decreto 1594 de 1984.

1.4 Pregunta problema

¿Cuál es el manejo de subproductos del beneficio del café en las fincas ubicadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea, Vereda Alto de Reinas Socorro Santander?

1.5 Justificación

La investigación se realizó con el fin de identificar el manejo dado a los subproductos generados por el beneficio del café en la vereda Alto de Reinas, Socorro-Santander, y de esta manera determinar los posibles efectos que trae consigo el manejo inapropiado de los mismos.

1.6 Objetivo general

Identificar el manejo de subproductos del beneficio del café en las fincas localizadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea, vereda Alto de Reinas Socorro Santander.

1.7 Objetivos específicos

- Establecer las condiciones actuales de producción en las fincas cafeteras de la vereda Alto de Reinas.
- Determinar las características físico-químicas de las aguas residuales generadas durante el beneficio del café en las fincas con sistema.
- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas de las vertientes del embalse Luis Peña.

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

Este proyecto se realizó en las fincas cafeteras ubicadas en la parte alta de la microcuenca La Sancotea vereda Alto de Reinas, con altitudes entre los 1620 y los 1800 msnm, una precipitación promedio anual de 2.139 mm al año, humedad

relativa de 80,4% y una temperatura máxima de 25,4°C y mínima de 15,9°C (Anuario Meteorológico cafetero, 2011: 317). El área de la vereda Alto de Reinas es vertiente al embalse Luis Peña. Es una cuenca alargada y tiene una densidad de drenaje de 2,4 km/km², que indica un drenaje pobre y por ende la evacuación de sus aguas no es eficiente. Es un terreno fuertemente ondulado con una pendiente media de 13,5%.

2.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa-descriptiva, puesto que el propósito fundamental fue identificar el manejo de los subproductos del beneficio del café y a su vez determinar la eficiencia de los sistemas de tratamiento existentes en algunas fincas.

2.3 Definición de variables e indicadores

En la tabla 1 se muestran las variables que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto de acuerdo con los objetivos establecidos.

Tabla 1. Variables y su clasificación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Producción	Cargas
	Remoción	%
Independiente	Área	ha
Interviniente	Tipo de Subproducto	-
	Tipo de beneficio	-

Los indicadores utilizados para evaluar la remoción en los sistemas son los exigidos por el decreto 1594/84.

2.4 Técnicas de investigación

La recopilación de la información se realizó mediante técnicas de observación y análisis de resultados realizados en el laboratorio a las muestras tomadas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en cada una de las fincas cafeteras monitoreadas y evaluadas.

2.5 Análisis estadístico

En la ejecución de la investigación, la técnica estadística utilizada fue cuantitativa de tipo muestreo, para determinar la remoción de cada uno de los SMTA instalados en la vereda Alto de Reinas, calculando promedios, mediana, máximos, mínimos, coeficiente de variación y desviación estándar.

2.6 Materiales: SMTA

El Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio ubicado en las fincas de la vereda Alto de Reinas y evaluado durante el desarrollo del proyecto está constituido por un reactor hidrolíticos-acidogénicos (RHA), una recámara dosificadora (RD) y un reactor metanogénico (RM).

2.6.1 Reactor hidrolítico-acidogénico (RHA)

En esta unidad se llevan a cabo las reacciones bioquímicas que conducen a la hidrólisis de compuestos de alto peso molecular, tales como la pectina y la propectina, y a su vez se acidifican los compuestos que han sido hidrolizados o que se encuentran en forma soluble como los azúcares, que hacen también parte de la composición química del mucílago.

2.6.2 Recámara dosificadora (RD)

Utiliza los principios de filtración lenta, reteniendo materia orgánica insoluble como las sustancias pécticas que no fueron hidrolizadas en el RHA, y dosificar por gravedad las aguas residuales del lavado hacia el reactor metanogénico. Posee un lecho filtrante conformado por piedras y gravilla.

2.6.3 Reactor metanogénico (RM)

Está constituido por filtros anaerobios de flujo ascendente con relleno inerte reciclado de botellas plásticas que sirven de soporte para los microorganismos. Estos reactores se deben inocular

con bacterias anaerobias que se obtienen del estiércol del ganado vacuno.

2.7 Equipos de medición

Los equipos de medición utilizados para el desarrollo del proyecto fueron el turbidímetro, fotómetro, oxitop y sensor de pH del laboratorio de aguas y microbiología de la Universidad Libre, seccional Socorro.

2.8 Procedimiento

Inicialmente se realizó una visita a la Vereda Alto de Reinas con el fin de conocer su estado inicial y ubicación exacta. Por medio de cartografía del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio El Socorro, se determinó la morfometría de la zona vertiente del embalse.

Posteriormente se aplicó una encuesta, la cual permitió identificar las condiciones actuales de las fincas cafeteras respecto a su área de cultivo, tipo de beneficio, variedad de café utilizada y producción anual, principalmente. Luego se recopiló esta información y fue digitalizada utilizando los programas Excel, AutoCAD 2012 y Arcview® 3.1, con el fin de representar estos datos geo referenciados y analizar sus características.

Se evaluaron los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA) para aguas mieles ubicadas en las fincas de la vereda Alto de Reinas, haciendo muestreos puntuales a la entrada y salida de cada sistema, determinando de esta manera la eficiencia de los mismos.

2.9 Población y muestra

Para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta un total de 24 fincas cafeteras de la vereda Alto de Reinas, de las cuales 12 cuentan con sistemas de tratamiento para las aguas mieles mientras que las 12 restantes no lo utilizan. Sólo cinco (5) de los 12 sistemas instalados estaban funcionando.

A estos cinco (5) sistemas se les realizó seguimiento y monitoreo una vez al mes durante los meses de

septiembre, octubre, noviembre y diciembre, tomando muestras de agua residual, donde se analizaron parámetros físicos (turbiedad, color y sólidos totales), químicos (DQO, DBO5, pH) y microbiológicos (Coliformes totales y fecales). Además, se tomaron ocho muestras a las vertientes del Embalse Luis Peña, las cuales se analizaron en el Laboratorio de Aguas y Microbiología de la Universidad Libre Seccional Socorro.

3. RESULTADOS

En la identificación del manejo dado a los subproductos del café por parte de los productores de la vereda Alto de Reinas fue necesario realizar visitas a cada una de las fincas en la época de beneficio (comprendida entre los meses de septiembre a diciembre de 2012), y por medio de indagación, observación y monitoreo a algunos de los sistemas de manejo implementados, se pudo obtener la información pertinente para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

3.1 Condiciones actuales de las fincas cafeteras de la vereda Alto de Reinas

Para identificar las condiciones actuales de las fincas cafeteras ubicadas en la vereda Alto de Reinas fue necesario aplicar una encuesta con información relevante como área de cultivo, tipo de beneficio utilizado, manejo de los subproductos, entre otras.

3.1.1 Área cultivada

El área total de café determinada en las 24 fincas fue de 91 hectáreas distribuidas como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Distribución del área

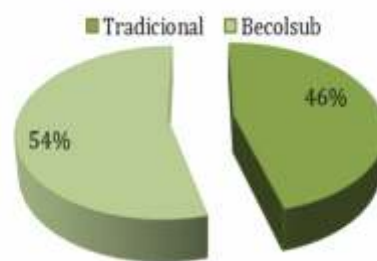


Las áreas máxima y mínima cultivadas de café en las fincas fueron de 18 y 0,25 hectáreas respectivamente, con 3,82 hectáreas de promedio. El 29,2% de las fincas tienen entre 1,01 y 2 hectáreas cultivadas, lo que corresponde a 7 fincas, como se observa en la gráfica anterior.

3.1.2 Tipo de beneficio

La figura 4 muestra que el 54% de los caficultores de la vereda Alto de Reinas utilizaban la tecnología Becolsub para la producción del grano, mientras que los demás continúan el uso del sistema tradicional.

Figura 4. Tipo de beneficio utilizado



El gran volumen de agua utilizado por estos sistemas es tomado de los aljibes de la zona o la quebrada que alimentan al embalse. En ocasiones los productores captan agua de la quebrada en pozos artificiales, ocasionando la disminución del recurso hídrico en la zona, haciendo evidente la importancia de la conversión de estos sistemas a tecnologías más ecológicas como la Becolsub.

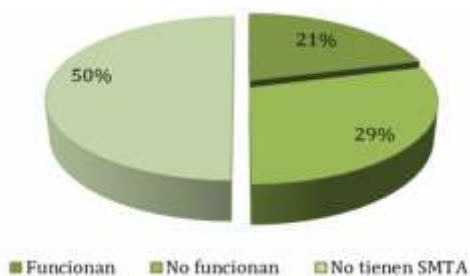
3.1.3 Manejo de residuos líquidos

Los principales residuos líquidos generados en el beneficio del café son los lixiviados provenientes de la descomposición de la cereza y el mucílago mezclado con las aguas de lavado.

Según las encuestas realizadas se encontró que el 50% de las fincas productoras de café no tiene SMTA, el 29% tienen sistema pero no lo pusieron a funcionar, mientras que el 21%, que corresponde a cinco fincas, tiene los sistemas y funcionaron durante la producción comprendida entre los meses de septiembre y diciembre de 2012.

En la figura 5 se puede observar el comportamiento descrito anteriormente.

Figura 5. Uso de SMTA en las fincas de la vereda Alto de Reinas



Los SMTA implementados por el comité de cafeteros de El Socorro estaban adaptados para los beneficiaderos tradicionales, por lo que no funcionan para beneficios con tecnología Becolsub.

3.1.4 Manejo de residuos sólidos

La pulpa es el primer subproducto que se obtiene en la producción del café pergamino seco y se obtiene en la etapa de despulpado. En la vereda Alto de Reinas la pulpa es llevada a fosas, mezclándola con aserrín, desechos de cocina o gallinaza, como se puede observar en las figuras 7 y 8.

El 83,3% de los productores utilizan la pulpa para producir abono, mientras el 16,7% restante manifestaron no utilizarla para estos fines. Además, se evidenció que no existía ningún tratamiento para los lixiviados generados en el proceso de descomposición de la pulpa. Estos lixiviados llegan al suelo generando fuertes olores en la zona, lo que trae como consecuencia la llegada de vectores que pueden generar enfermedades a los humanos.

Figura 6. Neutralización pulpa de café finca Los Caímos



Figura 7. Mezcla pulpa de café con desechos de cocina finca Palmira



3.2 Eficiencia del Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (SMTA) empleado en las fincas cafeteras

El comité de cafeteros seccional Socorro instaló en las fincas cafeteras ubicadas en la vereda Alto de Reinas quince sistemas de tratamiento para las aguas del lavado del café llamados Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA), principalmente para las fincas que utilizan el tipo de beneficio tradicional. De 12 sistemas instalados sólo funcionaron cinco (5) en la cosecha del año 2012. Las fincas en las cuales estaban ubicados estos sistemas en funcionamiento eran: Los Caímos, La Isla, Los Mandarinos, San Luicito y La Fortuna; a estos sistemas les fue realizado un monitoreo mensual durante septiembre, octubre, noviembre y diciembre de año 2012.

3.2.1 Finca La Fortuna

La finca se encuentra a una altura de 1746 msnm y tiene un área de cultivo de aproximadamente 2 ha. Durante las visitas realizadas y según las remociones obtenidas se pudo observar y concluir que este sistema presentaba algunas fallas que evitaban el funcionamiento correcto del mismo, como la ausencia de malla retenedora de sólidos, deterioro del flotador ubicado en la cámara dosificadora y su válvula de entrada sin ningún control, evitando de esta manera que se cumplieran con los tiempos de retención.

La figura 8 muestra el comportamiento del SMTA instalado en la finca La Fortuna durante los cuatro meses de muestreo, donde se puede observar una remoción promedio de turbiedad del 37%, de color del 37%, de sólidos totales del 25%, DQO del 31% y de DBO5 del 41%.

Las remociones no cumplen con el Decreto 1594 de 1984 que exige remociones superiores al 80%.

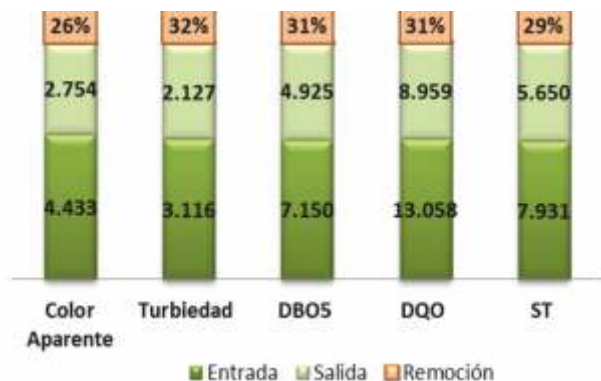
Figura 8. Comportamiento SMTA finca La Fortuna



3.2.2 Finca San Luicito

Tiene una área de cultivo de 2 ha aproximadamente y produjo 24 cargas en la cosecha de septiembre a diciembre 2011. En la figura 9 se puede observar el comportamiento de los principales parámetros analizados durante los meses de estudio (septiembre, octubre, noviembre y diciembre), donde el promedio de las remociones fue de 26% en color, 32% en turbiedad, 31% en DQO, 31% en DBO5 y 29% en sólidos totales.

Figura 9. Comportamiento del SMTA durante los meses evaluados finca San Luicito



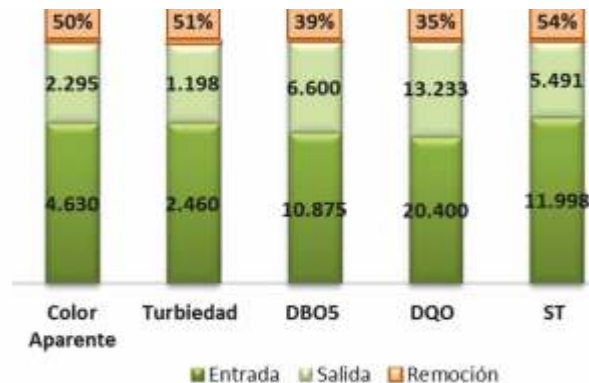
Teniendo en cuenta las remociones obtenidas durante los meses de evaluación del sistema y las observaciones realizadas en el sitio de estudio, se pudo establecer que existen fallas en la operación del SMTA, principalmente por el mal estado del flotador en la Recámara Dosificadora, el manejo de los tiempos de retención y la acumulación excesiva de mucílago en el sistema, lo cual no permite que ocurran las reacciones necesarias en cada unidad.

3.2.3 Finca Los Caímos

La figura 10 muestra el comportamiento del sistema, donde el promedio de las remociones en los parámetros evaluados fue: color 50%, turbiedad 51%, DQO 35%, DBO5 39% y sólidos totales 54%.

El SMTA instalado en esta finca fue uno de los sistemas que alcanzó mayores remociones respecto a los demás, pero aun así no obtuvo los valores máximos permisibles establecidos por el Decreto 1594 de 1984.

Figura 10. Comportamiento del SMTA en la finca Los Caímos



Durante las visitas realizadas se observó que la Recámara de Dosificación RD no tenía el flotador y se debió graduar el caudal con la válvula a la entrada de la RD.

3.2.4 Finca La Isla

Esta finca tiene un área de cultivo de café de 3 hectáreas y produjo 20 cargas de café durante la cosecha de septiembre a diciembre del 2011, para un promedio de 6,7 cargas/ha sembradas. En la figura

11 se pueden observar las remociones promedios obtenidas durante el muestreo al SMTA de la finca, donde se analizaron los parámetros color aparente, turbiedad, DBO5, DQO y sólidos totales con valores de 58%, 54%, 45%, 39% y 56% respectivamente.

Figura 11. Comportamiento del SMTA de la finca La Isla



El propietario de la finca La Isla mostró en todo momento un interés en operar correctamente el sistema, solucionando problemas como taponamiento de tuberías o rebose de aguas residuales.

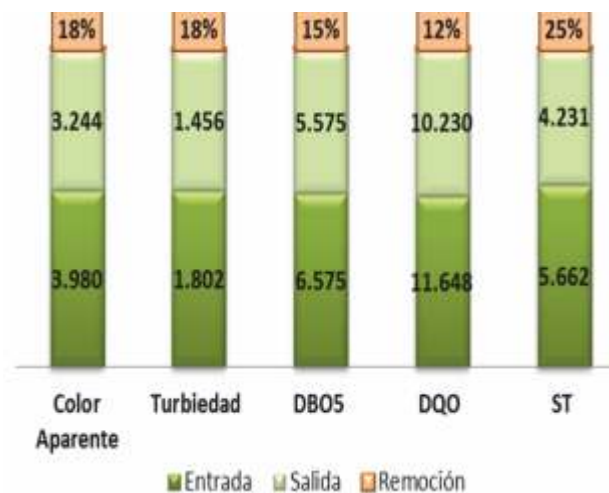
El SMTA instalado allí presentó los mayores valores en cuanto a remoción de los parámetros analizados durante los cuatro muestreos realizados, respecto a las otras cuatro fincas a las cuales se realizó seguimiento. Además, se observaron remociones por encima del 55% pero aun así no logro cumplir con lo establecido en la normativa legal vigente (Decreto 1594/1984).

3.2.5 Finca Los Mandarinos

Tiene un área de café de 2,5 hectáreas. El cultivo es principalmente Variedad Colombia, aunque está renovando a Variedad Castillo por recomendación de técnicos del Comité de Cafeteros Seccional Socorro. Produce 12 cargas de café en la cosecha de 2011.

El comportamiento de los parámetros analizados se pueden observar en la figura 12.

Figura 12. Comportamiento del SMTA de la finca Los Mandarinos



Las remociones promedio fueron de 18% de color aparente, 18% de turbiedad, 12% de DQO, 15% de DBO5 y 25% de sólidos totales. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante los meses evaluados, se puede concluir que el SMTA instalado en la finca Los Mandarinos fue el menos eficiente comparado con los otros sistemas analizados. Además, durante las entrevistas realizadas al propietario se pudo identificar que las fallas del sistema se dieron en la inoculación del Reactor Metanogénico, el tiempo de retención y la dosificación del caudal a la entrada de la Recámara Dosificadora.

3.3 Características físico-químicas y microbiológicas de las vertientes del embalse Luis Peña

Antes de iniciar el monitoreo a los SMTA fue necesario evaluar e identificar el estado inicial de las vertientes del Embalse Luis Peña, con el fin de establecer el comportamiento de las fuentes hídricas que hacen parte de la vereda Alto de Reinas durante la cosecha de café. Para esto se tomaron cuatro puntos estratégicos y se realizó un muestreo antes y después del periodo de cosecha.

En la figura 13 se muestran los puntos de las quebradas monitoreadas (P1, P2, P3, P4), además de las fincas ubicadas en la vereda Alto de Reinas que se encuentran enumeradas en la tabla 2. También se pueden ver dos puntos A1 y A2 que corresponden a

aljibes, a los cuales se les tomó una muestra para observar el comportamiento de los parámetros físico-químicos.

Figura 13. Sitio de toma de muestra en la quebrada Aguilitas

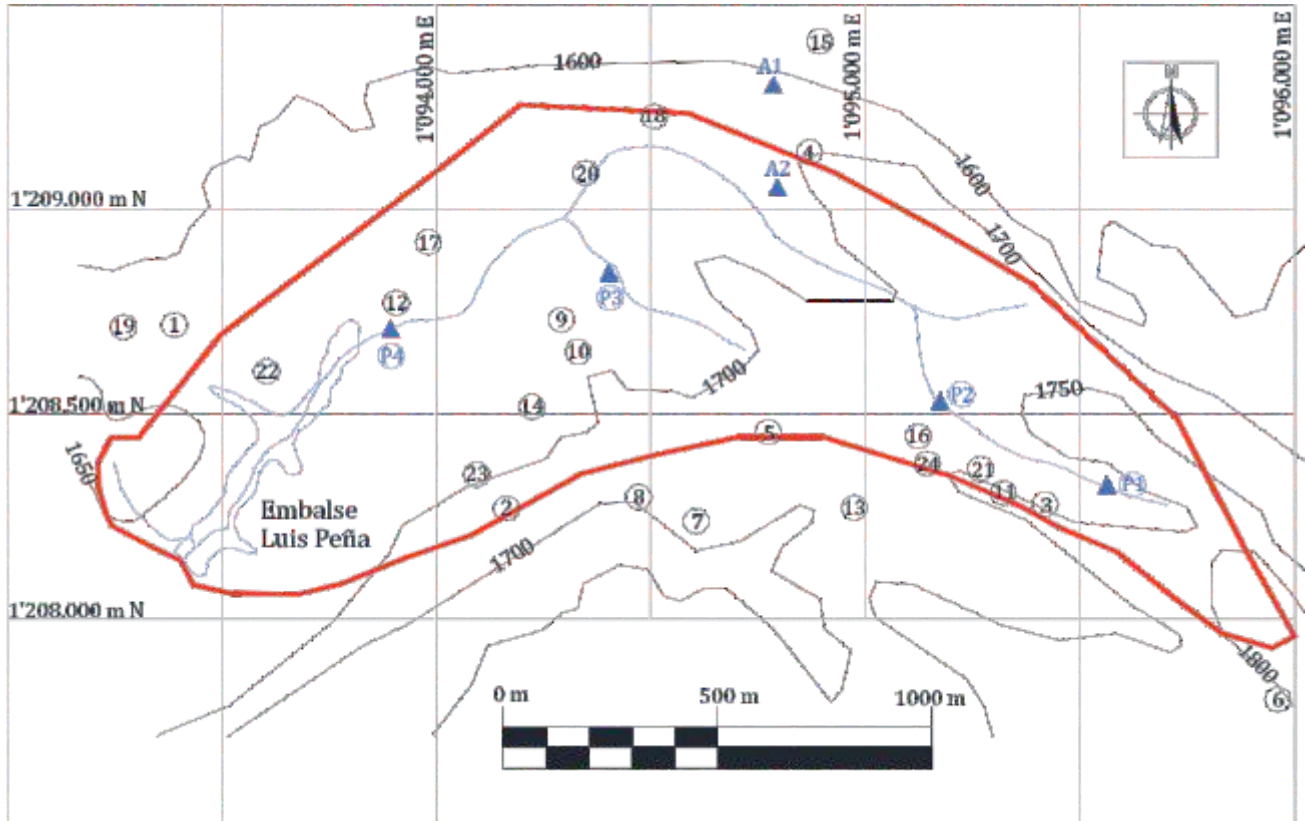


Tabla 2. Fincas vereda Alto de Reinas

#	Finca	#	Finca	#	Finca	#	Finca
1	Bella Vista	7	El Dorado	13	La Primavera	19	Palmira
2	Brisas	8	El Vergel	14	La Vega	20	San Cristóbal
3	Buenos Aires	9	La Esperanza	15	Los Caimos	21	San Luicito
4	Buenos Aires	10	La Esperanza (Parcela)	16	Los Mandarinos	22	Trinitario
5	El Cayeno	11	La Fortuna	17	Los Mandarinos	23	Villa Karen
6	El Clavelito	12	La Isla	18	Los Sitios	24	Yaguará

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos de los parámetros en cada uno de los puntos en el monitoreo realizado en el mes de septiembre antes de iniciar la cosecha de café.

Tabla 3. Muestreo inicial de las vertientes del embalse Luis Peña (Septiembre)

Punto	Color Aparente Pt/Co	Turbiedad NTU	Conductividad (mS/cm)	pH	DBO ⁵ mg/l de O ₂	DQO mg/l de O ₂	ST mg/l	Coliformes Totales (UFC/100 ml)
P1	2,1	<1	33,5	6,0	3	17,1	3	800
P2	22,2	9	38	5,8	3	33,8	35	4.100
P3	14,8	3	33	6,0	3	23,6	25	2.100
P4	34,2	9	47,4	6,3	4	30,2	39	6.900

Al terminar la cosecha de café en el mes de diciembre, se realizó otro monitoreo que se llevó a cabo en los mismos puntos. Se puede observar que hubo un aumento en los valores de los parámetros el cual puede deberse a vertimientos, características del suelo o al aumento en las precipitaciones

Tabla 4. Muestreo final de las vertientes del embalse Luis Peña (Diciembre)

Punto	Color Aparente	Turbiedad	Conductividad	pH	DBO ₅	DQO	ST	Coliformes Totales
	Pt/Co	NTU	(mS/cm)	-	mg/l de O ₂	mg/l de O ₂	mg/l	(UFC/100 ml)
P1	2,2	1,1	32,1	6,2	3	17,2	3,9	800
P2	23,4	11,2	41	6,0	5	39,8	40,7	5.100
P3	15,3	3,4	37	5,8	4	24,9	27,3	2.200
P4	42,5	15,3	40	5,7	6	44,7	46,7	8.700

También se hizo un monitoreo a dos afloramientos, uno en la finca Los Caímos que está localizada fuera de la zona vertiente al embalse Luis Peña y otro en la finca San Cristóbal, que hace parte de la vertiente del embalse.

Tabla 5. Muestreo a los afloramientos de la finca San Cristóbal y Los Caimos

Punto	Color Aparente	Turbiedad	Conductividad	pH	DBO ₅	DQO	ST	Norte	Este
	Pt/Co	NTU	(mS/cm)	-	mg/l de O ₂	mg/l de O ₂	mg/l	m	m
A1	2,2	5,37	44,6	6,01	6	29,2	<3,0	1.209.253	1.094.828
A2	1,9	37,1	45,6	4,44	6	20,2	27	1.208.976	1.094.799

Los afloramientos presentan variaciones significantes en la turbiedad y la DQO a pesar de que estos sólo se encuentran distanciados 250 metros. En las siguientes fotografías se puede observar que físicamente las características de los dos afloramientos son muy notables, mientras que en la figura 14 se observa un agua incolora y de buen aspecto perteneciente a la finca Los Caimos, el agua del afloramiento de la finca San Cristóbal tiene un aspecto rojizo así como una masa del mismo color en su superficie, que se puede observar en la figura 15.

Figura 14. Afloramiento Los Caímos. (A1)



Figura 15. Afloramiento San Cristóbal. (A2)



4. DISCUSIÓN

El Decreto 2811/74 define en su artículo 83 la ronda hidráulica como una "franja de protección paralela a la línea media del cauce o alrededor de los nacimientos o cuerpos de agua, hasta de 30 metros de ancho" En la vereda Alto de Reinas se identificó la existencia de cultivos y viviendas en esta zona, incumpliendo con lo establecido en dicho decreto, causando una alteración a las características físico-químicas y microbiológicas del agua, debido a las diferentes actividades realizadas cerca a los cauces.

Según el Comité Departamental de Cafeteros de Santander (2010) en la vereda Alto de Reinas fueron instalados 15 SMTA mediante un convenio de producción más limpia, con el fin de disminuir las cargas contaminantes provenientes de las aguas residuales del beneficio del café. Durante el desarrollo de esta investigación se encontró que sólo funcionaron cinco (5) de los 15 sistemas proporcionados. Falta de tiempo y desinterés fueron los factores que, según los caficultores, no permitieron que los sistemas funcionaran correctamente.

Según estudios realizados por Rodríguez (2009) en Cenicafé, la pulpa puede ser utilizada como sustrato para el cultivo de hongos comestibles y lombriz roja. La pulpa de café generada en el proceso de beneficio en la vereda Alto de Reinas es utilizada por los productores en un 86,3% para abono, mientras que el restante no la aprovecha, arrojándola directamente al suelo.

Los SMTA instalados en las fincas de la vereda Alto de Reinas del municipio de El Socorro no alcanzaron remociones superiores al 60%, indicando que estos sistemas no cumplieron con los valores máximos permisibles establecidos en el Decreto 1594/84, a pesar de ser similares a los instalados en Chinchiná donde según Rodríguez (et al 2006:19) las remociones fueron mayores al 80%.

5. CONCLUSIONES

La zona vertiente al Embalse Luis Peña es un área estratégica de 179 hectáreas para la conservación de la calidad del recurso hídrico puesto que esta es la principal fuente de abastecimiento para la planta de tratamiento de agua del municipio de El Socorro. Tiene un relieve fuertemente ondulado con una pendiente media del 13,5% y un cauce con una pendiente media de 3,87%. El nacimiento del cauce principal se encuentra a los 1744 msnm y desemboca en el Embalse Luis Peña a 1620 msnm. En total son aproximadamente 4300 m de longitud de sus cauces, los cuales son afectados en su mayoría por la comunidad residente en la vereda Alto de Reinas, debido a la disposición sin ningún tipo de tratamiento de residuos sólidos y líquidos provenientes de las actividades agrícolas y domésticas, que posiblemente por infiltración o por escorrentía superficial, pueden llegar al cauce afectándolo.

Según las encuestas realizadas en la unidad hidrológica, existen 91 ha de café sembrado que corresponden al 50,8% de un total de 179 ha que comprende el área estudiada. Cerca del 95% de las fincas tiene un área cultivada inferior a cinco (5) ha, valor que está dentro del promedio nacional. La producción del café en la vereda Alto de Reinas se realiza en un 54,2% con la tecnología Becolsub, mientras que el 45,8% aún utiliza el beneficio tradicional, provocando con esto la contaminación de grandes volúmenes de agua, causando graves impactos al ecosistema. La pulpa del café es un subproducto generado en la producción del grano, este residuo es utilizado en el 83,3% de las fincas como fuente de abono por medio del proceso de compostaje, mientras el porcentaje restante (16,7%) de los caficultores no reutiliza la pulpa arrojándola al suelo.

Las remociones obtenidas de los análisis realizados en el laboratorio de los cinco (5) sistemas monitoreados durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, no superaron el 60% mostrando un incumplimiento con el Decreto 1594/1984 que exige remociones mayores al 80% en los parámetros más importantes.

6. AGRADECIMIENTOS

A los caficultores de la vereda Alto de Reinas por su colaboración y disposición en todo momento lo cual fue fundamental para el desarrollo del proyecto.

Al Comité Departamental de Cafeteros de Santander por brindarnos información necesaria para alcanzar los objetivos propuestos.

Agradecemos también por la colaboración con los análisis al jefe de Laboratorio de Aguas y Microbiología Química María Fabiola Arenas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rodríguez Valencia Nelson, Zambrano Franco Diego, López Posada Uriel, Orozco Paula Andrea y Zambrano Giraldo Andrés. 2006. Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café. Boletín Técnico N° 29. ISSN 0120-047. Pág. 5, 7, 8,12 y 19.

Pérez Díaz Noarys, Castillo Ramos Raisa M., Carballo Abreu Leila R., Veliz Gutiérrez José Ángel. 2008. Impacto ambiental en el cultivo y procesamiento del café y su repercusión social. Pág. 2, 5, 6. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/impacto-ambiental-cultivo-procesamiento-cafe/impacto-ambiental-cultivo-procesamiento-cafe.pdf>

Pierre Francis, Rosell María B. y Quiroz Ana I. 2009. El compostaje de la pulpa del café como alternativa para los caficultores. ISSN: 1856-9951. Pág. 184. Recuperado de: http://www.inia.gob.ve/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=2278&Itemid=28

PROARCA.2004. Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia en el sector de beneficiado de café. Programa Ambiental Regional para Centroamérica. Recuperado de: <http://infohouse.p2ric.org/ref/40/39945.pdf>

Ortiz Vera Oswaldo. 2004. Red latinoamericana de micro hidroenergía (HIDRORED). Recuperado de: http://www.fedeta.org/web_publicaciones/web_hidrored/hidrored_2004_01.pdf

Monsalve Sáenz Germán. 1999. Hidrología en la Ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. Pag 38, 39, 44 y 47.