



Tratamiento de aguas residuales del beneficio del café mediante humedales construidos con descarga cero.

Haimar Ariel Vega Serrano

Candidato a doctorado en Agrociencias, Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias,
Universidad Libre Seccional Socorro. haimar.vega@unilibre.edu.co

La producción de café es una de las principales actividades económicas en Colombia de la cual dependen una gran cantidad de productores quienes viven del cultivo del grano y su venta normalmente a través de cooperativas.

Durante el proceso de obtención del grano conocido como pergamino seco, se realiza el despulpado y retiro del mucílago. En algunas fincas, este proceso se lleva a cabo utilizando el módulo Becolsub, generando un residuo denominado "aguas mieles". Este residuo tiene una apariencia viscosa y un sabor dulce. Después de algunas horas, las aguas mieles se fermentan, generando un residuo líquido con altas concentraciones de carga, como se refleja en un alto DQO (Demanda Química de Oxígeno), que es muy superior al de las aguas residuales domésticas. Además, su pH es normalmente inferior a cuatro. Esto lo convierte en un elemento altamente contaminante si se vierte directamente al suelo o a las fuentes hídricas. Estos vertidos afectan negativamente a las fuentes hídricas, ya que requieren una gran cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica presente en el residuo generando olores ofensivos y la imposibilidad de usar el agua.

En la mayoría de los casos, en las fincas productoras, los residuos líquidos se depositan en estanques excavados en el suelo sin impermeabilización. Esto provoca que el agua se infiltre en el suelo y llegue a las fuentes hídricas, contaminándolas y alterando sus características naturales. En algunas situaciones, estas aguas contaminadas se utilizan para abastecer de agua a las veredas o a los municipios. A pesar de someterse a un tratamiento, el agua puede mantener olores, sabores y, en algunos casos, incluso color procedente de las aguas residuales del proceso de beneficio del café. Esto genera malestar en la comunidad, que se ve obligada a adquirir agua en bolsa, incrementando así los costos de la canasta familiar debido al elevado precio del agua comercial en comparación con el recibo mensual del suministro de agua.

En la Universidad libre desde el año 2008 se inició un proyecto en el programa de Ingeniería Ambiental para dar respuesta a esta problemática al ser la Universidad una productora de café orgánico y teniendo como compromiso en su visión institucional la preservación de los recursos naturales se inició la



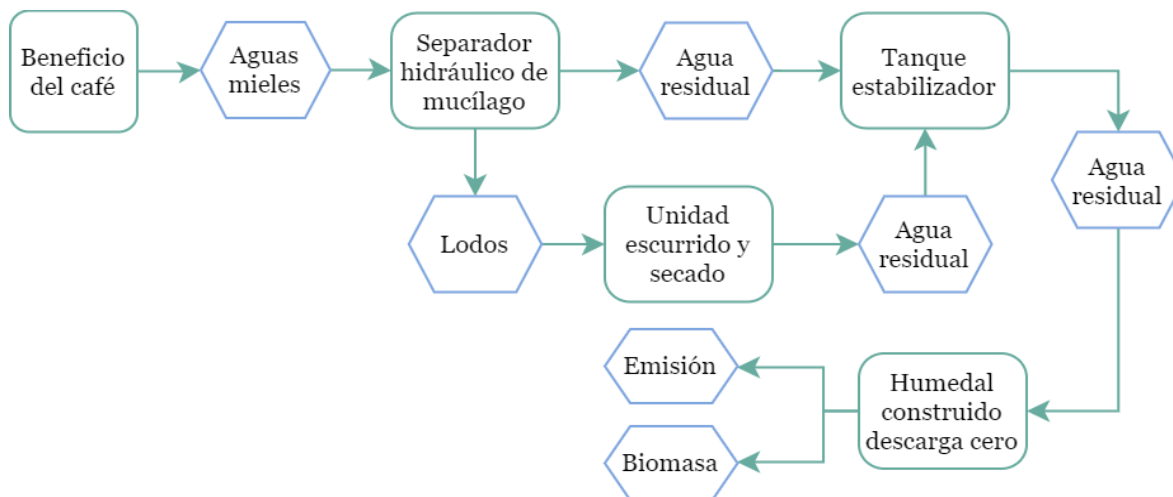
búsqueda de una alternativa para el manejo de los subproductos del beneficio del café organizándose el proyecto “Manejo ambiental de los subproductos del beneficio del café (MaSBK) desde entonces se han estudiado diferentes alternativas para el manejo de los residuos y el tratamiento de las aguas residuales. se han probado diferentes sistemas como el desarrollado por Cenicafé conocido como SMTA el cual fue desarrollado para el tratamiento de aguas residuales del beneficio tradicional con tanque tina. En el caso de la Universidad y de otras fincas el beneficio se hace con módulo Becolsub el cual genera otro tipo de residuos que no pueden ser tratados con este sistema.

Es necesario desarrollar un sistema alternativo que cumpla con las características del agua residual y las condiciones de la cosecha en la región cafetera. La duración de la cosecha en esta región es de solo tres a cuatro meses al año, generalmente entre septiembre y diciembre. Esta ventana de tiempo es demasiado corta para mantener un sistema de tratamiento biológico en funcionamiento durante ese período, debido a las implicaciones que conlleva su implementación y operación.

Como alternativa a esta problemática, se ha propuesto un manejo dividido en tres fases, como se muestra en la Figura 1. La primera fase, durante la cosecha, consiste en aprovechar la separación natural de las aguas mieles en una fase de sólidos suspendidos flotantes y otra líquida. Este proceso se lleva a cabo en unidades conocidas como separadores hidráulicos de mucílago (SHM), un tanque desarrollado como parte del proyecto MaSBK en el año 2008. Estas unidades permiten separar de manera sencilla el agua residual hacia un tanque de almacenamiento y los lodos hacia unidades de escurrido. Este proceso se realiza diariamente durante la cosecha.

La segunda fase implica el almacenamiento del agua residual en tanques construidos e impermeabilizados para evitar el flujo de agua hacia el suelo. El agua se mantiene en estos depósitos durante un período de tres o cuatro meses después de finalizada la cosecha, lo que permite la disminución de los sólidos por sedimentación, el aumento del potencial de hidrógeno o pH, y la reducción de la demanda química de oxígeno. Estos cambios preparan las aguas residuales para el tratamiento en la siguiente fase.

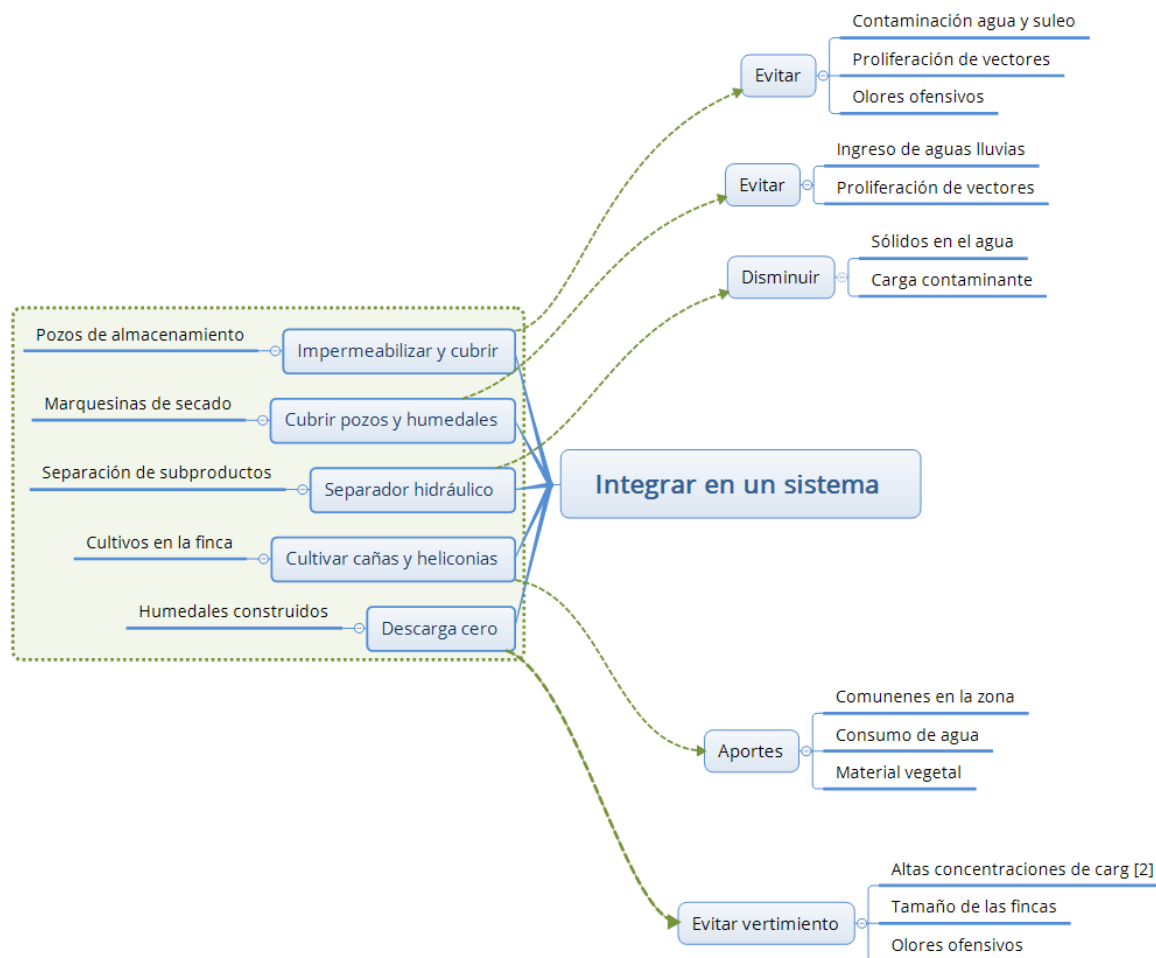
Figura 1. Fases del tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café.



La tercera fase consiste en el uso de humedales construidos con descarga cero. Estas unidades se componen de tanques plásticos o excavaciones en el suelo revestidos con geomembrana para garantizar su impermeabilidad y evitar el flujo hacia el suelo. Dentro de estas unidades se cultivan pastos o cañas, que se encargan de absorber el agua residual y cumplir sus funciones biológicas.

Este enfoque permite evitar el vertimiento de las aguas residuales al suelo y, al mismo tiempo, cultivar o producir material vegetal que puede ser utilizado en la finca para diferentes propósitos, como la producción de abonos o alimento para el ganado. Es importante destacar que, dado que el cultivo es orgánico, no se presentarán trazas de metales pesados ni sustancias químicas que puedan afectar a los seres vivos que los consuman. En la figura 2 se aprecian los componentes y las principales características.

Figura 2. Componentes y características del sistema de tratamiento propuesto



Los humedales construidos con descargas cero son una técnica relativamente reciente. Los primeros estudios e investigaciones sobre esta técnica se presentaron en publicaciones a partir del año 2000. Como resultado, se considera una alternativa novedosa y actualmente se están realizando los primeros diseños para su implementación en algunos países.

Es importante destacar que, debido a su naturaleza y requisitos específicos, la implementación de los humedales construidos con descargas cero suele comenzar en zonas rurales donde existe suficiente espacio para su construcción. Estos espacios rurales proporcionan la oportunidad adecuada para diseñar y establecer estos humedales de manera eficiente. En la figura 3 se observan los humedales construidos con cero descarga y cubierta a escala piloto.

Figura 3. Humedales construidos con cero descarga y cubierta a escala piloto.



El éxito de los humedales construidos con descarga cero se basa en la selección adecuada de las plantas que se cultivan con las aguas residuales. Estas especies de plantas deben cumplir con dos requisitos clave: tener un alto consumo de agua y adaptarse a las condiciones del agua residual. Estas condiciones incluyen una baja concentración de oxígeno disuelto y un pH inferior a 6, así como concentraciones de demanda química superiores a 2000 miligramos por litro, después del almacenamiento prolongado.

En la hacienda Majavita, propiedad de la Universidad Libre, se han realizado evaluaciones de diferentes especies durante varios años. Entre ellas se incluyen el pasto elefante, *Brachiaria mutica*, caña brava, caña castilla, pasto vetiver, entre otros. El objetivo de estas evaluaciones es identificar la especie que cumpla con los requisitos mencionados anteriormente. Hasta el momento, se han obtenido resultados exitosos que han permitido la construcción de unidades a escala real para el tratamiento del agua residual. Estas unidades funcionan de manera apropiada y se adaptan a las condiciones de la cosecha y las características del agua residual.

En la figura 4 se muestra un humedal construido en el que se ha sembrado pasto *Brachiaria mutica*, una de las especies utilizadas en el proceso. Esta especie ha demostrado adaptarse exitosamente a las condiciones del agua y se ha cultivado bajo una cubierta para evitar la entrada de agua de lluvia. Una característica común de los humedales utilizados es que están cubiertos por una estructura traslúcida que permite el paso de la luz, pero no de la lluvia.

Se ha llevado a cabo una evaluación del consumo de agua por parte de las plantas y la producción de biomasa por unidad de área. Los resultados de estas investigaciones se publicarán en revistas científicas y posteriormente se difundirán a través de otros medios para que la comunidad interesada en el manejo de residuos sólidos y líquidos del beneficio del café tenga acceso a esta información. De esta manera, se busca prevenir la contaminación ambiental en las zonas cafeteras y proteger a las personas que consumen agua tanto en áreas urbanas como en viviendas rurales.

La implementación de estos sistemas ofrece la ventaja que la comunidad puede construir la mayoría de las unidades necesarias. Estas unidades incluyen separadores hidráulicos de mucílago, unidades de escurrido, tanques de almacenamiento y humedales con o sin cubierta. Para construirlos, se utilizan materiales disponibles en la finca, como guadua y suelo de las excavaciones, además de plantas que se encuentran fácilmente en la región. Esta estrategia evita la necesidad de importar materiales de otras fincas o lugares, lo cual podría generar problemas a largo plazo si no se gestionan correctamente.

Figura 4. Humedales construidos con cero descarga y cubierta con *Brachiaria mutica*



Los humedales construidos de descarga cero también se presentan como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, como viviendas, escuelas y hoteles, siempre y cuando se cuente con suficiente espacio para su construcción. Estos humedales ofrecen la ventaja de evitar el vertimiento de aguas residuales al suelo y a las fuentes hídricas. Mediante el uso de plantas adecuadas y la impermeabilización de las estructuras con geomembranas, se logra un sistema de tratamiento con bajos requerimientos de mantenimiento y operación en comparación con los sistemas tradicionales. Esto aprovecha los conocimientos de las comunidades rurales y las técnicas de la ingeniería civil y ambiental.



Referencias:

Duque, A. M. F., & Noriega, S. C. L. (2018). Producción de brotes de heliconias en humedales artificiales de evapotranspiración con aguas residuales del beneficio del café. Universidad Libre.

Durán Rangel, M. O. (2018). Desarrollo de un sistema automatizado de medición de nivel de agua en humedales construidos de evapotranspiración. Universidad Libre.

Gregersen, P., & Brix, H. (2001). Zero-discharge of nutrients and water in a willow dominated constructed wetland. In *Water Science and Technology* (Vol. 44, pp. 407–412). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0859>

Madera Parra, C. A. (2016). Tratamiento de lixiviados de relleno sanitario por medio de humedales construidos sembrados con policultivos de plantas nativas. *Ingeniería y Competitividad*, 18(2), 183–192. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30332016000200017&script=sci_arttext&tlng=en#tab1

Rodríguez Valencia, N., Saenz Uribe, J. R., Oliveros Tascón, C. E., & Ramírez Gómez, C. A. (2015). Beneficio del café en Colombia Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café, 37. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/Beneficio-del-cafe-en-Colombia.pdf>

Valencia Quintero, J. (2014). Evaluación de humedales evaporativos para el post tratamiento de aguas residuales domésticas. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4696/333918V152.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vega Serrano, H. A. (2018). Evapotranspiración en humedales con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) como tratamiento de aguas residuales del beneficio del café (escala piloto). *El Centauro*, 10, 41–52. Retrieved from <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/centauro/article/view/6682/5975>