

Diseño de un sistema de tratamiento para el agua residual en el proceso de beneficio de café

Treatment system design for wastewater in the coffee benefit process

Anaya Galvis, Johanna¹; Valero Millán, Nicolas¹ y Calvo Corredor, Julio²
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
San Gil, Colombia

johannaanaya@unisangil.edu.co
nicolasvalero@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: noviembre 19 de 2015
Fecha de Aceptación: noviembre 11 de 2016

Resumen — Existe una problemática en el manejo inadecuado del mucílago de café, el cual se convierte en agua residual durante el proceso de beneficio tradicional de este. Esta agua residual es tan alta en las regiones cafeteras de Colombia, como lo es en el municipio de Socorro en el departamento de Santander. Las razones se deben, en la mayoría de los casos, a la falta de compromiso de la entidad ambiental y al desconocimiento del tema en general por parte de los caficultores. Este documento hace referencia al tratamiento del mucílago de café, el tipo de tratamiento, las variables para tomar la decisión de escoger las unidades operacionales del mismo, y el diseño para lograr la disminución de la contaminación del cuerpo receptor. Todo ello basado en el RAS 2000 y en experiencias de algunos autores sobre el tema. Adicionalmente se buscó aportar a los caficultores de esta región nuevas estrategias para el tratamiento de dicho subproducto, introduciendo conceptos ecológicos en el proceso de beneficio del café, que respondan a exigencias legales y ambientales y, por lo tanto, mejoren su calidad de vida y la de sus familias. De esta forma, el objetivo principal de este proyecto consistió en diseñar un sistema de tratamiento para el agua residual en el proceso de beneficio de café en la finca La Primavera, ubicada en la vereda Alto de Reinas, del municipio del Socorro, Santander. Como resultado se realizó el diseño del sistema para la gestión integral del manejo y tratamiento del agua residual generada en el proceso de beneficio de café. Asimismo, se generó una hoja de cálculo y planos en detalle de los sistemas propuestos, para facilitar el diseño y la construcción, al momento de que algún ente ya sea ambiental o privado decida implementarlo.

Palabras clave— Mucílago de café, tratamiento de aguas residuales, reactor anaerobio de flujo descendente, filtro anaerobio, humedal, lecho de secado.

Abstract - The problem in the mismanagement of coffee mucilage, which turns into waste water during the process of traditional benefit of this. The waste water is so high in the coffee regions of Colombia, as is in the town of Socorro in the department of Santander. The reasons are due to, in most cases, the lack of commitment of the environmental agency and the ignorance of the subject by the farmers. This document refers to the treatment of the mucilage coffee, the type of treatment, the variables to make the decision to choose the operational units of it and the design to achieve the reduction of pollution of the receiving water body. All of this is based on RAS 2000 and the experiences from some authors of this subject. In addition, it was sought to give back to the farmers of this region new strategies for treatment of this product by introducing ecological concepts in the process of coffee processing, responding to legal and environmental requirements, and thus to improve their life quality and their families'. Therefore, the main objective of this project was to design a treatment system for wastewater in the process of coffee benefit in the La Primavera farm, located in the village of Alto de Reinas, in the municipality of Socorro, Santander. As result, the system was designed for the integral management of wastewater management and treatment generated in the coffee benefit process. As well, a spreadsheet and detailed plans of the proposed systems were generated, to facilitate the design and construction, when an environmental or private entity decides to implement it.

1 Ingeniero Ambiental, UNISANGIL.

2 Ingeniero Químico-Civil, Magister en Ingeniería Ambiental.

Keywords - Mucilage coffee, waste water treatment, anaerobic down flow reactor, anaerobic filter, wetland, sludge drying bed.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el beneficio tradicional de café se genera gran volumen de residuos sólidos y líquidos, como lo es el mucílago. Esta agua residual posee elevada carga orgánica, acidez y sólidos suspendidos, y al ser vertido al medio ocasiona un problema ambiental. Esto, debido a que este residuo es almacenado en fosas al aire libre para su posterior auto-biodegradación en presencia de oxígeno, lo cual genera contaminación de fuentes hídricas, contaminación del suelo, olores ofensivos y propaga vectores ambientales que desmejoran la calidad de vida de los pobladores [1].

Por lo anterior, se propuso crear un sistema que sea de ayuda para los caficultores en la gestión integral del manejo y tratamiento del agua residual, generada en el proceso de beneficio de café. Como alternativa para solucionar esto, se presentó un sistema de tratamiento que logra remociones mayores al 80% de cargas contaminantes, y se ajusta a la normatividad ambiental que en el país existe al respecto, y que de uno u otro modo es fácil de construir y operar.

II. METODOLOGÍA

Este proyecto se realizó en la finca La primavera, localizada en la vereda Altos de Reina del municipio de Socorro, Santander. Cuenta con una extensión de cuatro (4) hectáreas, de las cuales 2,67 Ha, tienen sembrado café variedad Colombia. Se subdividen en 4 lotes, donde se encuentran plantas de 3, 4 y 8 años. El suelo en esta finca es franco arcilloso, con un pH entre 4 - 4,5 y una topografía ondulada. Cuenta con una temperatura promedio de 20 °C, una altitud de 1.700 msnm y tiene 2.200 horas de brillo solar.

Con el propósito de cumplir con el objetivo propuesto, se desarrollaron cuatro etapas: la primera etapa constó del diagnóstico de las condiciones actuales de la producción de mucílago de café en la propiedad; en la segunda, se realizó la comparación de los resultados obtenidos de las pruebas con la normatividad ambiental vigente en el país; en la tercera se eligieron las unidades de tratamiento que conforman el sistema; por último, se elaboró un manual de puesta en marcha, operación y mantenimiento, teniendo en cuenta la norma RAS 2000, título E.

A. Etapa 1

Se realizaron visitas a la finca en la época de beneficio y se hizo una entrevista al dueño de la propiedad, para obtener información relevante, tal como área de cultivo, proceso de siembra, cosecha y recolección, tipo de beneficio utilizado, manejo de los subproductos, entre otras.

Se obtuvieron los siguientes datos: el tipo de café es variedad Colombia, la recolección del fruto se hace de manera manual. El beneficio se realiza por el método tradicional, mediante la fermentación natural del grano. La tolva tiene una capacidad de almacenamiento de 200 kg, el proceso de despulpado se demora 50 minutos. La despulpadora es tipo antioqueña, de cuatro chorros, con un motor de 1 HP y gasta alrededor de 4 kW en el proceso. La fermentación tarda de 12 a 15 horas, para esto se debe llenar el tanque de lavado entre 40 y 50 cm con agua y se realizan dos lavados. El secado se realiza en marquesina o en los patios y se demora de 2 a 3 días, según el clima. La figura 1 muestra el proceso de beneficio tradicional de café en la propiedad.

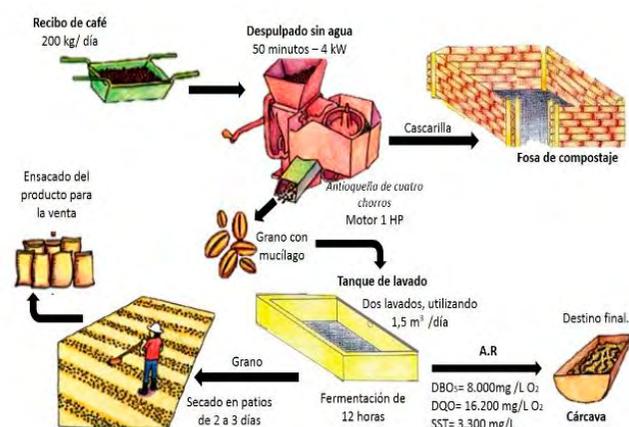


Fig. 1 Proceso de beneficio tradicional en la finca La Primavera.

B. Etapa 2

En la tabla 1 se muestra la comparación de los resultados del análisis fisicoquímico del mucílago con la resolución 631 de 2015, artículo 9, el cual expone los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas, cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de la agroindustria cafetera para el beneficio húmedo del café. Se comprobó que no cumplía con dichos límites, mientras que la tabla 2 muestra los resultados de la quebrada Pozo Azul, la cual cumple con algunos de los parámetros de calidad establecidos por la CAS en el Acuerdo N° 068 de 2007 para la cuenca del Río Suárez [2].

TABLA 1. MUCÍLAGO DE CAFÉ Y RESOLUCIÓN 631 DE 2015

Parámetro	MC	Resolución 631 de 2015
DQO mg/L O ₂	16.200	650
DBO ₅ mg/L O ₂	7.607	400
SST mg/L	3.300	400
GRASAS mg/L	<10	10

TABLA 2. QUEBRADA POZO AZUL Y OBJETIVOS DE CALIDAD

Parámetro	Aguas arriba	Aguas abajo	Objetivo de calidad
pH	6,95	5,94	-----
Oxígeno disuelto mg/L	8,8	6,2	>= 4.0
Temperatura °C	27,2	25,2	-----
% S	9,9	3	-----
DQO mg/L O ₂	< 15	< 15	-----
DBO ₅ mg/L O ₂	< 2	< 2	<= 5.0
SST mg/L	< 20	< 20	< 200
GRASAS mg/L	< 10	< 10	Ausente

C. Etapa 3

En la figura 2, se muestra el sistema con las unidades de tratamiento que lo conforman que son: dos reactores anaerobios de flujo descendente, un filtro anaerobio, un humedal de flujo subsuperficial y un lecho de secado de lodos [3]. Con lo anterior se logró bajar la DBO₅ de 8.000 mg/L a 252 mg/L, obteniendo una remoción superior del 90%.

Los procesos unitarios que conforman el sistema de tratamiento anaerobio, empleados específicamente para el mucílago de café, tienen aplicación principalmente en aguas residuales de concentración alta, con DBO₅ mayor de 1.000 mg/L (en este caso dicho parámetro está en 7.607 mg/L), donde los compuestos orgánicos y el CO₂ se usan como aceptadores finales de electrones, para que las bacterias metanogénicas produzcan metano. Adicional a esto, el porcentaje de remoción de DBO₅ que se logra con estos procesos está entre 65-80 % [4]. La construcción y el mantenimiento de dichas unidades operacionales es sencillo, además no utilizan energía eléctrica para su funcionamiento, lo que es un punto más a favor para la protección del medio ambiente.

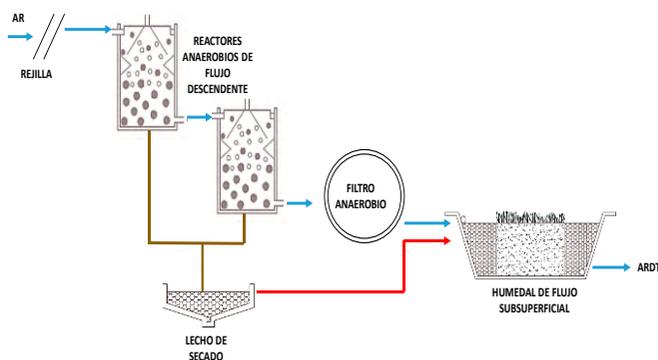


Fig. 2 Diagrama de flujo del sistema propuesto.

III. RESULTADOS

Los resultados se presentan en hojas de cálculo de formato Excel, para simular con los datos de entrada el diseño de cada una de las unidades (cálculo de caudal de diseño, reactor, filtro anaerobio, humedal y lecho de secado), de las que consta el tratamiento, la cual es de fácil aplicación para su uso [5]. Las casillas que están en amarillos son datos a suministrar y las casillas en naranjas son resultados de procedimientos de cálculo realizados por la hoja, como se muestra en la figura 3.

CALCULO DEL REACTOR			
DATOS DE ENTRADA CALCULO DE REACTOR		DATO	REFERENCIA
Q=CAUDAL DE ENTRADA (L/s)		0.025	Calculado
T=TEMPERATURA (°C)		20	Monitoreo
V=VOLUMEN DEL TANQUE (m ³)		2	Propuesto
NUMERO DE REACTORES		2	Propuesto
VT=VOLUMEN TOTAL DE TANQUES (m ³)		4	Calculado
Vr=VOLUMEN DE REACTOR (m ³)		1.5	Calculado
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO AFLUENTE (mg/L)		8000	Monitoreo
E=EFICIENCIA DE REACTOR (%)		65	RAS E.4.3.5
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EFLUENTE (mg/L)		2800	Calculado
D = DIAMETRO DEL TANQUE		1.25	Fabrica
Asup=AREA SUPERFICIAL POR REACTOR (m ²)		1.23	Calculado
H=ALTURA DE REACTOR (m)		1.22	Calculado
θ=TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO (h)		16.67	Calculado
TRHR=TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO REAL (h)		24	Calculado
Vsadm=VELOCIDAD SUPERFICIAL ADMISIBLE (m/h)		0.05	Calculado

Fig. 3 Memoria de cálculo Reactor anaerobio de flujo descendente.

El sistema tiene una eficiencia del 96.85%, lo que muestra una casi perfecta remoción de carga contaminante producida por dicho subproducto del café.

Adicionalmente, se realizó un manual que incluye los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los diferentes componentes del sistema de tratamiento, los cuales siguen los requerimientos establecidos por el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000, en el título E, para cada componente en particular [6].

Se recomienda que el lodo seco en los lechos sea dispuesto para elaborar compostaje, de lo contrario este debe ser llevado al relleno sanitario.

El sistema de tratamiento funcionaría durante la época de cosecha, durante el resto de tiempo en el que no se realice beneficio, al sistema se le deberá hacer mantenimiento para que funcione de forma óptima.

IV. CONCLUSIONES

El mucílago de café es un subproducto del café con elevada carga contaminante, por lo que, si este fuera vertido directamente a una corriente de agua, se estaría violando la normatividad ambiental del país, y afectaría la vida acuática, la salud humana y el ambiente.

Se diseñó una alternativa de tratamiento para el mucílago de café, utilizando tratamientos anaerobios, con el fin de lograr que el efluente final descargue una carga contaminante menor al 80% de la carga contaminante que entra al sistema, como lo exige la normatividad ambiental colombiana regida para este caso mediante la Resolución 631 de 2015.

El costo del sistema es bajo, lo cual demuestra que la alternativa de tratamiento es viable y da un *plus* a dicho sistema.

La gestión para el manejo y tratamiento de las aguas residuales que producen los diferentes sectores productivos del país es una acción conjunta de entidades que estén interesadas en apoyar y capacitar al productor como parte de una solución a escala regional, una solución que garantice la salud y el recurso hídrico para las futuras generaciones, a través de la descontaminación hídrica.

El sistema de tratamiento funcionaría para época de cosecha, en el resto de tiempo donde no se realiza beneficio, el sistema se le deberá hacer mantenimiento, para así lograr que este funcione de forma óptima.

V. RECOMENDACIONES

Para el diseño de los reactores se hace recomiendan dos tanques de almacenamiento multiusos bicapa, resistente a la interperie y a los rayos UV, fondo reforzado, de fácil y rápida limpieza de polietileno de dos metros cúbicos cada uno; el arranque del reactor se hará con estiércol de res, esto con el fin de proveer la demora en la estabilización del reactor, lo cual puede llegar a influir en la remoción de la carga orgánica. La recolección del efluente que se encuentra en la parte inferior del reactor se hace por medio de tuberías de 1 1/2" de diámetro, que luego es conducida por una tubería de igual diámetro al filtro anaerobio.

Para el filtro anaerobio se recomienda hacer una excavación de un metro de profundidad por un metro de ancho por dos metros de longitud, se toma una altura para el medio filtrante de 0,60 metros, con lo cual corresponde 0,30

metros de borde libre y 0,1 metros de altura del fondo del filtro al medio filtrante. La distribución del caudal afluente en el del fondo del filtro se hace uniforme utilizando un sistema de tuberías en forma de flauta de 1 1/2" perforada cada 20 cm, el diámetro del orificio de 1". La recolección del efluente en el filtro anaerobio se hace por medio de tuberías de 1 1/2" de diámetro perforada con un diámetro de perforación de 1" cada 20 cm, para luego ser conducida por una tubería de igual diámetro al humedal.

Al igual que el filtro el humedal es una excavación de cinco metros de longitud por un metro de profundidad y tres metros de ancho. Se recomienda como medio de vegetación utilizar caña brava o guadua por ser plantas nativas gramíneas de tallo leñoso, hueco, flexible, de 3 o 4 metros de altura y de crecimiento rápido, las raíces pueden penetrar la grava en aproximadamente 0,4 m. El afluente en el humedal se distribuye a lo ancho por medio de tuberías de 1 1/2", que luego la conducen a un distribuidor de grava a la entrada del humedal. El efluente en el humedal se recolecta también utilizando tubería de 1 1/2" perforada cada 20 cm con un diámetro de perforación de 1", ubicada a la salida en el fondo del humedal sobre un distribuidor de grava a la salida.

REFERENCIAS

- [1] N. Rodríguez. "Procesamiento del café en Colombia y uso actual de los subproductos", Centro Nacional de Investigaciones de Café, Colombia (CENICAFE), 2011.
- [2] Colombia, Corporación Regional de Santander, CAS. "Acuerdo N° 068, por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad de las ocho cuencas del área en jurisdicción de la corporación". San Gil, Santander. 2007.
- [3] J.C Calvo, y A.F. Torres, "Diseños alternativos de sistemas de tratamiento de aguas residuales para poblaciones menores a cincuenta mil habitantes" trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías físico-mecánicas, Bucaramanga, Colombia. 2012.
- [4] J. Romero. *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2004.
- [5] R. Crites, y G. Tchobanoglous, *Sistema de manejo de aguas residuales*. Bogotá D.C. Editorial Mc Graw Hill.
- [6] Dirección de agua potable y saneamiento básico, Ministerio de desarrollo económico. (2000). Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 Título E. Bogotá.