

Biofiltro para remoción de sólidos en aguas residuales de procesamiento de almidón de yuca

Biofilter for solids removal in wastewater from cassava starch processing

<https://doi.org/10.46380/ecotemas-2025-1-4>

Ing. Julián Alejandro Saltos Anchundia

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador
jasaltos993@gmail.com

Recibido: 20/07/2024

Aprobado: 14/10/2024

Publicado: 01/01/2025

Ing. Juan David Zambrano Mora

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador
judaz1994@gmail.com

M.Sc. Flor María Cárdenas Guillén

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador
flor.cardenas@espam.edu.ec

M.Sc. Carlos Ricardo Delgado Villafuerte

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador
cdelgado@espam.edu.ec

M.Sc. Anny Carolina Cedeño Alcívar

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
Ecuador
anny.cedeno@espam.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo implementar un biofiltro para remover sólidos en los efluentes provenientes del procesamiento de almidón de yuca, de las rallanderías de la comunidad San Pablo de Tarugo, Canuto, Manabí, Ecuador. Se empleó el método de investigación hipotético-deductivo. El experimento se realizó sobre la base de un diseño experimental completamente al azar, unifactorial, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, obteniendo 16 unidades experimentales (16 filtros). Se tomaron muestras para cada filtro durante tres semanas, posteriormente fueron llevadas al laboratorio donde se hicieron los análisis de turbidez, pH, SST, SDT y ST. Asimismo, se tomó muestra inicial del agua residual en su disposición final para determinar su porcentaje de sólidos y posteriormente ser comparados con el filtro final implementado y la eficiencia del este. Para el filtro final se implementó el tratamiento (Y2 – H2), que contó con una altura total del lecho de 0,40 metros y una composición de 0,30 metros de cascarilla de arroz, 0,05 metros de arena y 0,05 metros de grava, alcanzando remociones del 72,9% de turbidez, 51,2% de SST, 45,2% de SDT, 61,1% de ST y 64,2% de DBO5. El costo final del filtro fue USD \$107.00 y una duración

estimada de cinco años.

Palabras claves: aserrín, Canuto, cascarilla de arroz, comunidad San Pablo de Tarugo, Ecuador, efluentes, extracción de almidón, Manabí.

ABSTRACT

The research aimed to implement a biofilter to remove solids from the effluents of cassava starch processing at the rallanderías (grating facilities) of the San Pablo de Tarugo community, Canuto, Manabí, Ecuador. The hypothetical-deductive research method was employed. The experiment was conducted based on a completely randomized, single-factor experimental design with four treatments and four repetitions, resulting in 16 experimental units (16 filters). Samples were taken from each filter for three weeks and then analyzed in the laboratory for turbidity, pH, TSS, TDS, and TS. An initial sample of the wastewater in its final disposal was also taken to determine its solids percentage, to be later compared with the final implemented filter and its efficiency. The final filter implemented was treatment (Y2 - H2), which had a total bed height of 0.40 meters and a composition of 0.30 meters of rice husk, 0.05 meters of sand, and 0.05 meters of gravel. This achieved removal rates of 72.9% for turbidity, 51.2% for TSS, 45.2% for TDS, 61.1% for TS, and 64.2% for BOD5. The final cost of the filter was USD \$107.00, with an estimated duration of five years..

Keywords: aserrín, Canuto, rice husk, San Pablo de Tarugo community, Ecuador, effluents, starch extraction, Manabí.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) conocida como el «alimento de los pobres» por las regiones donde se da su mayor producción, es uno de los productos agrícolas que ha adquirido mayor valor en los últimos años. La producción en Latinoamérica es liderada por Brasil, que produce 24,4 millones de toneladas aproximadamente, y la producción es común en la región dada las facilidades de cultivo para productores minoristas y la capacidad de adaptación de la especie (FAO, 2013).

Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) indican que en el año 2006 se registraron el establecimiento de aproximadamente 230 unidades productoras de almidón de yuca semi-mecanizadas o artesanales (rallanderías) en la provincia Manabí. La naturaleza artesanal de esta actividad y la falta de regulación generan serios problemas ambientales, como el inadecuado manejo de las descargas de aguas residuales procedentes de los procesos semi-mecanizados de extracción del almidón (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Los ríos Bejuquillo, Tarugo y Casagrande, de Canuto (una zona destacada en la producción de yuca en la provincia Manabí), son afectados por aguas residuales provenientes de los procesos de extracción del almidón, afectando luego al río Canuto, en el que desembocan los ríos antes mencionados.

El incremento de la producción semi-mecanizada de almidón de yuca alrededor de la comunidad

San Pablo de Tarugo es proporcional a los volúmenes de descargas de aguas residuales provenientes de esta actividad; por esta razón es urgente implementar medidas correctivas acordes con la realidad económica de la comunidad productora.

Se producen aguas residuales en tres momentos: en la etapa de lavado de raíces, de rallado y en el de sedimentación. En el área de estudio se obtienen alrededor de 6.000 qq (272,7 tm) de almidón por año y requiere de aproximadamente 36.000 qq (1.636,4 tm) de raíces frescas, con una tasa de conversión de 6:1, cuando se utilizan las variedades mejoradas (INIAP Portoviejo 650 e INIAP Portoviejo 651) entregadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en 1992 y 1997 respectivamente (Cobeña y Cárdenas, 2010).

El propósito de esta investigación fue implementar un biofiltro para remover sólidos en los efluentes provenientes del procesamiento de almidón de yuca, de las rallanderías alrededor de la comunidad de San Pablo de Tarugo, en la parroquia Canuto, cantón Chone, provincia Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante nueve meses, entre los años 2019 y 2020; para ello se empleó el método de investigación hipotético-deductivo. La revisión bibliográfica, como técnica, permitió recopilar información indispensable para la pesquisa, a la vez que proporcionó las bases científicas para sustentar los principios teóricos que fueron llevados a la práctica. Las principales fuentes de información utilizadas fueron: libros, revistas y artículos de carácter científico; así como la Norma INEN 2176:2013 referente a "calidad de agua", reglamento por el cual se rigió todo muestreo realizado en el estudio.

Se efectuó un diseño completamente al azar (DCA) simple, con un solo factor; el mismo estuvo constituido de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, obteniendo un total de 16 unidades experimentales (16 filtros). Se evaluó la eficiencia del aserrín (x) y la cascarilla de arroz (y) en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. El factor de estudio fue el medio filtrante (aserrín o cascarilla) en distintos niveles ($H_1=0,35$ m, $H_2=0,30$ m).

Se establecieron cuatro tratamientos compuestos de tres materiales filtrantes, 0,05 m de grava y 0,05 m de arena como base en todas las repeticiones, el aserrín y la cascarilla de arroz se dispusieron en niveles diferentes ($H_1=0,35$ m y $H_2=0,30$ m) para evaluar cual grosor de la capa tuvo mayor eficiencia en la remoción de materia orgánica.

Para la determinación del porcentaje de sólidos de las aguas residuales agroindustriales, se realizó la toma de una muestra compuesta de aguas residuales de la rallandería, bajo la normativa INEN 2176:2013 para poder efectuar los análisis de sólidos basados en parámetros físicos y químicos tales como: sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos, turbiedad, pH y adicionalmente DBO5. Este último parámetro se midió exclusivamente para comparar los resultados con la remoción de sólidos de los efluentes del filtro final que se implementó y de

esta manera medir su eficiencia.

El filtro biológico para la remoción de sólidos en aguas residuales agroindustriales de la extracción de almidón de yuca se diseñó de acuerdo a la metodología propuesta por Guzmán y Vélez (2018), quienes establecieron dimensiones específicas de 0,50 m de longitud y 0,1016 m de diámetro para cumplir con los parámetros requeridos para la filtración, y así disminuir la carga orgánica en aguas residuales y remover sólidos.

Para la determinación de la eficiencia y el costo del filtro implementado se midieron la remoción de sólidos en los efluentes postratamiento, en las variables sólidos totales (TS), sólidos suspendidos totales (TSS), sólidos disueltos totales (TDS), turbidez y potencial de hidrógeno (pH). El análisis de demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) se realizó únicamente en la muestra inicial y en los efluentes (postratamiento) del filtro seleccionado para depurar las aguas de la rallandería. De esta manera se evaluó la remoción de sólidos y eficiencia del filtro.

Se determinó el costo del filtro biológico a implementar en la rallandería; es decir, aquel tratamiento que demostró ser más eficiente.

Para el análisis estadístico se ingresaron los datos resultantes en el Software SPSS 2.5 para su respectivo análisis de varianza y la prueba de Tukey con 5% de margen de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del porcentaje de sólidos de las aguas residuales agroindustriales

Los resultados del análisis químico del agua residual que genera la rallandería estudiada presentó un ligero color gris, altos niveles de turbidez y sólidos, debido a que no cuenta con procesos de tratamiento para estas aguas (Tabla 1). Estos resultados fueron similares a los encontrados por Torres *et al.* (2003), quienes señalan que este problema se debe a ineficientes procesos de separación del almidón y la mancha; esta última aporta gran cantidad de materia orgánica a las aguas residuales de esta actividad productiva.

Tabla 1. Resultados de la muestra y límites máximos permisibles de los parámetros en estudio.

Parámetros	Unidades	Muestra	Límite máximo permisible (TULSMA)
pH		5,77	5-9
Turbidez	FNU/NTU	282	No registra
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/l	400	100
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/l	576	NO REGISTRA
Sólidos Totales (TS)	mg/l	1200	1600
DBO ₅	mg/l	400mgO ₂ /l	100

Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

Desarrollo a escala piloto de filtro biológico para la remoción de materia orgánica en aguas residuales agroindustriales

Diseño de un filtro biológico. Se fabricó un filtro biológico vertical de flujo descendente. Se obtuvieron 16 filtros de 0,50 m de altura y 0,10 cm de diámetro siguiendo la metodología de Guzmán y Vélez (2018). Cada filtro tiene una capacidad de 0,0040 m³ que equivale a 4 L y un área superficial total de 0,17 m².

Construcción de los filtros biológicos. Se obtuvo el material filtrante cascarilla de arroz de una piladora de arroz y el aserrín de un taller de madera de la zona. Se diseñó un sistema de abastecimiento para el filtrado de agua residual constituido por un tanque elevado a dos metros con una capacidad de 250 litros, alimentado por una bomba de una pulgada. El tanque distribuyó el agua mediante un tubo de una pulgada unido a un segundo tubo de igual diámetro colocado de manera horizontal; a su vez en este tubo se colocaron reducciones de 1 a ½ pulgada para unir cuatro tubos de ½ pulgada de dos metros cada uno, colocados de manera horizontal y en paralelo a 0,50 m de distancia entre cada tubo. Estos tubos de dos metros fueron cortados en cuatro partes de 0,50 m para instalar uniones de ½ con llaves de paso para controlar el flujo de agua hacia los filtros empacados.

Los resultados de las evaluaciones se realizaron con base a los factores de estudio para el análisis estadístico, que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Factores de estudio para el análisis estadístico.

Factores inter-sujetos			
	Etiqueta de valor		N
Material filtrante	X	Aserrín	8
	Y	Cascarilla de Arroz	8
Altura del material	1	0,35 m	8
	2	0,30 m	8

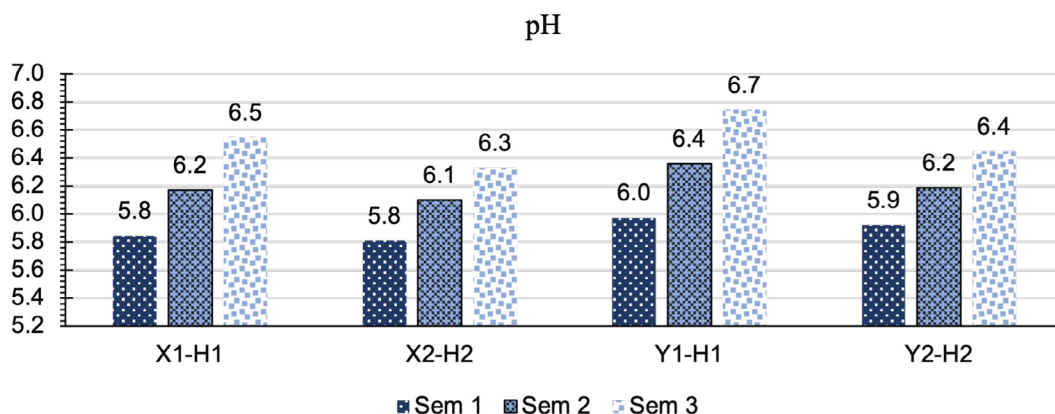
Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

Con estos datos se obtuvo como resultado el comportamiento de cada parámetro en cuanto a la remoción de sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, pH y turbidez respecto al tiempo.

Referente a la remoción de la materia orgánica en aguas residuales agroindustriales del procesamiento de la yuca, en el pH resultante (Figura 1), se evidenció una disminución de acidez desde la primera semana con un valor de seis, llegando a reducir la acidez hasta un pH de 6,7 cercano a la neutralidad, tomando 5,7 como valor de la muestra inicial y siete como valor de pH óptimo, se tuvo un rango de 1,3 que representa el 100%, del cual se alcanzó un 77% de disminución de acidez aproximadamente. Este mismo patrón se mostró en otras investigaciones

como el estudio de aguas residuales realizado por Pérez *et al.* (2009), quienes detectaron un pH de 5,75 en aguas residuales.

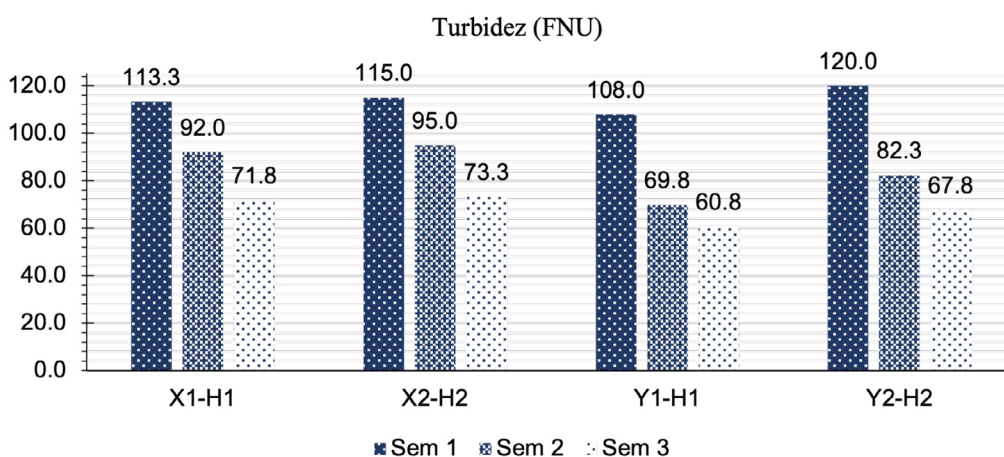
Figura 1. Valores de pH de las aguas residuales de las semanas 1, 2 y 3.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

La turbidez evidenció una disminución en un amplio rango de sus valores (Figura 2); sin embargo, son relativamente superiores a un estudio realizado por Aguilar y Másmela (2017), las cuales obtuvieron 82 FNU/NTU. Los tratamientos del factor “Y” sí alcanzaron valores menores a los de dichos autores.

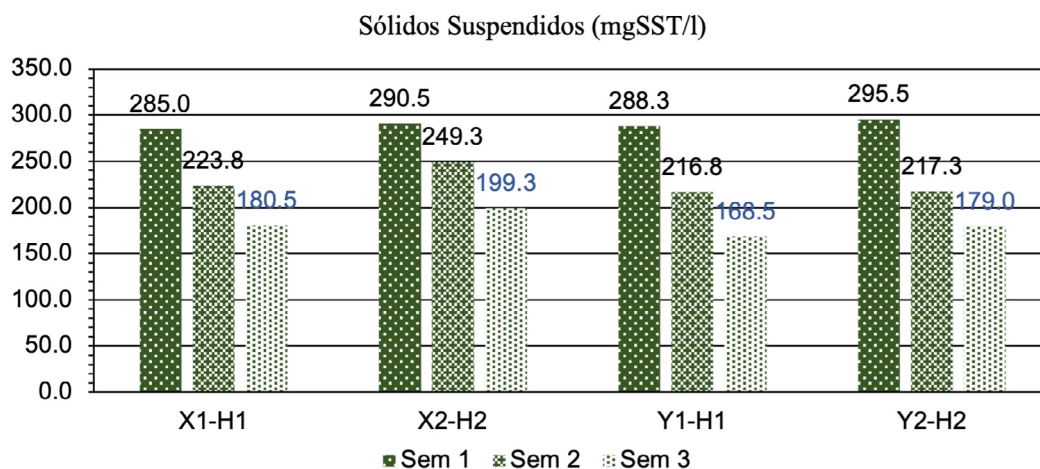
Figura 2. Valores de turbidez de las aguas residuales de las semanas 1, 2 y 3.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

Referente a los sólidos suspendidos se observó una disminución gradual, alcanzando hasta 168,5 mg/l (Figura 3). En este estudio se superaron los valores alcanzados por Torres *et al.* (2003), con aproximadamente tres veces mayor remoción, quienes registraron un valor de 1.190 mg/l en aguas residuales del mismo proceso, alcanzando un promedio de 450 mg/l post tratamiento.

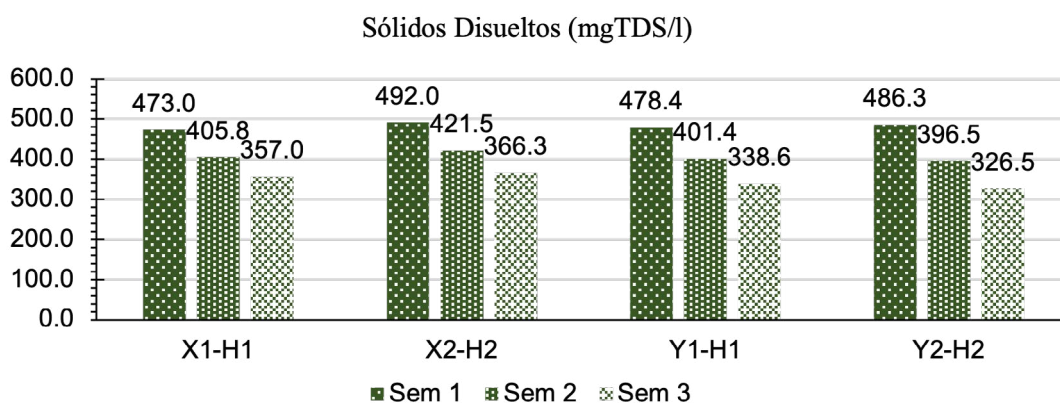
Figura 3. Valores de SST de las aguas residuales de las semanas 1, 2 y 3.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

En cuanto a sólidos disueltos, los análisis mostraron una disminución de la concentración, similar al comportamiento de las demás variables en estudio. La concentración disminuyó hasta alcanzar 326,5 mg/l en la última semana del experimento (Figura 4).

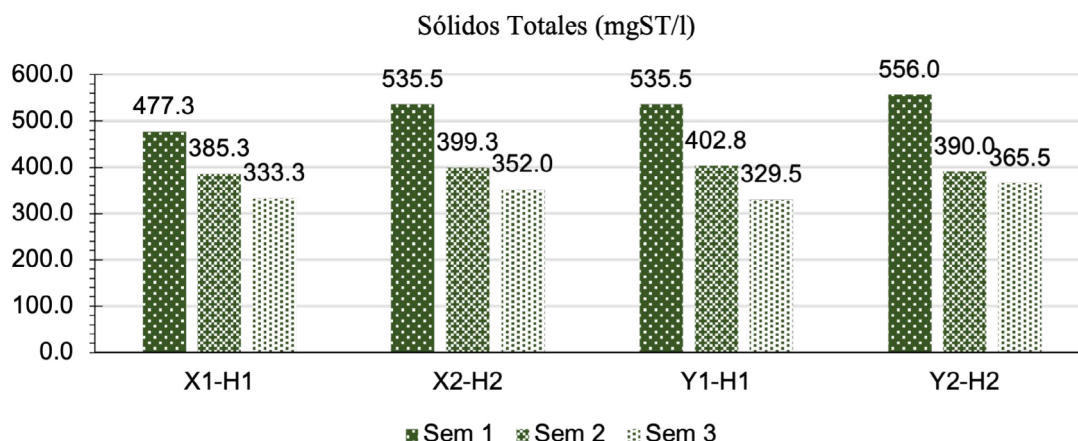
Figura 4. Valores de TDS de las aguas residuales de las semanas 1, 2 y 3.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

Se destacan en la reducción de sólidos totales (Figura 5), los tratamientos del factor H1 (h= 0,35m), siendo Y1 – H1 el tratamiento con mayor remoción de sólidos. En la muestra realizada se obtuvo un resultado de 1.267,8 mg/l, este fue un valor mayor al que obtuvieron Argandoña y Macías (2013), quienes dentro de su estudio en aguas residuales de procesos industriales registraron un valor de 796 mg/l. En la tercera semana se obtuvieron valores de 345 mg/l en promedio, cumpliendo con la normativa vigente.

Figura 5. Valores de ST de las aguas residuales de las semanas 1, 2 y 3.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

El análisis de varianza (Tabla 3), demostró que no hay diferencia significativa entre material filtrante y la altura del lecho, partiendo de los resultados de significancia obtenidos (p-valor).

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA).

Pruebas de efectos inter-sujetos: pH					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,067 ^a	3	0,022	1,113	0,382
Material	0,059	1	0,059	2,942	0,112
Altura	0,008	1	0,008	0,383	0,548
Material * Altura	0	1	0	0,015	0,904
Error	0,24	12	0,02		
Total	555,027	16			
Total corregido	0,307	15			

a. R al cuadrado = ,218 (R al cuadrado ajustada = ,022)

Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

La prueba de Tukey mostró que, respecto a las comparaciones múltiples entre tratamientos para los variables pH, remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos totales, no se encontraron diferencias significativas, dado que existen valores superiores a 0,05 en cada uno de ellos.

A pesar de que estas variables pueden variar por la composición del agua residual, la productividad de la rallandería y el tiempo se confirma que no existe diferencia significativa entre tratamientos, con base en el "p-valor".

La turbidez fue la única variable donde existió diferencia significativa, la cual se muestra entre el tratamiento Y1-H1 y X2-H2, como se observa en la tabla 4, en donde el p-valor es menor a 0,05 (Tabla 4).

Tabla 4. Significancia de tratamientos para el parámetro de Turbidez.

Comparaciones múltiples						
Variable: Turbidez HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
X ₁ -H ₁	X ₂ -H ₂	-3	3,94493	0,871	-14,7121	8,7121
	Y ₁ -H ₁	22,25000*	3,94493	0,001	10,5379	33,9621
	Y ₂ -H ₂	9,75	3,94493	0,116	-1,9621	21,4621
X ₂ -H ₂	X ₁ -H ₁	3	3,94493	0,871	-8,7121	14,7121
	Y ₁ -H ₁	25,25000*	3,94493	0	13,5379	36,9621
	Y ₂ -H ₂	12,75000*	3,94493	0,032	1,0379	24,4621
Y ₁ -H ₁	X ₁ -H ₁	-22,25000*	3,94493	0,001	-33,9621	-10,5379
	X ₂ -H ₂	-25,25000*	3,94493	0	-36,9621	-13,5379
	Y ₂ -H ₂	-12,50000*	3,94493	0,035	-24,2121	-0,7879
Y ₂ -H ₂	X ₁ -H ₁	-9,75	3,94493	0,116	-21,4621	1,9621
	X ₂ -H ₂	-12,75000*	3,94493	0,032	-24,4621	-1,0379
	Y ₁ -H ₁	12,50000*	3,94493	0,035	0,7879	24,2121

Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

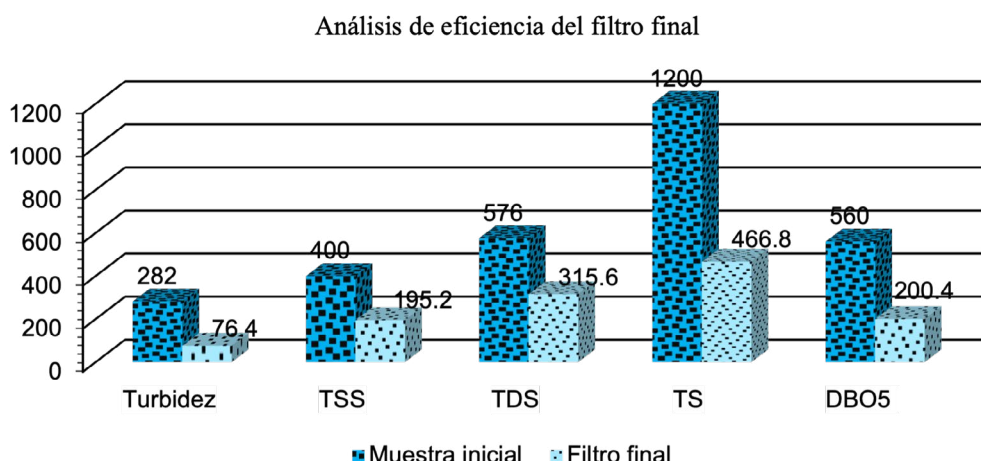
Determinación de la eficiencia y el costo del filtro implementado

Se implementó un filtro con las proporciones del tratamiento X2-H2, el cual presentó diferencia significativa en la variable turbidez. Se instaló un filtro biológico. Este se construyó con un tanque de PVC (Policloruro de Vinilo) de capacidad de 250 litros. Se utilizó la misma metodología del experimento, colocando una malla con soporte (debidamente impermeabilizado) para la retención del material filtrante. Se estableció además una capa o malla plástica para distribuir de forma homogénea el agua residual que ingresó. El transporte de agua residual se realizó por bombeo mediante mangueras y tuberías de PVC de ½ pulgada, con un sistema para detener el flujo de manera automática al haber sobrecarga de agua residual, obteniendo aproximadamente 11,45 m³/h, de agua filtrada.

Una vez terminado el filtro se procedió al análisis de las muestras para determinar la remoción de sólidos de este, a partir de la segunda semana de su puesta en marcha. Se realizaron tres

tomas de muestras, los días uno, cuatro y seis, de la misma semana. De dichos análisis se realizó un promedio donde se observa que el filtro alcanzó en promedio una remoción de 72,9% de turbidez, 51,2% de SST, 45,2% de SDT, 61,1% de ST y 64,2% en la remoción de DBO. Es de aclarar que esta última variable no fue parte del experimento, solo se realizó su análisis como medida adicional a la prueba de eficiencia del filtro final implementado, ya que el objetivo de la investigación fue limitado a la remoción de sólidos. Los valores de la muestra inicial y del efluente post-tratamiento se presentan en la figura 6.

Figura 6. Análisis de eficiencia, muestra inicial vs muestra final.



Fuente: Saltos y Zambrano, 2020.

Los resultados de pH mostraron que se inició con un pH de 5,77, que el filtro final logró disminuir la acidez hasta llegar a un pH de 6,6.

Una de las ventajas del filtro final implementado fue su bajo costo, dado que no requiere de materiales de alto valor económico, ya que en su mayoría son reciclables, tales como el aserrín y la cascarilla de arroz, los cuales constituyen el lecho que se cambia periódicamente y se puede obtener de manera gratuita en Ecuador en aserraderos de madera y pequeñas empresas arroceras, respectivamente. El precio final del filtro se estableció con base en los materiales utilizados. Los costos de los estudios técnicos para su diseño, la mano de obra de construcción, instalación y mantenimiento no están incluidos, por ser este un proyecto de investigación sin fines de lucro, dirigido al desarrollo de la comunidad.

El aserrín es un material reciclable que se puede obtener a un precio muy bajo (1 USD / bolsa de 36 x 36 cm). El costo que genera este material varía en función del transporte y almacenamiento. De la misma manera ocurre con la arena y la grava que tienen precios relativamente bajos en el mercado (2 y 5 USD / qq respectivamente). Los costos de los materiales utilizados en la implementación de un filtro biológico y sus costos de mantenimiento se detallan en la tabla 5. Los costos del sistema de abastecimiento de agua residual y mano de obra constan en dicha tabla, pero no forman parte del precio final, ya que esto no es parte del sistema de filtración y

puede variar de acuerdo con los requerimientos de la empresa. Por lo tanto, el precio final del filtro es de \$107,00 USD.

Tabla 5. Costo del filtro biológico.

Materiales	Precio (USD)	Frecuencia de mantenimiento
1 Tanque 250 litros	\$60,00	5 años
2, Malla soporte	\$40,00	1 año
3 Arena	\$2,00	1 mes
4 Grava	\$5,00	1 mes
5 Tuberías de abastecimiento y accesorios	\$80,00	2 años
6 Mano de obra	\$40	-
Total	\$227,00	-
Precio del filtro	\$107,00	

Fuente: Elaborada por los autores.

CONCLUSIONES

El agua residual de la rallandería estudiada presentó altos niveles de acidez, turbidez y por consiguiente de sólidos. Aun siendo elevados estos niveles, se mantienen dentro de los niveles máximos permisibles por la legislación ambiental de Ecuador, con excepción de los sólidos suspendidos totales cuyo valor (400 mg/l) superó considerablemente la norma (100 mg/l), y la DBO₅ que superó la normativa en la misma proporción

Se confirma la hipótesis planteada para todas las variables, con excepción de SDT (sólidos disueltos totales) que no alcanzó el 50% de remoción establecida.

Se implementó el tratamiento (Y2 - H2) para el filtro final, el cual contaba con una altura total del lecho de 0,40 m y una composición de 0,30 m de cascarilla de arroz, 0,05 m de arena y 0,05 m de grava el mismo que alcanzó remociones de 72,9% de turbidez, 51,2% de SST, 45,2% de SDT, 61,1% de ST y 64,2% en la remoción de DBO₅. El costo final del filtro fue de 107,00 USD, con una duración de cinco años aproximadamente, con un mantenimiento periódico.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, N. y Másmela, A. (2017). Evaluación de almidón de Manihot esculenta (Yuca) y Musa AAB Simmonds (Plátano) en procesos de coagulación y floculación para el tratamiento de aguas residuales en la PTARD del parque agroindustrial de occidente -PAO. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia.

Argandoña, L. y Macias, R. (2013). Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados

y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.

Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/4/a1028s/a1028s00.htm>

Cobeña, G. A. y Cárdenas, F. M. (2010). Investigación de alternativas de mercado de yuca y camote para los/as pequeños/as productores/as de Manabí Ecuador. Portoviejo, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4119>

Guzmán, W. y Vélez, S. N. (2018). Evaluación de mezcla de cascarilla de arroz y barro como medio filtrante para remoción de sólidos suspendidos en agua de río. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO, 2013). Ahorrar para crecer. Una guía para la producción sustentable e intensificación de la producción. <https://www.fao.org/4/i2215s/i2215s00.pdf>

Pérez, A., Torres, P., y Silva, J. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. Optimización de variables ambientales y operacionales. Dyna Vol. 76, No. 160: 139-148. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13594>

Torres, P., Rodríguez, J., y Uribe, I. (2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. Scientia et technica, 3, núm, 23: 75-80.