

Tecnología de filtros verdes con cero descargas para el tratamiento de aguas residuales

Green filter technologies with zero discharge for the treatment of wastewater

Nelson Rodríguez Valencia¹, Cristian Camilo Arboleda Ospina¹ and Samuel Antonio Castañeda¹

RESUMEN

Palabras clave:

Aguas residuales
Caficultura
Medio ambiente
Sostenibilidad
Tratamiento

En las fincas cafeteras se generan dos tipos de aguas residuales de importancia: las aguas provenientes del beneficio del café y aguas residuales provenientes de la vivienda. Este tipo de aguas se caracteriza por tener altos contenidos de materia orgánica biodegradable, que pueden ser removida mediante procesos biológicos. Para fin de evitar la generación de vertimientos que permitan la eliminación de costos legales ambientales y la prospección de los recursos naturales en las fincas cafeteras, se evaluó la tecnología de filtros verdes con cero descargas utilizando un invernadero con el suelo impermeabilizado y sembrado con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en el Centro Nacional de Investigaciones del Café, Sede La Granja en Manizales, Caldas. Se determinó que la tecnología estudiada tiene la capacidad de tratar y evaporar hasta 24 litros de agua residual al día por metro cuadrado de plantación impermeabilizada. Se observó que la tecnología es capaz de eliminar en un 77,51% los valores de DQO, 62,01% los valores de sólidos totales y en un 72,37% los sólidos suspendidos totales y cuando se recircula el efluente hasta total incorporación, de logra el objetivo de cero descargas, demostrando la viabilidad de la tecnología para el tratamiento de las aguas residuales de las fincas cafeteras.

ABSTRACT

Keywords:

Wastewater
Coffee growing
Environment
Sustainability
Treatment

Two important types of wastewater are generated on coffee farms: water from coffee processing and wastewater from residential premises. This type of wastewater is characterized by its high content of biodegradable organic matter, which can be removed through biological processes. To avoid the generation of wastewater and thus eliminate environmental legal costs and allow for the exploration of natural resources on coffee farms, zero-discharge green filter technology was evaluated using a greenhouse with a waterproofed floor planted with vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) at the National Coffee Research Center, La Granja Campus in Manizales, Caldas. The technology studied was determined to have the capacity to treat and evaporate up to 24 liters of wastewater per day per square meter of waterproofed plantation. It was observed that the technology is capable of eliminating 77.51% of COD values, 62.01% of total solids values and 72.37% of total suspended solids and when the effluent is recycled until fully incorporated, the objective of zero discharges is achieved, demonstrating the viability of the technology for the treatment of wastewater from coffee farms.

¹Cenicafé, Manizales, Colombia. nelson.rodriguez@cafedecolombia.com; cristian.arboleda@cafedecolombia.com; samuel.castaneda@cafedecolombia.com

En las fincas cafeteras se generan diferentes tipos de aguas residuales, las cuales tienen diferente composición y por lo tanto, diferente impacto sobre el ecosistema cafetero. Entre ellas, se tiene las aguas residuales que se generan en la vivienda después de su uso en actividades como la preparación de alimentos, la higiene personal, el lavado de ropa y utensilios, el aseo de la casa y la descarga de las unidades sanitarias. Otra de las aguas residuales que se generan en la finca cafetera son las provenientes del beneficio de café, constituidas principalmente por el agua utilizada en la clasificación hidráulica, el lavado del grano y el aseo de las máquinas utilizadas en la transformación del fruto en café pergamino seco. Estas aguas se caracterizan por tener altos contenidos de materia orgánica biodegradable, es decir que pueden ser tratadas mediante procesos biológicos (Rodríguez et al., 2022).

La tendencia actual a nivel mundial es adoptar Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA) tanto en la vivienda, como en los procesos productivos con el fin de disminuir el consumo de agua y por lo tanto tener sistemas de tratamiento de menor tamaño (Congreso, 1997). De igual forma, incorporar en el manejo y tratamiento de las aguas residuales, sistemas de cero descargas con los cuales no se presentan vertidos a los cuerpos de aguas superficiales ni al suelo. La implementación de este tipo de soluciones en nuestro país, no solo permite conservar la salud de los recursos naturales, también representan un ahorro para los generadores de las aguas residuales, dado que, si no hay vertidos, se eliminan los costos legales ambientales asociados a los mismos, como el permiso de vertimientos, muestreo y caracterización de los vertidos (Rodríguez et al., 2022b)

Para el caso del ecosistema cafetero, se presenta deterioro en la calidad del agua superficial y problemas de erosión de suelos, ocasionado por el inadecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales de las viviendas y del beneficio del café. En investigaciones de Cenicafé (Rodríguez et al., 2018), en microcuencas cafeteras, se evidenció que fuentes superficiales de las cuales se abastecían los productores recibían los vertimientos domésticos de los pobladores del área deteriorando la calidad del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó, a escala piloto, la idoneidad y eficiencia de la tecnología de filtros verdes para el tratamiento de efluentes procedentes del beneficio del café (aguas - mieles) y de las viviendas, en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Sede La Granja (Manizales, Caldas). Para la implementación de los filtros verdes se seleccionaron seis parcelas de 2 m x 2 m (4 m²), equipadas con lisímetros, que permitieron recoger el agua infiltrada a 40 cm de profundidad del suelo, para posteriormente evaluar su calidad. Se seleccionó el material de siembra del sistema y se realizó un análisis comparativo entre vegetación nativa compuesta principalmente por *Paspalum conjugatum* (pasto horqueta) y *Panicum máximum* (arrocillo) y por otro lado, cultivo con *Chrysopogon zizanioides* (pasto vetiver) en alta densidad (dos esquejes por sitio, cada 10 cm), los esquejes sembrados tenían 10 cm de tallo y 5 cm de raíz. El crecimiento de la vegetación se controló periódicamente con cortes regulares a 35 cm de altura, para maximizar su capacidad de crecimiento y, por lo tanto, su capacidad de captación de nutrimentos.

Las aguas residuales aplicadas a los filtros verdes procedían de un sistema de beneficio ecológico (consumo de agua menor a 5 L kg⁻¹ café pergamino seco), con una elevada carga orgánica y fue pretratada en un reactor hidrolítico - acidogénico (RHA) al cual se le incorporaron dispositivos para optimizar su desempeño (Rodríguez et al., 2019), lo que permitió una reducción de la carga orgánica de casi el 50%. Dicho pretratamiento es indispensable para eliminar parte de los sólidos en suspensión, reducir la carga orgánica y evitar problemas de colmatación en el sistema de riego. En el caso de las aguas de la vivienda, se utilizaron las provenientes del sistema séptico que se encontraba en el área. Semanalmente, se cuantificó la cantidad de agua aplicada a cada uno de los filtros verdes y la cantidad de agua drenada de los mismos. El agua retenida y evapotranspirada se calculó como la diferencia entre el volumen aplicado y el volumen drenado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de reducción de sólidos totales (ST) realizado por el suelo y el pasto vetiver fue del 98,65% (considerando que el agua residual del café llegó después del tratamiento primario, con una

concentración promedio de ST de 6.891 mg L^{-1}). El porcentaje de reducción de ST realizado por todo el sistema de tratamiento (tratamiento primario + suelo + pasto vetiver) fue del 99,36% (considerando que el agua residual del café proveniente del beneficiadero tuvo una concentración promedio de ST de 14.587 mg L^{-1}). El porcentaje de reducción de sólidos suspendidos totales (SST) realizado por el suelo y el pasto vetiver

fue del 97,46% (considerando que el agua residual del café llegó después del tratamiento primario, con una concentración promedio de SST de 1.180 mg L^{-1}). El porcentaje de reducción de SST realizado por el todo el sistema de tratamiento (tratamiento primario + suelo + pasto vetiver) fue del 99,33% (considerando que el agua residual del café proveniente del beneficiadero tuvo una concentración promedio de SST de 4.454 mg L^{-1})(Figura 1).



Figura 1. Aspecto del agua residual a la salida del beneficiadero, del pretratamiento y del filtro verde.

En promedio, el volumen retenido y evapotranspirado de agua en la experimentación fue de $23,83 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ (incluyendo todos los FV) y de $24,53 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ (para los FV con aplicación de los diferentes tipos de aguas residuales del beneficio del café). Al tomar el promedio de los valores de agua retenida y evapotranspirada, por

tipo de agua y tipo de vegetación, estos variaron entre $22,64 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ para los FV regados con agua limpia y conteniendo vegetación natural y $25,25 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ para los FV sembrados con pasto vetiver y regados con aguas residuales del beneficio del café proveniente del tanque tina (Figura 2).



Figura 2. Pasto vetiver como vegetación de los filtros verdes.

El valor promedio de eliminación de la DQO, ST y SST en los FV regados con aguas provenientes del tanque tina fue de 77,51%, 62,01% y 72,37%, respectivamente; para los FV con aplicación de lixiviados fue del 58,24%, 45,37% y 88,63%, respectivamente, y para los FV regados con mieles del Ecomill® fue de 63,50%, 56,06% y 93,51%, respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se encontró, para filtros verdes tipo invernadero, impermeabilizados con geomembrana, sembrados con pasto vetiver y con aplicación de aguas residuales provenientes del proceso de beneficio del café, un valor de retención - evapotranspiración (RET) de $23,55 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$.

CONCLUSIONES

En función de los resultados de eliminación de contaminantes puede concluirse que la tecnología de filtros verdes es apta para el tratamiento de las aguas de la finca cafetera (aguas residuales del café y de la vivienda) procedentes del beneficio ecológico del café, presentando unos elevados porcentajes de remoción de carga orgánica. Tanto a escala piloto como a escala de campo, los drenados provenientes de los filtros verdes presentaron, en los diferentes parámetros evaluados, valores que estuvieron dentro de los límites de calidad establecidos en la normativa colombiana en el Decreto 1594 de 1984 y en la Resolución 631 del 2015 respecto a vertimientos a cuerpos de agua superficiales. Cuando los efluentes de los filtros verdes se recirculan en el área sembrada bajo invernadero hasta agotamiento total, se logra el objetivo de cero descargas.

REFERENCIAS

Congreso de la República de Colombia (1997). Ley 373 de 1997. Programa de Uso eficiente y ahorro de agua. 5 p. En Línea. Disponible en Internet: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>

Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., Osorio Ocampo, A. F., Castañeda, S. A., García, M., Harmsen, J., & Bisschops, I. (2018). Tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas en fincas cafeteras. *Cenicafé*. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/proyecto_gia_manos_al_agua/publicaciones_tecnologias_apropiadas_para_el_tratamiento_de_aguas_en_fincas

Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., & Castañeda, S. A. (2019). Boletín Técnico *Cenicafé*, 42, 1–46. <https://www.cenicafe.org/es/publications/BoletinTecnico42.pdf>

Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., & Castañeda, S. A. (2022). Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y cero descargas de las aguas residuales de la finca cafetera. *Cenicafé*. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0029>.

Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., & Castañeda, S. A. (2022). Construya y opere su sistema séptico para el tratamiento de las aguas residuales de la vivienda de su finca cafetera. *Cenicafé*. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0012>