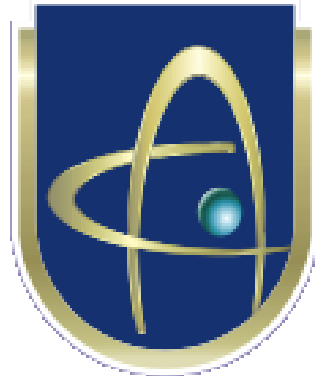


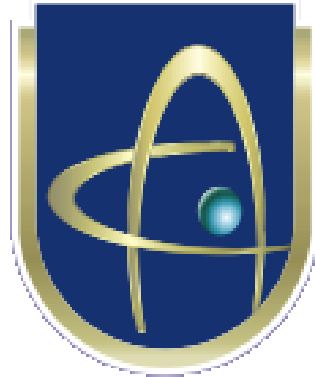
**TECNOLOGÍA DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN ESTADO
SÓLIDO Y LÍQUIDO, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DOMÉSTICAS.**



**YENNY LILIANA URREA MUÑOZ
YENY YANETH GONZÁLEZ DÍAZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
2019**

**TECNOLOGÍA DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN ESTADO
SÓLIDO Y LÍQUIDO, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DOMÉSTICAS.**



**YENNY LILIANA URREA MUÑOZ
YENY YANETH GONZÁLEZ DÍAZ**

**Trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**Director
ARNOLD ARIAS HOYOS, Biólogo**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez revisado el documento final del trabajo de grado titulado “Tecnología de microorganismos eficaces (EM) en estado sólido y líquido para el tratamiento de aguas residuales”, realizado por las estudiantes Yenny Liliana Urrea Muñoz y Yeny Yaneth González, se autoriza la sustentación de este para optar al título profesional en Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Arnold Arias Hoyos, Biólogo.

Director

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Adriana Lorena Sánchez Vergara, Magíster

Jurado 1

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Julián Betancourt, Ingeniero Químico

Jurado 2

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Popayán, noviembre 15 de 2019

DEDICATORIA

Este triunfo anhelado se dedica primero a DIOS quien nos ha regalado vida, sabiduría y entendimiento para así con su ayuda lograr cada paso propuesto.

Agradecidas por regalarnos una familia que ha sido un apoyo incondicional, gracias a ellos nos encontramos llenas de felicidad. También a los maestros por inspirar y guiar este camino de conocimientos. Hoy se ratifica que con esfuerzo y dedicación podemos ver los sueños hechos realidad.

Gracias.

**YENNY LILIANA URREA MUÑOZ
YENY YANETH GONZÁLEZ DIAZ**

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a DIOS, quien ha sido un acompañante incansable, siempre presente en cada paso dado, guiándonos por el mejor camino para lograr lo que un día fue un sueño, con empeño, esfuerzos y compromiso una parte de este, se hace realidad después de un largo tiempo donde se vivenciaron muchos sentimientos, pero siempre bajo la fortaleza de nuestro Señor, continuamos sin rendirnos gracias a nuestras familias por estar presentes, ser parte de este triunfo y celebrar esta alegría juntos.

**YENNY LILIANA URREA MUÑOZ
YENY YANETH GONZÁLEZ DIAZ**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I. PROBLEMA	14
1.1. Planteamiento del problema	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Aguas residuales.....	19
2.2.2. Aguas residuales domésticas	20
2.2.3. Tratamiento de aguas residuales.....	20
2.2.4. Tecnología EM (Microorganismos eficaces)	24
2.2.5. Aplicación de la tecnología EM en agua residuales	25
2.3. Bases legales.	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	28
2.1. Fase 1. Diagnóstico.....	28
2.1.2. Toma de muestras.....	29
2.1.3. Parámetros fisicoquímicos a evaluar.	30
Biodegradabilidad de la carga orgánica	30
2.1.5. Cálculo del Porcentaje de remoción	30
3.1. Fase 2: Determinar el porcentaje de remoción de carga orgánica a través de DBO, DQO y SST en aguas residuales domésticas utilizando la tecnología EM en estado sólido y líquido mediante ensayo de laboratorio.....	31
3.1.1. Actividad 1 Diseño experimental.....	31
3.1.2. Actividad 2 Características del reactor.....	31
3.2. Fase 3. Evaluar la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldon, Cauca.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
3.3. 4.1. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DEL AGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA EM EN ESTADO SÓLIDO Y LÍQUIDO.	38
4.1.1. Caracterización del afluente de la finca la legua.....	38
4.1.2 Biodegradabilidad de las aguas de la finca la Legua	38
4.1.3 Evaluación de resultados de corridas experimentales	39
Porcentaje de remoción para SST.....	49

4.1.4 Selección del reactor con mayor desempeño	49
4.2 Tecnología EM con mayor eficiencia	51
4.1. 4.2. EVALUAR la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldono, Cauca.	56
4.2.1. Aplicación de la tecnología EM en el sistema piloto	56
4.2.2 Costo Beneficio	60
4.2. Diseño de sistema de tratamiento para tratamiento de aguas residuales domésticas, con trampa de grasas, tanque séptico y FAFA	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS	71

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normatividad legal para agua potable y saneamiento básico.	26
Tabla 2. Resumen metodología.....	28
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos monitoreados en la investigación.....	30
Tabla 4. Ecuación de Cociente DBO/DQO para un agua biodegradable y un agua difícilmente biodegradable.	30
Tabla 5. Concentración del afluente.	38
Tabla 6. Parámetros medios físico químicos, UNIAUTÓNOMA.....	39
Tabla 7. Remoción de DBO según diferentes actores, al aplicar Microorganismos eficiente a las aguas residuales de procedencias diversas.	48
Tabla 8. Resultados obtenidos parámetros fisicoquímicos del sistema piloto.	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. <i>Fuente: Diana María Beltrán Beltrán, 2016</i>	22
Figura 2 : Ubicación geográfica territorio de estudio. <i>Fuente: Propia</i>	29
Figura 3. Diagrama del reactor anaerobio a escala de laboratorio. <i>Fuente: propia</i> .32	32
Figura 4. Tecnología EM (Microorganismos eficaces) en estado sólido. <i>Fuente: Propia</i>	33
Figura 5. Tecnología EM (Microorganismos eficaces) en estado líquido. <i>Fuente: Fundases</i>	33
Figura 6. Diagrama de reactores anaerobios para corridas experimentales. <i>Fuente: Propia</i>	34
Figura 7. Sistema encontrado en la finca la Legua. <i>Fuente: Propia</i>	35
Figura 8. Sistema piloto de tratamiento de ARD (A) trampa de grasas, (B) tanque séptico y (C) Filtro anaerobio. <i>Fuente: Propia</i>	36
Figura 9. Sistema piloto de tratamiento de ARD. <i>Fuente: Propia</i>	37
Figura 10. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con el reactor 1(EM sólido): (A) DQO (B) DBO ₅ (C) SST (D) porcentajes de remoción media. <i>fuentes propia</i>	40
Figura 11. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con EM líquido: (A) DQO (B) DBO ₅ (C) SST (D) Porcentajes de remoción medias. <i>Fuente propia</i>	45
Figura 12. Comparación de resultados obtenidos en porcentaje de remoción media para DQO, DBO ₅ y SST en las corridas experimentales (A) Bokashi EM Y (B) Tecnología EM líquida. <i>Fuente propia</i>	50
Figura 13. Agua residual doméstica. (0) muestra en blanco, (1) EM líquido y (2) EM sólido. <i>Fuente: Propia</i>	51
Figura 14. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con EM (medio poroso): (A) DQO (B) DBO ₅ (C) SST (D) Porcentajes de remoción media. <i>Fuente Propia</i>	53
Figura 15. Comportamiento del potencial de hidrógeno durante las corridas experimentales. <i>Fuente. Propia</i>	55
Figura 16. porcentaje de remoción parámetros fisicoquímicos. <i>Fuente propia</i>	59
Figura 17. Costos y beneficios. <i>Fuente propia</i>	60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Norma Técnica NTC-ISO 5667 / 2	71
Anexo 2. Ficha técnica EM (Microorganismos eficaces).....	72
Anexo 3. Datos medios obtenidos para DBO ₅ , DQO Y SST.....	76
Anexo 4. Resultados obtenidos para corrida experimental _ tecnología EM en medio poroso.....	79
Anexo 5. Costos Sistema de tratamiento unifamiliar.....	83
Anexo 6. Registro fotográfico.....	84
Anexo 7. Resultados de laboratorios de Sólidos Suspendidos Totales.	86
Anexo 8. Memoria de cálculos para trampa de grasas, tanque séptico y FAFA...	87
Anexo 9. Vista en planta- sistema piloto finca la Legua	95
	79

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la vereda Cerro Alto, municipio de Caldon, Departamento del Cauca, donde se evaluó la tecnología de Microorganismos Eficaces (EM) en estado sólido y líquido para el tratamiento de aguas residuales domésticas (ARD), mediante tres fases, la primera correspondió a diagnóstico, continuando con el monitoreo de las ARD mediante corridas experimentales en reactores tipo Batch a escala laboratorio y la tercera en la aplicación de la tecnología con mayor eficiencia en el sistema piloto de tratamiento ARD instalado en la finca la Legua de Caldon.

Los microorganismos presentes en la tecnología EM utilizan los contaminantes presentes en el agua, como fuente de carbono y energía para su metabolismo lo que facilita la disminución de carga contaminante, en este caso en un sistema de tratamiento anaerobio. para evaluar los resultados se utilizó porcentajes de remoción de los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua, resultando que con la aplicación la tecnología EM en estado líquido se obtuvo mayor eficiencia de remoción, dado que la DBO₅ fue de 38% en 72 horas, la DQO en 48 horas generó remoción del 44% Y SST 81% en 48 horas.

Con el propósito de mejorar el % de remoción de carga contaminante se realizó una corrida experimental adicional donde se inoculó EM líquido en un medio poroso y resultó que para DBO₅ la remoción fue del 32%, DQO de 50,07 % y SST 88,04% a las 72 horas de monitoreo. Continuando con la siguiente fase de experimentación se procedió a aplicar la tecnología EM evaluada en un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales, el cual consta de una trampa de grasas, un tanque séptico y FAFA, construido de manera artesanal, resultando que el porcentaje de remoción para el total del sistema fue de DBO₅ de 64,93%, DQO 62,79% Y SST 90,07%.

Palabras claves: *Agua residuales domésticas, anaerobio, microorganismos eficaces, porcentaje de remoción.*

ABSTRACT

The study was carried out in Cerro Alto, municipality of Caldono, Department of Cauca, where the technology of Effective Microorganisms (EM) was evaluated in solid and liquid state for the treatment of domestic wastewater (ARD), through three phases, the first was a diagnosis, Continuing with the monitoring of ARD by experimental runs in Batch type reactors at laboratory scale and the third in the application of the technology with greater efficiency in the ARD pilot treatment system installed in the farm the Legua de Caldono.

The microorganisms present in the EM technology use the contaminants present in the water, as a source of carbon and energy for their metabolism which facilitates the reduction of polluting load, in this case in an anaerobic treatment system. the percentages of removal of the physico-chemical parameters of water quality were used to evaluate the results, with the result that the application of the EM technology in the liquid state resulted in greater removal efficiency, Since DBO5 was 38% in 72 hours, COD in 48 hours generated 44% removal and SST 81% in 48 hours.

For the purpose of improving the % removal of pollutant load an additional experimental run was performed where liquid EM was inoculated in a porous medium and it turned out that for DBO5 the removal was 32%, COD 50.07% and SST 88,04% at 72 hours of monitoring. Continuing with the next phase of experimentation, we proceeded to apply the EM technology evaluated in a pilot wastewater treatment system, which consists of a grease trap, a septic tank and FAFA, built in an artisanal way, resulting that the percentage of removal for the total system was DBO5 of 64.93%, COD 62.79% and SST 90.07%.

KEYWORDS: Household sewage, anaerobic, effective microorganisms, percentage of removal.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación indaga en la importancia de optimizar el tratamiento de aguas residuales domésticas haciendo uso de procesos biológicos y sobre todo de bajo costo, esto teniendo en cuenta que el recurso hídrico es un medio vital de gran valor económico, social y ambiental. El saneamiento ambiental como acción técnica que protege la salud pública, permite garantizar el manejo adecuado de las aguas contaminadas para ser vertidas al medio y que estas no deterioren los recursos existentes ni la salud de los ecosistemas; sin embargo en el mundo 6 de cada 10 personas, es decir, 4500 millones de personas carecen de saneamiento básico, de estos 2300 millones no disponen de estos servicios, esto incluye a 600 millones de personas que comparten un inodoro o letrina con otros hogares y 892 millones de personas, la mayoría en zona rural que defecan al aire libre. En consecuencia 36100 niños menores de cinco años mueren cada año a causa de diarrea. El saneamiento deficiente y el agua contaminada también están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea.[1]

Este panorama generó al grupo de trabajo gran inquietud sobre cómo contribuir con alternativas para el manejo de aguas residuales domésticas en zonas rurales donde la necesidad es latente y los recursos son limitados. El aumento progresivo de la población ocasiona mayor demanda de recursos con su consecuente contaminación. En la actualidad solo el 48,2% de los municipios de Colombia cuentan con planta de tratamiento de agua residuales.[2] Cabe resaltar que la mayoría de estas infraestructuras se encuentran en cabeceras municipales por lo tanto el porcentaje para el área rural es menor.

La tecnología avanza en pro de mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, procesos físicos que permiten preparar el agua para procesos siguientes y procesos bioquímicos que propenden por mejorar su calidad. Los microorganismos juegan un papel fundamental en la regeneración de contaminantes, es así como este estudio pretende ampliar los conocimientos en la eficacia de la tecnología EM (Microorganismos eficaces) que hoy se divulgan en el mundo por su gran capacidad de convertir la carga contaminante en fuente de carbono y energía para su subsistencia.

Es así que por medio de reactores a escala laboratorio se comparó la tecnología EM en su medio líquido y sólido, analizando su comportamiento mediante el monitoreo de algunos parámetros fisicoquímicos (DBO_5 , DQO, SST) para así determinar sus porcentajes de remoción, una vez se obtuvieron los resultados se aplicó la tecnología con mayor eficiencia en un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales ubicado en zona rural del municipio de Caldono, con el fin de optimizar el sistema y reducir la carga contaminante que es vertida a fuentes de agua las cuales posteriormente son utilizadas frecuentemente por pobladores para riego de cultivos e incluso para consumo directo.

CAPITULO I. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El agua es un recurso vital para el buen funcionamiento de las actividades humanas, el desarrollo económico y en general para el bienestar social. El crecimiento de la población ocasiona mayor demanda con su consecuente contaminación deteriorando su calidad. La Organización Mundial de la Salud (OMS), pone de manifiesto que una de cada tres personas de todo el mundo, el equivalente a 2,4 mil millones, todavía carece de acceso a instalaciones de saneamiento. Para Colombia indica que la cobertura de saneamiento en zonas urbanas pasó de un 93% en 1990 a 97% en 2015, la cobertura en el área rural fue de 45% a 74% en el mismo periodo con una deficiencia del 26%. [3] La Vicepresidencia en su página oficial, reporta que en un periodo de 6 años se invirtieron \$ 7.6 billones en acueducto y alcantarillado, beneficiando a 9.1 millones de colombianos [4]. Cabe resaltar que a pesar de los esfuerzos financieros en manejo de aguas residuales (AR) todavía hay necesidades por cubrir para disponer de salud ambiental.

Una de las prácticas más comunes que no es ajena al municipio de Caldono es la disposición directa de aguas residuales domésticas (ARD) a cuerpos de aguas superficiales y suelo. Esto genera una problemática en el campo de la salud pública, puesto que el manejo inadecuado de las ARD genera enfermedades como diarrea aguda (EDA), enfermedades transmitidas por alimentos, fiebre tifoidea y paratifoidea y hepatitis A. En Colombia para el caso de enfermedades diarreicas agudas, según la tasa de mortalidad en menores de 5 años/100.000 Habitantes, relaciona que, aunque hubo disminución de la tasa hasta el año 2011 en un 19.5%, a partir del año 2012 se aprecia un incremento sostenido en la tasa de mortalidad alcanzando en el 2014 a 34.5%. [5]

El municipio de Caldono cuenta con aproximadamente 33122 hab. [6], de los cuales el 95% habitan en zona rural y el 5% en el casco urbano. En materia de saneamiento la zona urbana cuenta con planta de tratamiento de agua residual, sin embargo, gran parte del área rural carece de alcantarillado, predominando los pozos sépticos y letrinas, situación que genera problemáticas como malos olores, proliferación de vectores, enfermedades y deterioro de la calidad del recurso.

De igual manera cabe resaltar que la escasez de agua para consumo en periodos secos del año ha llevado que se tomen medidas para el racionamiento del recurso en este territorio. De ahí la importancia en generar nuevos conocimientos en biorremediación y la generación de alternativas económicas y sostenibles como soluciones individuales para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales, que además pueden propender a darle un reúso a este tipo de aguas, lo que a su vez contribuye a la sostenibilidad de los productores rurales y principalmente de los ecosistemas que viene siendo afectados por este tipo de contaminación.

FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Con base en los anteriores cuestionamientos surge la siguiente pregunta de investigación: ¿La tecnología de Microorganismos Eficaces (EM) es competente en el tratamiento de aguas residuales domesticas en estado sólido o líquido?

1.2. Justificación

Según la Organización Mundial de la Salud, se estima que el 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales sin tratar y que el 32 % no tiene acceso a servicios adecuados de saneamiento, generando 280.000 muertes asociadas a enfermedades de carácter hídrico. Se estima que el 4% del total de muertes en el mundo están relacionadas con la calidad del agua, higiene y saneamiento. En América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas agudas, son una de las diez causas principales de muertes por año, principalmente por manejo inadecuado de aguas residuales.[7]. En Colombia las deficiencias en la cobertura de servicios públicos, como agua potable y saneamiento básico, representan costos de \$2,2 billones de pesos (0,27% del PIB de 2015) que, aunados a los problemas de desnutrición, contribuyen con 905 muertes y 29 millones de enfermedades.[8]

Teniendo en cuenta la importancia ambiental y social que representa la calidad del agua, el Plan Nacional de Desarrollo, “Pacto por Colombia – pacto por la equidad ” 2018 - 2022, plantea que “ El pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos”, se adelantarán acciones que garanticen la gobernanza comunitaria y sostenibilidad de las soluciones adecuadas de agua potable, manejo de aguas residuales y residuos sólidos para incrementar la cobertura, continuidad y calidad de los servicios en zonas rurales.[9] De igual forma el plan de desarrollo territorial del municipio de Caldon, 2016 -2019,” Construcción social con respeto y equidad” plantea desarrollar los objetivos del desarrollo sostenible 2030, objetivo 6 plantea garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.[10]

Por consiguiente indagar en alternativas que permitan optimizar el tratamiento de aguas residuales domésticas es una necesidad prioritaria y la tecnología EM, manifiesta ser ese tratamiento de biorremediación que mejora la calidad del agua en el control de patógenos debido a la competencia por nutrientes, la liberación de sustancias enzimáticas, como también permite el mejoramiento de los parámetros (DBO, DQO, Turbidez, Sólidos Totales, Grasas Y Aceites, Patógenos como Coliformes E. coli y Salmonelas) y disminuye olores a partir de la transformación de materia orgánica[11]. Por lo mencionado anteriormente es de gran importancia la generación de nuevos conocimientos en pro del medio ambiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Comparar la eficiencia de la tecnología EM (Microorganismos Eficaces), en estado sólido y líquido para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de remoción de carga orgánica a través de DBO, DQO y SST en aguas residuales domésticas utilizando la tecnología EM en estado sólido y líquido mediante ensayo de laboratorio.
- Evaluar la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldon, Cauca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel nacional la investigación realizada sobre la tecnología EM (Microorganismos Eficaces) en el tratamiento de aguas residuales domésticas son escasas, teniendo en cuenta que su aplicación se ha dirigido así el campo agrícola y al manejo de residuos sólidos orgánicos. Si bien se ha generado gran cantidad de materia de manejo y tratamiento de aguas residuales, permanece poco explorado las soluciones individuales de tratamiento para zonas rurales y la aplicación de microorganismos seleccionados que por medio de su digestión contribuye en disminuir la carga contaminante que se dispone en las fuentes de agua y suelo.

Algunos actores incluyen el tema en el tratamiento de aguas residuales domésticas como la Universidad Nacional de Trujillo Perú en su trabajo de investigación “efecto de soportes de inmovilización de microorganismos eficaces en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas” analizan la degradación de la materia orgánica de agua residual de la planta de tratamiento de COVICORTI-SEDALIB S.A mediante la remoción de DBO_5 , obteniendo un análisis inicial de 13.579 mg/L, logrando una reducción a 2.036 mg/L representando un 83% de purificación, en cuanto a coliformes totales se logró un 90% de remoción, concluyendo que el EM influye incrementando la degradación de la materia orgánica respecto al testigo (sin EM). [12]

De igual manera en la Universidad Nacional de Trujillo, presenta su investigación denominada “Efecto de un consorcio microbiano en la eficiencia del tratamiento de aguas residual, Trujillo, Perú” que tiene como objetivo evaluar el mejor tratamiento de un consorcio de microorganismos compuesto por *Lactobacillus sp.*, *Schizosaccharomyces pombe* y bacterias rojas no sulfurosas en el tratamiento de aguas residuales. Para ello, se trabajó con tres tratamientos (3×10^8 , 9×10^8 y $1,8 \times 10^9$ UFC/ml) y un control sin consorcio; el inóculo se preparó con 5% del consorcio de microorganismos, 5% de melaza y 90% de agua destilada estéril. Para evaluar el mejor tratamiento, se utilizó la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno. En el primer tratamiento se utilizó una concentración de 3×10^8 UFC/ml, disminuyendo a 199,1 mgO_2 /L. En el segundo tratamiento se utilizó una concentración de 9×10^8 UFC/ml, disminuyendo a 142,9 mgO_2 /L. En el tercer tratamiento se utilizó una concentración de $1,8 \times 10^9$ UFC/ml, siendo el más eficaz de todos, al disminuir 132,1 mgO_2 /L en relación al control (247.2 mgO_2 /L). Estos resultados presentan una diferencia significativa entre sí, con un valor $p < 0.05$. Por lo tanto, se pudo concluir en esta investigación que el mejor tratamiento para reducir la demanda bioquímica de oxígeno en aguas residuales fue el tratamiento 3 correspondiente a la concentración de $1,8 \times 10^9$ UFC/ml del consorcio activado.[13]

El trabajo de investigación “Tratamiento de aguas residuales domésticas con bacterias fototróficas púrpuras utilizando un nuevo biorreactor de membrana foto anaeróbica continua” en el año 2016. Este estudio evalúa el uso de Bacterias Fototróficas Púrpuras (PPB) en un biorreactor continuo de membrana foto-anaeróbica para la eliminación simultánea de nutrientes orgánicos y orgánicos de las aguas residuales domésticas. Este proceso podría tratar continuamente las aguas residuales domésticas hasta los límites de descarga, tiempo de retención hidráulica de 8-24 h, carga volumétrica de 0.8 a 2.5 DQO kg m³ d⁻¹. Por lo tanto, un mínimo de 200 mg a través de la secuenciación indicó dominio de > 60% de PPB.[14]

La Universidad de Nueva Inglaterra, en el trabajo de investigación Microorganismos Efectivos (Em) Y Sistemas De Aguas Residuales, este proyecto tuvo como objetivo probar la hipótesis de que la EM es beneficiosa para reducir los volúmenes de lodo. Los resultados mostraron una disminución significativa en los niveles de pH con un aumento de la dosis de EM, mejoró el asentamiento del lodo, pero un aumento significativo en la DBO₅. Hubo un nivel significativamente más alto de sólidos en los tanques tratados en comparación con el control [15].

A nivel nacional la Pontificia Universidad Javeriana, presenta el trabajo investigación “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica” con el propósito de monitorear alguno de los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se presentan en un ARD, tras aplicar tres diferente concentraciones de EM (1/10000, 1/5000 y 1/3000 v/v), empleando tanques de 1.10 x 0.56 m y 7 mm de espesor que contenían 110 litros de ARD cada uno, las alturas que se tuvieron en cuenta para muestreo fueron (20 y 40 cm) a los 0,10,30 y 45 días, teniendo como resultado que las alturas de muestreo no mostraron diferencias significativas entre las profundidades evaluadas, de igual forma no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos para la mayoría de los parámetros a excepción de la disminución significativa de coliformes fecales, obteniendo caracterización inicial de $3.0 \times 10^3 \pm 7.0$ así como recuentos significativamente mayores en levadura y mayor DBO₅ en los tratamientos.[16] Se aprecia que la investigación realiza el tratamiento con un tipo de retención de 10, 30 y 45 días mientras que el estudio realizado en el municipio de Caldoño se realizó a las 48 y 72 horas con el objetivo de viabilizar su aplicación en un sistema piloto de tratamiento que requiere de continuidad en el caudal diario.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellos líquidos resultantes de las actividades desarrolladas por el ser humano, caracterizada por presentar una fracción de agua y un elevado porcentaje de residuos contaminantes [17].

Según el IDEAM son todas las aguas que quedan después del uso de estas. Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales [18].

2.2.2. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas son las procedentes de los hogares, así como de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicio y que correspondan a descarga de retretes y descarga de sistemas de aseo personal, de las áreas de cocina de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavados de paredes y piso.[19] La acción de la naturaleza y humana modifican las características físicas, químicas y biológicas que tiene el agua natural generando contaminación.

En tiempos pasados los ríos y otras corrientes que fluyen se recuperan con rapidez de niveles moderados de desechos degradables que consumen oxígeno y el calor excesivo mediante una combinación de dilución y biodegradación de tales desechos por medio de bacterias, Pero este proceso natural de recuperación no funciona si las corrientes se sobrecargan con contaminantes o si la desviación del agua para la agricultura y la industria reduce sus cauces. Asimismo, estos procesos naturales de dilución y biodegradación no eliminan los contaminantes que se degradan lentamente ni los no degradables.[20] Por lo tanto se debe utilizar sistemas de tratamiento que ayuden a mejorar su calidad antes de ser vertida a fuentes de agua o suelo.

2.2.3. Tratamiento de aguas residuales

En el tratamiento de aguas residuales es importante tener en cuenta el tratamiento preliminar también llamados procesos físicos unitarios, nacieron en Alemania e Inglaterra a finales de los años de 1800 y comienzos de los años 1900, entendiéndose como un tratamiento físico que incluye técnicas simples tales como el cribado y el desarenado, el cribado que se realiza usualmente con barras; el desarenado se desarrolla generalmente a través de canales con velocidad constante.[21] Esta práctica es importante ya que permite preparar el agua para los siguientes pasos. El propósito de este es de separar los sedimentos más grandes de un efluente como son basuras, grasas, arenas, sólidos suspendidos sedimentables y parte de la materia orgánica suspendida con el fin de evitar daños en las fases posteriores. Los procesos físicos son: desbaste, homogeneización de caudales, mezclado, sedimentación, flotación, filtración y transferencia de gases.

Continuando con el proceso se genera el tratamiento primario, en esta etapa del tratamiento se remueve el material sólido sedimentable, lo que puede reducir las cargas contaminantes en cantidades notables. Al finalizar se espera una remoción del 100% de los sólidos sedimentables, entre el 40 y 60% de los sólidos suspendidos totales y finalmente entre el 25 y 40% de la DBO₅. También se debe realizar el tratamiento Secundario, este se consigue con tratamientos biológicos que

generan una mayor y más efectiva remoción de la demanda de oxígeno. Posteriormente el tratamiento avanzado, este aplicado a cualquier número de técnicas de pulimento o limpieza, por ejemplo, remoción de nutrientes, tal como el fósforo y el nitrógeno, en este caso los métodos pueden ser físicos (Ej.: filtros), biológicos (Ej.: tanques de oxidación), o químicos (Ej.: precipitación del fósforo); y la desinfección con químicos o por radiación y el tratamiento y disposición de sólidos: consiste en la recolección, estabilización y subsecuente disposición de los desechos producidos por las tecnologías de las secciones anteriores.[22] lo anterior se puede resumir en la siguiente tabla.

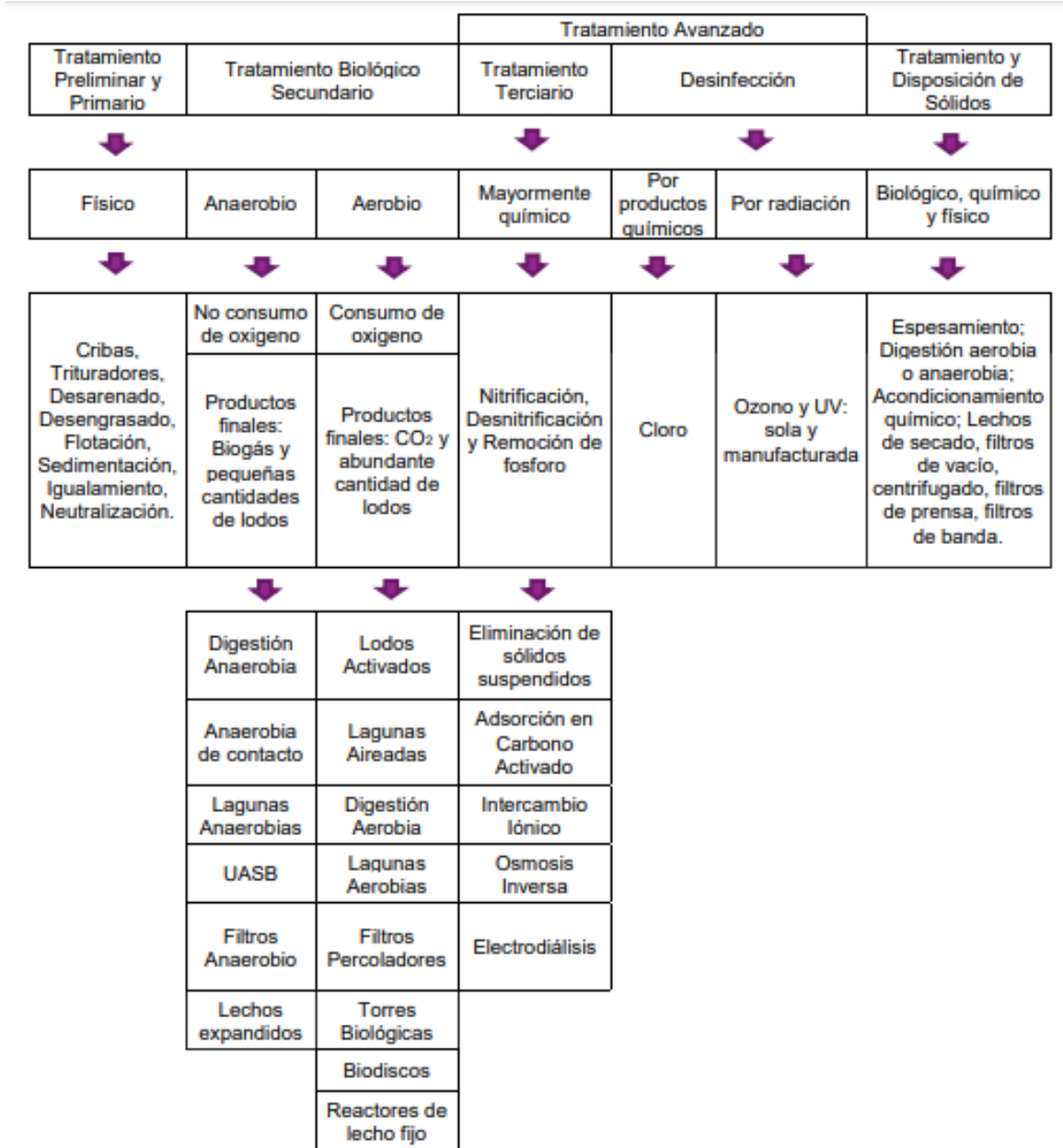


Figura 1: Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. *Fuente: Diana María Beltrán Beltrán, 2016*

- **Operaciones químicas unitarias**

Las operaciones químicas unitarias se aplican para el tratamiento de aguas complejas, principalmente de aguas industriales. Entre las cuales encontramos ajuste de pH, balance de nutrientes y precipitación química. El ajuste de pH, se utiliza cuando no se tiene los valores adecuados de este parámetro se adicionan reactivos para facilitar la eliminación de coloides y la precipitación química que es un proceso en el cual se utiliza la adicción de reactivos al agua residual para formar sólidos, estas sustancias pueden ser coagulantes y floculantes [23]

- **Métodos biológicos**

Los métodos biológicos se caracterizan por utilizar microorganismos como los elementos activos en el proceso de depuración, los podemos agrupar en dos grupos, anaerobios y aerobios.

- **Procesos biológicos aerobios**

La materia orgánica biodegradable que entra al sistema lo utilizan las bacterias convirtiéndola en Metano, Gas Carbónico y agua, el resultado de este proceso es nuevas bacterias y lodos; las aguas residuales domésticas tienen los nutrientes necesarios para estos microorganismos.

Entre los diferentes procesos biológicos aerobios se pueden mencionar los siguientes: lagunas facultativas que corresponden a fosas en las que las bacterias aerobias se alimentan de la materia orgánica, no son tan recomendadas ya que no favorecen la capa de ozono, Lo mismo sucede con el sistema de zanjas de oxidación que son canales para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, las cuales se utilizan para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables; otro tipo de proceso son los filtros percoladores que son instalaciones en la cual las bacterias se adhieren en la superficie interior para degradar la materia presente mientras el agua va pasando y finalmente los lodos activados que es un proceso biológico que consiste en formar un cultivo de microorganismos para tratar el agua contaminada por medio de aireación y la recirculación de fangos activos que eliminan las sustancias biodegradables presentes en el agua residual.[24]

- **Proceso biológico anaerobio**

El tratamiento biológico anaerobio es realizado por bacterias que no requieren oxígeno para vivir, su principal fuente de alimentación es la materia orgánica biodegradable que entra al sistema y que son transformados en biogases y una pequeña proporción en lodos con nuevas bacterias. Este proceso se caracteriza por qué no requiere aireación, genera metano más agua (biogás) que es energía y no cuesta operar el sistema.[25]

Dentro de los procesos biológicos encontramos los biodigestores, sistemas que se operan con mayor frecuencia en zonas rurales, este sistema es un contenedor totalmente cerrado donde se deposita materia orgánica biodegradable, la cual se fermenta y produce gas. [26] También se cuentan con lagunas anaerobias, que es una fosa que no necesita de oxígeno, la cual remueve altas cargas contaminantes en un periodo corto de tiempo. [27] Por otro lado están las fosas sépticas, que son estructura de solución individual, en la cual se sedimentan los sólidos más pesados en el fondo del tanque y lo más liviano que son las grasas se van a la parte superior, se puede decir que es una forma de tratamiento primario y que si se hace este tipo de fosa es necesario hacer tratamiento secundario, el cual puede ser campos de absorción. [28] Asimismo, el tanque Imhoff, se puede decir que es una mejora de las fosas séptica y lo que lo hace diferente es la estructura inclinada del fondo, que cuenta con sistema de extracción de lodos y una trampa de natas. Además, los digestores convencionales de lodos, es una estructura cerrada en la cual puedo incorporar lodos para su tratamiento de una forma aerobia para obtener como producto lodos estabilizados. [29]

Incluso el filtro percoladores, que es un tanque cerrado que cuenta con un soporte para que crezcan las bacterias, estos pueden ser ascendente como descendente. y el reactor UASB, que es un reactor anaerobio de flujo ascendente con un manto de lodos en el que ya habitan microorganismos para ir depurando el agua, la cual sale por la parte superior del reactor, el gas que se produce es colectado en una estructura en forma de campana y se puede utilizar como fuente energética. [30]

- **Tecnología del futuro**

Las Celdas de Combustible Microbianas (CCMs) son una tecnología emergente que podrían contribuir a solucionar dos de los problemas más críticos que afronta la sociedad actual: la crisis energética y la disponibilidad de agua no contaminada. Una CCM es un dispositivo que utiliza microorganismos para convertir la energía química presente en un sustrato en energía eléctrica, esto es posible cuando bajo ciertas condiciones algunos microorganismos transfieren los electrones producidos en su actividad metabólica a un electrodo (ánodo) en lugar de a un aceptor natural de electrones (como oxígeno). [31]

2.2.4. Tecnología EM (Microorganismos eficaces)

La Tecnología EM, es un cultivo de microorganismos benéficos, sin modificación genética, obtenidos de la naturaleza, seleccionados por sus efectos positivos y su capacidad de coexistir. EM es un producto inocuo para la gente y ambientalmente seguro de EMRO (*EM Research Organization*) que logra efectos sinérgicos mediante la combinación de microorganismos beneficiosos que existen en la naturaleza, como bacterias de ácido láctico, levadura y bacterias fototróficas. Fue desarrollado por el profesor Teruo Higa en 1982. [32] EM activa microorganismos

locales y nativos que viven en el suelo y el agua y maximiza su poder natural. La marca EM representa una línea de productos microbianos que se utilizan en numerosos campos, incluidos la agricultura, la cría de animales, la purificación ambiental y la atención médica en más de 100 países de todo el mundo. [33]

Esta tecnología es inoculada en el medio ambiente, interactúa con el entorno, mejorando sus condiciones, en ella se destacan tres principales grupos:

Bacterias Fotosintéticas (*Rhodopseudomonas*): son microorganismos independientes y autosuficientes, sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos, usando la luz solar o el calor del suelo como fuente de energía. son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustrato para incrementar sus poblaciones.[34]

Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.*): microorganismos que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico es un compuesto altamente esterilizante que suprime microorganismos nocivos y mejora la transformación de la materia orgánica.[35]

Levaduras (*Saccharomyces sp.*): Microorganismos que sintetizan sustancias antimicrobianas.[36]

2.2.5. Aplicación de la tecnología EM en agua residuales

El EM tiene la capacidad de suprimir los microorganismos patógenos de las aguas servidas y de eliminar el mal olor de las mismas. En el caso de piletas de tratamiento de aguas, el uso del EM producirá una reducción de la contaminación orgánica (DBO) y química (DQO) y disminuirá el volumen de lodos producidos. [37]

La utilización de EM posibilita que el agua contaminada de viviendas, ciudades y fábricas, entre otras, puedan ser tratadas de una manera que asegure que su retorno al medio ambiente se produzca de forma segura y pueda restaurar el balance ecológico del área. La reducción de olores ofensivos, el mejoramiento de capacidad de lodos suspendidos, descompone la materia orgánica por lo tanto ayuda a reducir la actividad de protozoarios, por lo que la eficiencia del sistema mejora, reducción de lodos.[38]

2.3. Bases legales.

Para el presente trabajo se tuvo en cuenta la normatividad vigente colombiana sus actualizaciones y reglamentos en temas relacionados con agua potable y saneamiento básico, observar tabla 2.

Tabla 1. Normatividad legal para agua potable y saneamiento básico.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Constitución política de Colombia	El título II, capítulo 3. En artículo 78 al 83 protege los derechos ambientales, menciona los deberes y derechos ambientales de los ciudadanos
Decreto Ley 2811 De 1974 Código Nacional de Recursos Naturales	Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se reorganiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
RAS 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
Resolución 1433 de 2004	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
Decreto 4728 de 2010	Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, en lo que hace relación a los vertimientos de residuos en aguas superficiales, subterráneas, interiores y marinas en el territorio nacional, ordena al Ministerio de ambiente fijar los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo. Así mismo expedirá el protocolo para el monitoreo de los vertimientos.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 así como el capítulo II del Título VI - Parte III Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos de Agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones

CONPES 3810 de 2014	Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural
Resolución 0631 de 2015	Por el cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0330 de 2017	La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.
Resolución 0844 de 2018	Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de aguas y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del decreto 1077 de 2015
Resolución 1207 de 2018	Por el cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de agua residual

Fuente: Propia.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El presente capítulo muestra las diferentes fases llevadas a cabo para poder determinar la eficiencia de la tecnología EM en estado sólido y líquido en agua residuales domésticas, evaluadas mediante el análisis cuantitativo de parámetros fisicoquímicos (DBO₅, DQO Y SST) y determinando el % de remoción en las corridas experimentales, como también del sistema piloto de tratamiento que se adecuó en la finca la Legua de Caldono, Cauca.

A continuación, se muestra las fases utilizadas para el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 2. Resumen metodología

FASE 1 Diagnóstico	FASE 2 Corridas experimentales	FASE 3 Sistema Piloto
<ul style="list-style-type: none">• Delimitación geográfica• Toma de muestras.• Parámetros fisicoquímicos a evaluar.• Caracterización del Afluente.• Cálculo del % de remoción.	Determinar el porcentaje de remoción de carga orgánica a través de DBO ₅ , DQO y SST en aguas residuales domésticas utilizando la tecnología EM en estado sólido y líquido mediante ensayo de laboratorio	Evaluar la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldono, Cauca.

Fuente: Propia

2.1. Fase 1. Diagnóstico

2.1.1. Delimitación geográfica

El municipio de Caldono está ubicado en el norte del Departamento del Cauca. Limita al norte con Santander de Quilichao, al oriente con el municipio de Jámalo, al sur con el municipio de Silvia y al occidente con Piendamó. Está localizado a 2° 47' 59" latitud norte y 20" longitud occidental. Cuenta con 33122 habitantes, su conformación política está dada por seis corregimientos, ochenta y seis veredas, cuatro resguardos y dos cabildos indígenas. Cuenta con una extensión de 373,98 km². Su altitud en la cabecera municipal es de 1800 metros sobre el nivel del mar, su temperatura media es 20 a 24 °C. Su vocación es agrícola predominando el cultivo de café, caña panelera y el fique.[38]

El trabajo de investigación se realizó en una vivienda rural, denominada finca la Legua a 67 kilómetros de la Ciudad de Popayán. Esta se encuentra a 2.8289198000 latitud norte y -76.5024928000 longitud oeste, en la vereda Cerro Alto. El predio rural está habitado por 4 personas, que se dedican a la producción de café y diferentes frutales propios de la zona.

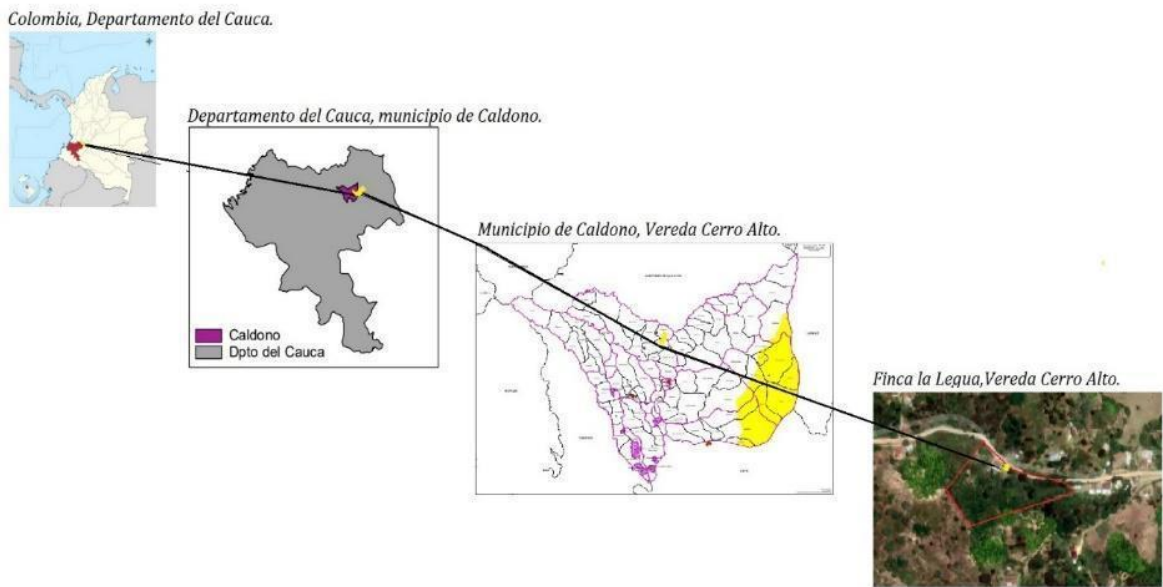


Figura 2 : Ubicación geográfica territorio de estudio. *Fuente: Propia*

2.1.2. Toma de muestras.

Las muestras de aguas residuales se recolectaron teniendo en cuenta las recomendaciones generadas en la norma técnica NTC-ISO 5667 / 2 “Gestión ambiental: Calidad del agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo”. (Ver anexo1), Esta norma técnica orienta respecto a tipos de recipientes de las muestras, equipo para muestreo en el sitio e identificación y registro de la misma. [39]

El tipo de muestra que se utilizó fue puntual, la cual fue utilizada para las corridas experimentales en la fase 2, como el sistema piloto que corresponde a la fase 3.

Las muestras se recolectaron en un periodo de tiempo de 0, 48 y 72 horas para cada uno de las corridas experimentales, en cuanto al sistema piloto se recolectaron a las 0 y 72 horas, este periodo de tiempo se generó teniendo en cuenta que a las 72 horas presento el mayor % de eficiencia para carga contaminante obtenido en la fase 2, es importante mencionar que las muestras del sistema piloto se tomaron a la salida del tanque séptico y del filtro anaerobio.

Una vez recolectada la muestra se transportó al laboratorio de la Universidad Autónoma del Cauca y al laboratorio certificado de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca - CRC para su respectivo análisis, los parámetros a evaluar y el método se muestran en la tabla 4. En cuanto a el potencial de Hidrógeno (pH) y la temperatura se tomaron in -situ.

2.1.3. Parámetros fisicoquímicos a evaluar.

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos monitoreados en la investigación

ÍTEM	PARÁMETRO	MÉTODO
1	DBO	SM 5210 B/SM 4500-OG
2	DQO	SM 5220 D, Análogo
4	SST	SM 2540 D
5	pH	Electrométrico (con pH-metro)
6	Temperatura	Electrométrico (con termómetro)

Fuente: Propia.

2.1.4. Caracterización del afluente.

La investigación se realizó con aguas residuales domésticas de una vivienda rural del municipio de Caldono, cabe resaltar que el propietario de la vivienda tiene separadas las aguas mediante tuberías, por lo tanto, la presente investigación trabajó con aguas residuales resultantes de la lavadora, cocina, ducha y lavamanos. Para determinar la carga contaminante de las ARD de la finca la Legua se recolectaron muestras, para su posterior análisis en laboratorio de la Universidad Autónoma Del Cauca y el laboratorio certificado de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca

Biodegradabilidad de la carga orgánica

Se calculó el grado de Biodegradabilidad de la carga orgánica mediante el cociente DBO/DQO, si este es mayor o igual a 0,5 es agua biodegradable es decir que su manejo puede ser por sistemas biológicos y DBO/DQO menor 0,5 es un agua difícilmente biodegradable, por lo tanto, su tratamiento debe ser químico. Lo anterior se puede observar en la tabla 5.

Tabla 4. Ecuación de Cociente DBO/DQO para un agua biodegradable y un agua difícilmente biodegradable.

AGUA BIODEGRADABLE	AGUA DIFÍCILMENTE BIODEGRADABLE
$\frac{DBO}{DQO} \geq 0,5$	$\frac{DBO}{DQO} < 0,5$

Fuente: Bioingeniería de aguas residuales, ACODAL.

2.1.5. Cálculo del Porcentaje de remoción

Una vez obtenido los resultados generados para DBO₅, DQO Y SST, se determinó el porcentaje de remoción utilizando la ecuación 1, porcentaje de remoción.

$$\text{Porcentaje de remoción} = \frac{\text{concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} * 100$$

Ecu. 1.

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros fisicoquímicos y el % de remoción de cada una de las corridas experimentales en fase 2 permitieron determinar el tratamiento con mayor eficiencia el cual fue aplicado en el sistema piloto que se abordó en la fase 3.

El análisis de resultados obtenidos se comparó con la normatividad legal vigente que corresponde a Resolución 0631 de 2015, que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y el Decreto 1594 de 1984 que corresponde al uso del agua y residuos líquidos. De igual manera se soportó con resultados generados en trabajos de investigación similares.

3.1. Fase 2: Determinar el porcentaje de remoción de carga orgánica a través de DBO, DQO y SST en aguas residuales domésticas utilizando la tecnología EM en estado sólido y líquido mediante ensayo de laboratorio.

3.1.1. Actividad 1 Diseño experimental

En esta sección se describen los reactores anaerobios a escala laboratorio de tipo Batch, en los cuales se llevaron a cabo las corridas experimentales con EM (Microorganismos eficaces), de igual manera se describe la composición, volumen y preparación de los experimentos.

3.1.2. Actividad 2 Características del reactor.

Para las corridas experimentales se diseñó un reactor anaerobio tipo Batch, Con el propósito de evaluar la tecnología EM en diferentes estados, para el tratamiento de agua residual doméstica. El material que se empleó fue un recipiente de polipropileno de capacidad de 15 litros, al cual se le adaptó un punto de muestreo en la parte inferior del recipiente a 15 cm de altura y una tapa de cierre hermético en la parte superior para alimentación de sustrato,[40] como lo muestra la Figura 3. Este diseño se toma de la investigación denominada “caracterización microbiológica de un inóculo utilizado en el tratamiento del efluente de un sedimentador de almidón de yuca”. [43]

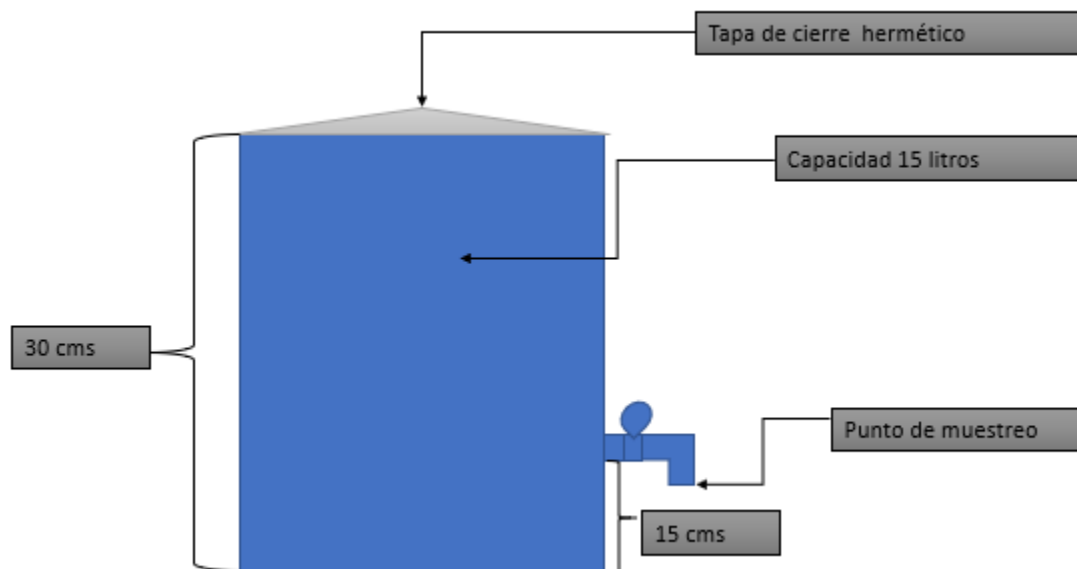


Figura 3. Diagrama del reactor anaerobio a escala de laboratorio. *Fuente: propia.*

3.1.3. Corridas experimentales.

Una vez se tiene el diseño del reactor se construyó tres réplicas donde se analizó el comportamiento de la tecnología EM en estado sólido y líquido así:

Reactor 0: Agua residual doméstica sin ningún tratamiento (Blanco).

Consistió en la instalación de un reactor tipo Batch con 14 litros de agua residual doméstica sin ningún tipo de tratamiento.

Reactor 1: Agua residual tratada con EM sólido - (Bokashi EM).

Se instaló un reactor tipo Batch con 14 litros de aguas residuales domesticas al que se le adiciono la tecnología EM en estado sólido así:

Elaboración de bolas de Bokashi EM

Paso 1: Mezclar el lodo proveniente de la trampa de grasas + melaza Bokashi en proporción 1:1 recomendado por fabricante, esta cantidad correspondió a 1 kilo de tecnología Bokashi EM y 1 kilo de lodos (esta mezcla se realizó de manera gradual, se realizó prueba de puño para monitorear la humedad y poder formar la esfera homogénea).

Paso 2: Se elaboró bolas de 8 cm aproximadamente, resultando 15 unidades.

Paso 3: Las bolas elaboradas se colocaron en una superficie limpia con techo para su maduración por 15 días.

Paso 4: una vez transcurrido el tiempo se pudo evidenciar cambios físicos en su estructura, estas son sólidas, no presentan mal olor y se destacan por un micelio blanco a su alrededor.

Aplicación en la corrida experimental

Finalmente se aplicó la tecnología a la corrida experimental utilizando 4 bolas de Bokashi EM que en total pesaron 444 gramos, esta dosificación se utilizó siendo proporcional con la cantidad de ARD a tratar y se realizó monitoreo a las 0, 48 y 72 horas.



Figura 4. Tecnología EM (Microorganismos eficaces) en estado sólido. *Fuente: Propia*

Reactor 2: Agua residual tratada con EM líquido

Consiste en la instalación de un reactor tipo Batch con 14 litros de ARD al cual se le aplicó la tecnología EM en medio líquido. La aplicación de la tecnología EM se realizó utilizando el producto comercial de FUNDASES del cual se anexa ficha técnica del producto (Ver anexo 2). La aplicación del producto es directa y se dosificó con una relación 1:6 que correspondió a 1 litro de agua residual y 6 ml de Tecnología adicionalmente se aplicó 6000 ml de choque por recomendación del fabricante, una vez se aplica la tecnología se inicia el monitoreo a las 0, 48 y 72 horas.



Figura 5. Tecnología EM (Microorganismos eficaces) en estado líquido. *Fuente: Fundases*

Reactor 3: Agua residual tratada con EM líquido - (Medio Poroso)

Una vez evaluada la tecnología EM en su presentación líquida y Bokashi EM, se procede a inocular los microorganismos eficaces en un medio que no aporte materia orgánica al agua, es así que se utiliza un medio poroso (arcilla) según recomendaciones generadas en el trabajo de investigación “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de agua residual doméstica”. [16] El proceso consiste en inocular los microorganismos eficaces de FUNDASES a un medio poroso, en este caso se utilizó arcilla en forma rectangular, pieza cerámica maciza de 2210 gramos, al cual se adiciono 6000 ml de EM, la cantidad de EM líquido utilizado se determinó por la capacidad de absorción del medio poroso por medio de técnica de ensayo error, resultando que la arcilla de aproximadamente 2 kilos tiene la capacidad de absorber 6000 ml en un periodo de tiempo de 18 horas. Posteriormente se adecuo el reactor para la aplicación la tecnología EM en medio poroso y se realizó monitoreo a las 0, 48 y 72 horas mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos.

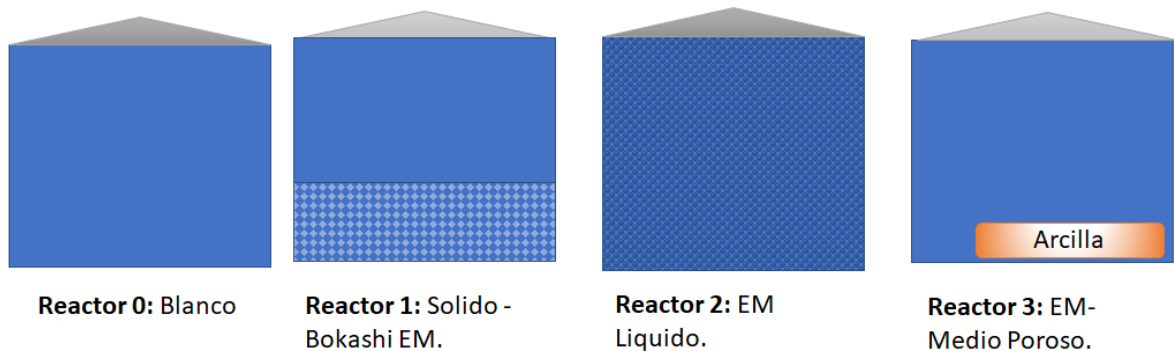


Figura 6. Diagrama de reactores anaerobios para corridas experimentales. *Fuente: Propia.*

3.2. Fase 3. Evaluar la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldon, Cauca.

Una vez finalizada las corridas experimentales, se determinó cuál fue el reactor que presentó mayor eficiencia de remoción, el cual se aplicó al sistema piloto de tratamiento de agua residuales domésticas, ubicado en la finca la legua.

Actividad 1 Sistema piloto de tratamiento de ARD.

La vivienda rural cuenta con distribución de tubería que separa las aguas generadas del sanitario, estas se disponen en una fosa séptica y las aguas provenientes de las actividades de aseo y limpieza que se canalizan hacia un sistema artesanal de tratamiento como se puede evidenciar en la figura 6.



Figura 7. Sistema encontrado en la finca la Legua. *Fuente: Propia*

Con el fin de realizar el manejo de las aguas residuales domésticas que se generan en la vivienda y aplicar la tecnología EM (Microorganismos eficaces), se adecua un sistema modular para solución individual de tratamiento, tomando como referencia la Resolución 0844 de 2018, por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de aguas y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del decreto 1077 de 2015 e indicaciones de la Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.

En la figura 7 Se puede observar el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas que se estableció en la finca la Legua, ubicada en zona rural del municipio de Caldon y se describe las características del mismo.

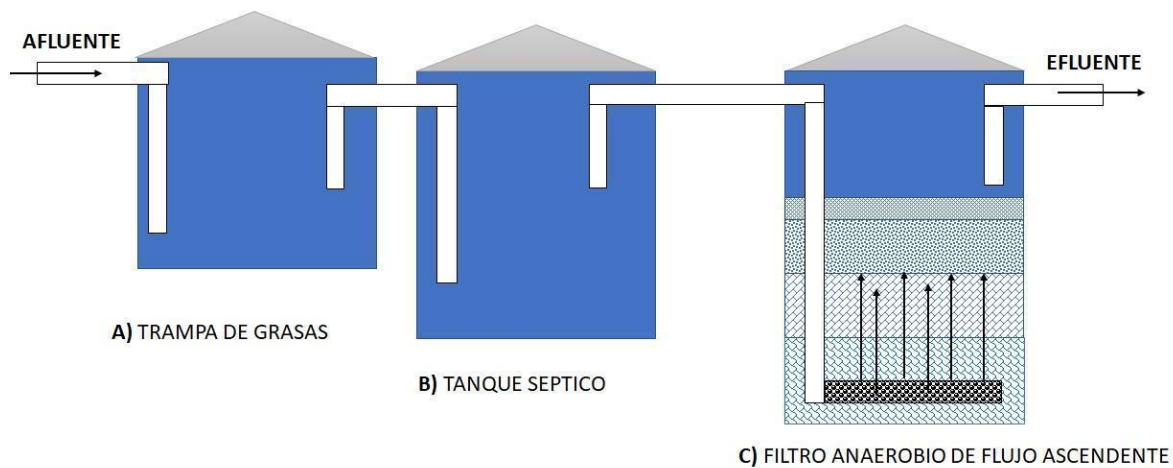


Figura 8. Sistema piloto de tratamiento de ARD (A) trampa de grasas, (B) tanque séptico y (C) Filtro anaerobio. *Fuente: Propia.*

El sistema Piloto de tratamiento de aguas residuales domésticas se estableció con materiales existentes en el predio, por lo tanto, se utilizó:

- 1 caneca plástica de 100 litros
- 2 canecas plástica con tapa roscada y aro de 200 litros.
- 6 metros Tubo de PVC sanitario de 1½" línea semipesado.
- 5 codos PVC 1½" sanitario.
- 4 adaptador macho PVC 1½" presión.
- 4 adaptador hembra PVC 1½ " presión.
- 1 tapón roscado PVC de 1½ "presión.
- 1 frasco Silicona negra.
- 1 frasco de pegante PVC por 1/64

En la figura 8(A) se puede observar la trampa de grasas, está elaborada en un tanque plástico de capacidad 100 litros, con una altura de 0,51 m, el diámetro es de 0,59 m.

El tanque séptico se puede evidenciar en la figura 8 (B), está diseñado con una caneca plástica con tapa roscada, capacidad de 200 litros, cuenta con una altura de 0,98 metros y diámetro de 0,51m.

Por último, el filtro anaerobio que está reflejado en la figura 8 (C), está diseñado con una caneca plástica con tapa roscada, capacidad de 200 litros, cuenta con una altura de 0,98 metros y diámetro de 0,51m. el material filtrante se compone de piedra de pulgada, 1/4 de pulgada y ½ pulgada en capas aproximadamente de 15 cm, también se generó una capa de 5 cm de arena.

La tubería y accesorios que se utilizaron en el sistema piloto corresponden a material de PVC de 1½ " de presión dado que en el predio solo se tenía disponibilidad con estas características.

Como se menciona anteriormente se genera un sistema piloto que consta de trampa de grasas, tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente, este sistema se construyó con materiales existentes en el predio. En la figura 9, se puede evidenciar el sistema resultante.



Figura 9. Sistema piloto de tratamiento de ARD. *Fuente: Propia*

Actividad 2 Aplicación de la tecnología EM (Microorganismos eficaces) en el sistema piloto de tratamiento de ARD.

Las corridas experimentales permitieron evaluar la eficiencia de la tecnología EM en el tratamiento de aguas residuales domésticas, por lo tanto, se pudo determinar el producto comercial a utilizar en el sistema, este se aplicó directamente en el tanque séptico con una dosificación de 600ml para 200 litros de agua residual, única dosis y se monitoreo en un periodo de tiempo de 0 horas, 48 horas y 72 horas.

Se realizó muestreo puntual y se tomaron 3 muestras así: una muestra en la trampa de grasas, la segunda en el tanque séptico y la 3 se tomó a la salida del filtro. Una vez recolectadas se transportan al laboratorio de la CRC para su análisis. Con los resultados obtenidos se determinó el porcentaje de remoción y se evaluaron según la normatividad legal vigente.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se refleja los resultados obtenidos y su respectivo análisis, como también, el porcentaje de remoción de carga contaminante tanto para las corridas experimentales y del sistema piloto de tratamiento ARD; Los parámetros que se determinaron fueron DBO₅, DQO, SST, pH y Temperatura.

4.1. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DEL AGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA EM EN ESTADO SÓLIDO Y LÍQUIDO.

4.1.1. Caracterización del afluente de la finca la legua

Para determinar las características del afluente se recolectaron muestras de agua residual doméstica del predio denominado la Legua en Caldon; El propietario de la vivienda dispone las aguas residuales generadas en el sanitario a una fosa séptica y las resultantes de la lavadora, cocina, ducha, lavamanos y tanque de lavado se canalizan y llegan a un sistema de tratamiento individual, estas últimas son las que se trabajaran para el presente proyecto de investigación.

Las aguas residuales se recolectan para su análisis mediante muestreo puntual, una vez obtenidas las muestras se llevaron al laboratorio de la Corporación autónoma regional del Cauca (CRC), para el análisis de los parámetros de DQO y DBO₅. También se analizó la muestra obtenida en el laboratorio de la Universidad Autónoma Del Cauca, para determinar SST. Como resultado el afluente presenta las siguientes características:

Tabla 5. Concentración del afluente.

DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg /l)
930	598	569

Fuente: Propia

4.1.2 Biodegradabilidad de las aguas de la finca la Legua

Teniendo en cuenta la tabla 5 de biodegradabilidad de aguas residuales, se calculó la ecuación $DBO/DQO = 598/930 = 0,64$ y se determina que el afluente caracterizado es tratable biológicamente ya que presentó una concentración media de 0,64 mg/l en el cociente DBO/DQO, que al ser mayor de 0,5 es considerada agua biodegradable.

4.1.3 Evaluación de resultados de corridas experimentales

Resultados de Parámetros fisicoquímicos del laboratorio de la Universidad Autónoma Del Cauca.

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el seguimiento de las cuatro corridas experimentales, se presentan a continuación en la tabla 6. Para estimar el error experimental se calculó el intervalo de confianza, a través de la desviación estándar promedio, datos que se presenta en el (anexo 3)

Tabla 6. Parámetros medios físico químicos, UNIAUTÓNOMA

Parámetro	Tiempo (Horas)	REACTOR			
		0	1	2	3
		BLANCO	EM Sólido	EM Líquido	EM Medio Poroso
DQO (mg/L)	0	1016	-	-	-
	48	1435	1590	574	705
	72	1493	1255	835	670
DBO ₅ (mg/L)	0	403	-	-	-
	48	340	370	260	250
	72	313	440	250	243
SST (mg/L)	0	569	-	-	-
	48	523	388	103	93
	72	483	319	162	68

Fuente: Propia

4.1.4. Evaluación de resultados obtenidos.

Se procede a analizar los resultados obtenidos en las corridas experimentales, igualmente se analiza el porcentaje de remoción.

Reactor 1. Bokashi EM

En relación con los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros fisicoquímicos de DQO, DBO₅ Y SST, se disponen las fluctuaciones generadas en la corrida experimental, dicho comportamiento se puede observar a continuación en la figura 10 a continuación.

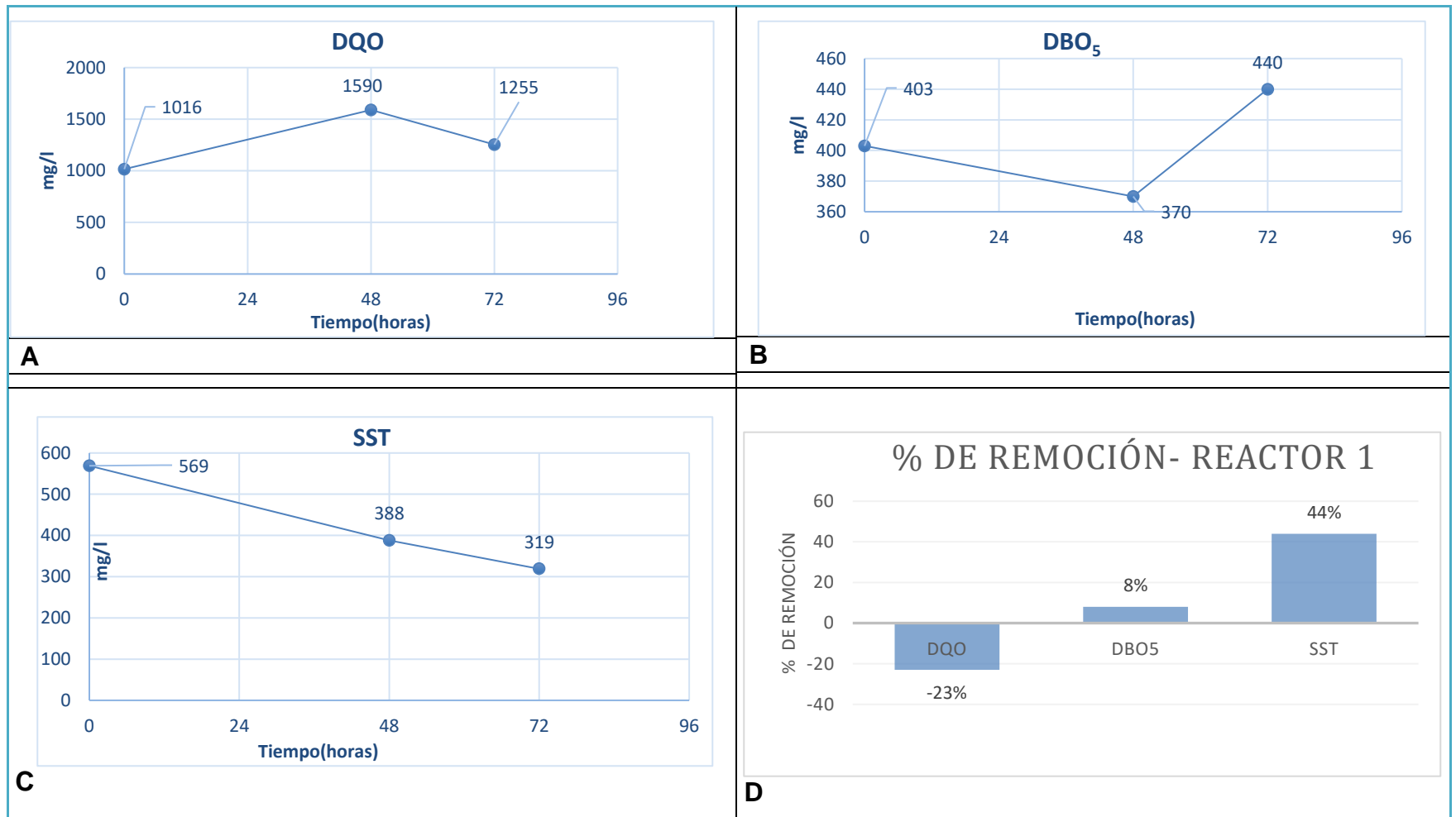


Figura 10. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con el reactor 1(EM sólido): (A) DQO (B) DBO₅ (C) SST (D) porcentajes de remoción media. *fuentes propia*

Demanda Química De Oxígeno (DQO).

En la figura 10 (A) muestra como la Demanda Química de Oxígeno, osciló entre 1016 y 1590 mg/l . La concentración media inicial es de 1016 mg/l, a las 48 horas se evidencia un aumento a 1590 mg/l; Este ascenso probablemente se debe a que al utilizar BOKASHI EM, aumenta el contenido de materia orgánica al agua residual doméstica, teniendo en cuenta que la base del producto comercial es salvado de trigo y adicional a esto para la elaborar de las bolas de Bokashi EM se utilizó lodo de la trampa de grasas, es posible que los microorganismos empiezan por degradar la materia orgánica en la cual fueron adaptados.

A las 72 horas la concentración media fue de 1255 mg/l, evidenciando un leve descenso en comparación con el monitoreo realizado a las 48 horas, esto posiblemente se debe a que la aplicación de la tecnología EM en medio sólido necesita mayor tiempo de retención, esta variación quizás se debe a que los microorganismos comienzan su proceso de adaptación de una manera paulatina.

También es importante mencionar que la concentración media de DQO tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DQO en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 200 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción _ DQO.

En la figura 10(D) ilustra el porcentaje de remoción para DQO, este parámetro a las 48 horas presentó un porcentaje de remoción de -23% y a las 72 horas de -56%, esto indica que el Bokashi EM no cumplió la función de disminuir la carga contaminante en el periodo de tiempo estudiado, probablemente no se generó proceso de oxidación de la materia orgánica presente en el agua en esta corrida experimental, es probable que al aplicar la tecnología en su estado sólido aporta materia orgánica al agua residual aumentando la contaminación de la misma.

Lo anterior se asemeja a los resultados obtenidos en la tesis “Efecto De La Aplicación De Microorganismos Benéficos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Un Humedal Artificial”, estudio realizado en Perú, mediante la aplicación de bolas de barro con microorganismos eficaces; De lo anterior resultó que para DQO el porcentaje de remoción fue de - 9,19% en siete semanas de monitoreo, los autores concluyen que el resultado “pudo deberse a la liberación de materia proveniente de las bolas de barro”. [41]

Si se tuviera en cuenta el decreto 1594 de 1984 en su capítulo VI vertimiento de residuos líquidos, en el artículo 72 para DQO la remoción debía de ser del 80%, por lo tanto, no se cumple con lo estipulado en esta norma para vertimiento de agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

En la figura 10 (B), muestra como la concentración media inicial fue de 403 (mg/L), a las 48 horas resultó 370 (mg/L) evidenciando un leve descenso, sin embargo a las 72 horas la concentración fue de 440 (mg/L), es posible que este ascenso se debe a que las bacterias anaerobias requieran de mayor cantidad de nutrientes para efectuar la transformación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua, si se tiene en cuenta que las aguas residuales domésticas en estudio contienen mayor cantidad de detergente y poca materia orgánica.

También es importante mencionar que la concentración media de la Demanda Bioquímica de Oxígeno tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DBO₅ en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 90 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción DBO₅

En la figura 10(D). El % de remoción obtenido en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la aplicación de bolas de Bokashi EM, género a las 48 horas un valor negativo -9%, podemos deducir que los microorganismos eficaces en su medio sólido, no están realizando el proceso de oxidar la materia orgánica en ese periodo de tiempo ya que a las 72 horas se puede evidenciar leve aumento de 8%, reflejando que se requiere mayor tiempo de retención, lo anterior es similar a los resultados obtenidos en la tesis “Efecto De La Aplicación De Microorganismos Benéficos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Un Humedal Artificial”, puesto que la remoción fue de -25 % y -13.4% denotando aumento de la carga orgánica del efluente lo cual pudo deberse a la liberación de materia provenientes de las bolas de barro y al desprendimiento de materia previamente retenida en el sustrato” [41]

También es importante mencionar que si se tuvieran en cuenta el decreto 1594 de 1984 en su capítulo VI vertimiento de residuos líquidos, en el artículo 72 para DBO la remoción debía de ser del 80%, por lo tanto, al tener un 8% de remoción no se cumple con lo estipulado en esta norma para vertimiento de agua.

Sólidos Suspendidos Totales

En la figura 10 (C), se puede evidenciar una fluctuación en la concentración de SST de 569 (mg/L) a 319 (mg/L) en un periodo de tiempo de 72 horas. Inicialmente se genera un valor medio de 569 (mg/L), a las 48 horas arrojando una concentración media de 388(mg/L) y a las 72 horas de 319 (mg/L), al analizar los resultados en el periodo de tiempo evaluado, estos reflejan un descenso leve en la concentración.

También es importante mencionar que la concentración media de sólidos suspendidos totales tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para SST en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l, según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción para SST

En la figura 10 (C), se puede evidenciar una fluctuación en la concentración de SST de 569 (mg/L) a 319 (mg/L) en un periodo de tiempo de 72 horas. Inicialmente se genera un valor medio de 569 (mg/L), a las 48 horas arrojando una concentración media de 388(mg/L) y a las 72 horas de 319 (mg/L), al analizar los resultados en el periodo de tiempo evaluado, estos reflejan un descenso leve en la concentración.

También es importante mencionar que la concentración media de sólidos suspendidos totales tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para SST en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l, según la resolución 0631 de 2015.

Reactor 2. EM Líquido

El porcentaje de remoción obtenido a las 48 y 72 horas fue de 32% y 44% respectivamente. Es importante mencionar que el porcentaje de remoción aumenta con el tiempo de retención. Es probable que la tecnología EM requería mayor tiempo para adaptarse a las condiciones del medio para poderse desarrollar.

Tomando como referencia los resultados obtenidos en la tesis “Efecto De La Aplicación De Microorganismos Benéficos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Un Humedal Artificial”, investigación realizada en la Universidad Nacional Agraria de Lima, Perú presentan similitudes en el resultado obtenido de remoción si se tiene en cuenta que en la tesis citada obtuvieron un porcentaje de remoción de sólidos de 70,55% en un tiempo de retención en siete semana de monitoreo, ratificando que los microorganismos eficaces requieren de mayor tiempo de retención para mejor efectividad de remoción para este parámetro.[41]

Sin embargo, el porcentaje de remoción resultante de la corrida experimental no cumple con los límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales para SST en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l. según la resolución 0631 de 2015.

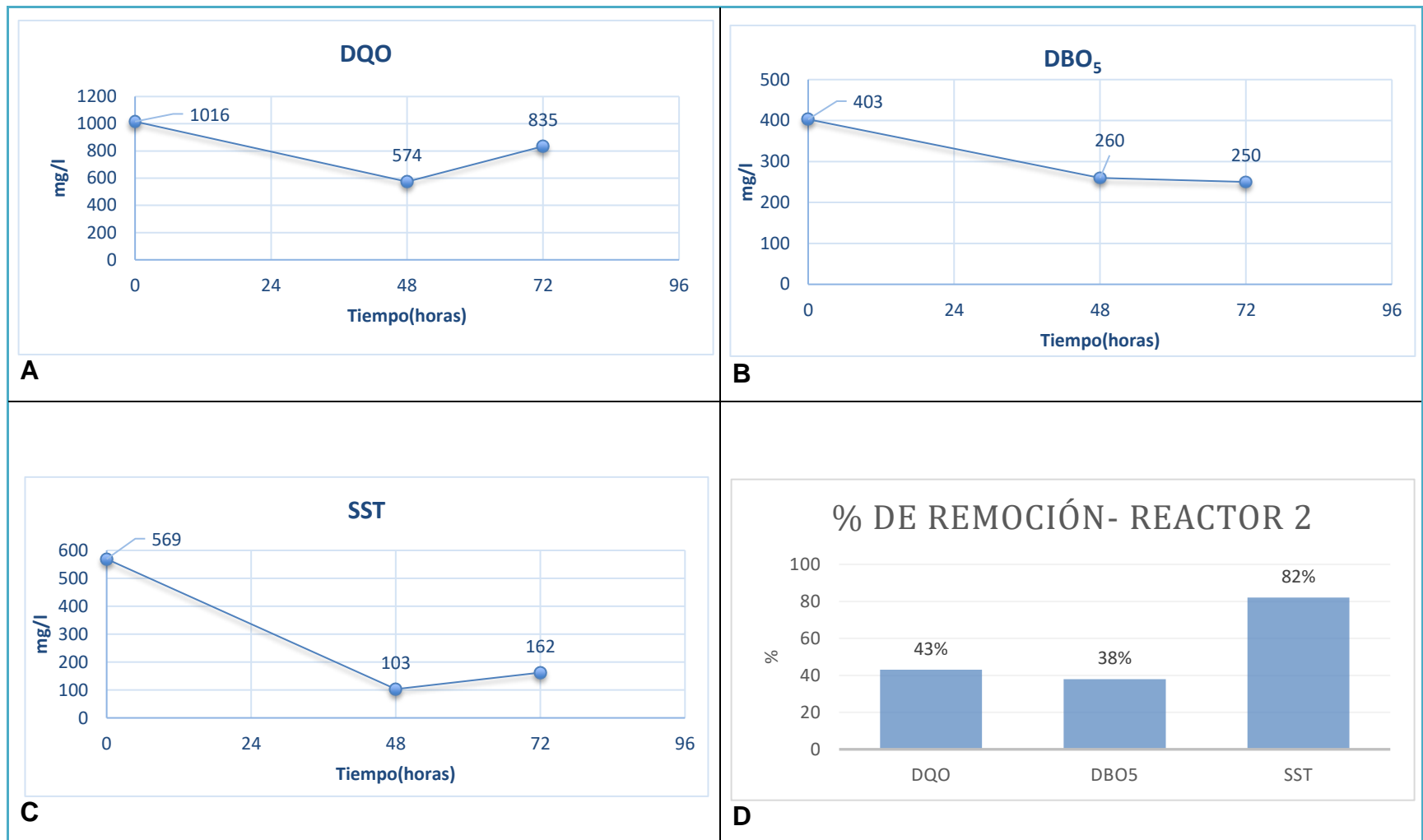


Figura 11. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con EM líquido: (A) DQO (B) DBO₅ (C) SST (D) Porcentajes de remoción medias. *Fuente propia*

Demanda Química De Oxígeno (DQO).

En la figura 11 (A) muestra como la Demanda Química de Oxígeno, osciló entre 1016 y 574 mg/l, la concentración media inicial es de 1016 mg/l a las 48 horas se evidencio una disminución de 574 mg/l, sin embargo, a las 72 horas la concentración aumentó a 835 mg/l, indicando ascenso en comparación con las 48 horas, es decir que la población de microorganismos no alcanza a adaptarse al tipo de agua residual y gran parte de ellos mueren.

También es importante mencionar que la concentración media de DQO tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DQO en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 200 mg/l, según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción DQO.

En la figura 11(D) ilustra el porcentaje de remoción para DQO, este parámetro a las 48 horas presentó un porcentaje remoción de 44%, probablemente esto indica que la tecnología EM en estado líquido disminuye la carga orgánica del ARD en este tiempo de monitoreo, sin embargo a las 72 horas este porcentaje disminuye a 18%, denotando descenso en la actividad de depuración por parte de los microorganismos, quizás esto se generó por las característica de las aguas residuales provenientes de la lavadora, ducha y cocina no permitieron que los microorganismos eficaces no lograran adaptarse al medio, por su alto contenido de detergente.

Lo anterior tiene relación con la investigación realizada en la Universidad De La Salle, denominada "Eficiencia Del Uso De Microorganismos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Una Planta De Tratamiento De Agua Residual", en este estudio se utilizó microorganismos eficaces en medio líquido y se realizó monitoreo durante 12 semana generando como resultado "un porcentaje de remoción de la carga orgánica cerca del 80% indicando la eficiencia en el sistema de lodos activados y por ende de los microorganismos".[42] En cuanto el resultado obtenido a las 72 horas, donde muestra reducción del 18%, es probable que lo anterior se deba a un error en el momento de realizar el análisis de la muestra.

Si comparamos los resultados obtenidos en la corrida experimental en 48 horas que presentó remoción de 44 % con el 80% de remoción durante 12 semanas del estudio realizado en la universidad de la Salle, puede ser que las aguas residuales tratadas en la planta de tratamiento contengan mayor cantidad de materia orgánica que permitan la adaptación y colonización de los microorganismos en el sistema.

Además, si se tuvieran en cuenta el decreto 1594 de 1984 en su capítulo VI vertimiento de residuos líquidos, en el artículo 72 para DQO la remoción debía de

ser del 80%, por lo tanto, no se cumple con lo estipulado en esta norma para vertimiento de agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

En la figura 11(B), muestra como la demanda bioquímica de oxígeno fluctuó entre 403 (mg/L) y 250 (mg/L). La concentración media inicial fue de 403 (mg/L), una vez aplicada la tecnología EM en medio líquido se monitoreo a las 48 horas, resultando un DBO₅ de 260 (mg/L). Comparando la muestra inicial con el resultante a las 48 horas indica un descenso evidenciando que la tecnología degrada la carga contaminante progresivamente. También se puede observar que a las 72 horas continúa descendiendo a 250 (mg/L), indicando que a mayor tiempo de retención la degradación de materia orgánica por parte de la tecnología aumenta.

También es importante mencionar que la concentración media de la Demanda Bioquímica de Oxígeno tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DBO₅ en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 90 mg/l, según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción DBO₅

En la figura 11 (D) se refleja los resultados obtenidos para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, se puede observar que no hay diferencias significativas a las 48 horas

de las 72 horas ya que el porcentaje es de 35% y 38 %. Podemos deducir que los microorganismos eficaces en su medio líquido, realizó el proceso de oxidar la materia orgánica de manera paulatina. Posiblemente las características del agua residual doméstica de estudio, al ser aguas provenientes de lavadora, ducha y cocina posean altas cantidades de detergentes disminuyendo la población microbiana.

Si se tuvieran en cuenta el decreto 1594 de 1984 en su capítulo VI vertimiento de residuos líquidos, en el artículo 72 para DBO₅ la remoción debía de ser del 80%, por lo tanto, no se cumple con lo estipulado en esta norma para vertimiento de agua.

En cuanto a la DBO₅ y la DQO, algunos autores realizaron investigación utilizando la Tecnología EM para depuración de carga contaminante en diferentes tipos de agua, cabe resaltar que los resultados del % de remoción que se asemejan a los obtenidos en el presente proyecto son los correspondientes a agua industria láctea. También es pertinente mencionar que en aguas residuales porcinas y azucareras se evidencia un alto % de remoción, esto debido alto contenido de materia orgánica que estas poseen, mientras que el agua residual tratadas en la finca la Legua

corresponden a aguas domésticas provenientes de ducha, cocina y lavadora con alto contenido de detergentes y poca materia orgánica.

Tabla 7. Remoción de DBO según diferentes actores, al aplicar Microorganismos eficiente a las aguas residuales de procedencias diversas.

Procedencia del residual	Remoción del DBO (%)	Autores
Aguas de granja porcina (ME Zamorano)	96	Toc (2012)
Aguas de granja porcina (ME Comercial)	98	Toc (2012)
Aguas industria azucarera (elaboración panela)	91	López et al.
Aguas industriales	78	Wisznienski (2006)
Aguas industria láctea	50	Páez (2011)

Fuente: Teresita de Jesús Romero López, Dabiel Vargas Mato, 2017

Sólidos Suspendidos Totales

En la figura 11 (C), se puede evidenciar una fluctuación en la concentración de SST de 560 (mg/L) a 162 (mg/L) en un periodo de tiempo de 72 horas. Inicialmente se genera un valor medio de 569 (mg/L). Después se procedió a aplicar la tecnología EM en medio líquido y se realizó monitores a las 48 horas arrojando una concentración media de 103 (mg/L) y a las 72 horas de 162 (mg/L), al analizar los resultados en el periodo de tiempo evaluado, estos reflejan un descenso importante a las 48 horas, permitiendo reflejar que la tecnología actúa de manera eficiente en la depuración, Sin embargo a las 72 horas esa concentración asciende, probablemente esto se deba a que los aportes energéticos externos se disminuyeron causando la disminución de la población de microorganismo depuradores.

También es importante mencionar que la concentración de sólidos suspendidos totales tanto a las 48 horas y 72 horas no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para SST en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l según la resolución 0631 de 2015. Cabe resaltar que el monitoreo realizado a las 48 horas arroja un importante resultado en cuanto a concentración que permitió seguir evaluando alternativas para mejorar el resultado.

Porcentaje de remoción para SST

En la figura 11 (D) se refleja los porcentajes de remoción obtenidos a las 48 horas y 72 horas así: 81% y 72% respectivamente. Se puede evidenciar que a las 48 horas el porcentaje obtenido deduce una alta eficiencia de remoción para este parámetro.

En cuanto los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, es importante mencionar que se asemejan a los resultados generados en la investigación denominada “Eficiencia Del Uso De Microorganismos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas En Una Planta De Tratamiento De Agua Residual” teniendo en cuenta que en esta la concentración osciló entre 130 y 400 mg/l que corresponde a 67,5 % de remoción en carga orgánica. Se puede deducir que los microorganismos aportan en el consumo de nutrientes en aguas residuales domésticas permitiendo mejorar la remoción de sólidos.[42]

por otro lado, si se tuviera en cuenta el decreto 1594 de 1984 la concentración obtenida a las 48 horas, cumpliría con los requerimientos para SST estipulados en la norma. Sin embargo, a las 72 horas se obtiene un porcentaje de 72% en comparación con el resultado obtenido a las 48 horas desciende, probablemente esto se debe a que la tecnología EM disminuye la población de microorganismos por las características del agua.

4.1.4 Selección del reactor con mayor desempeño

Una vez obtenido los resultados de parámetros fisicoquímicos (DQO, DBO₅ y SST) y analizado las concentraciones obtenidas en cada una de las corridas experimentales donde se utilizó la tecnología EM en su medio sólido (Bokashi EM) y líquido en un periodo de tiempo de 48 y 72 horas, se procede a identificar la unidad experimental con mejor desempeño, para esto se consideró los porcentajes medios de remoción obtenidos calculados y analizados anteriormente y por medio de la siguiente tabla comparativo se refleja los resultados obtenidos.

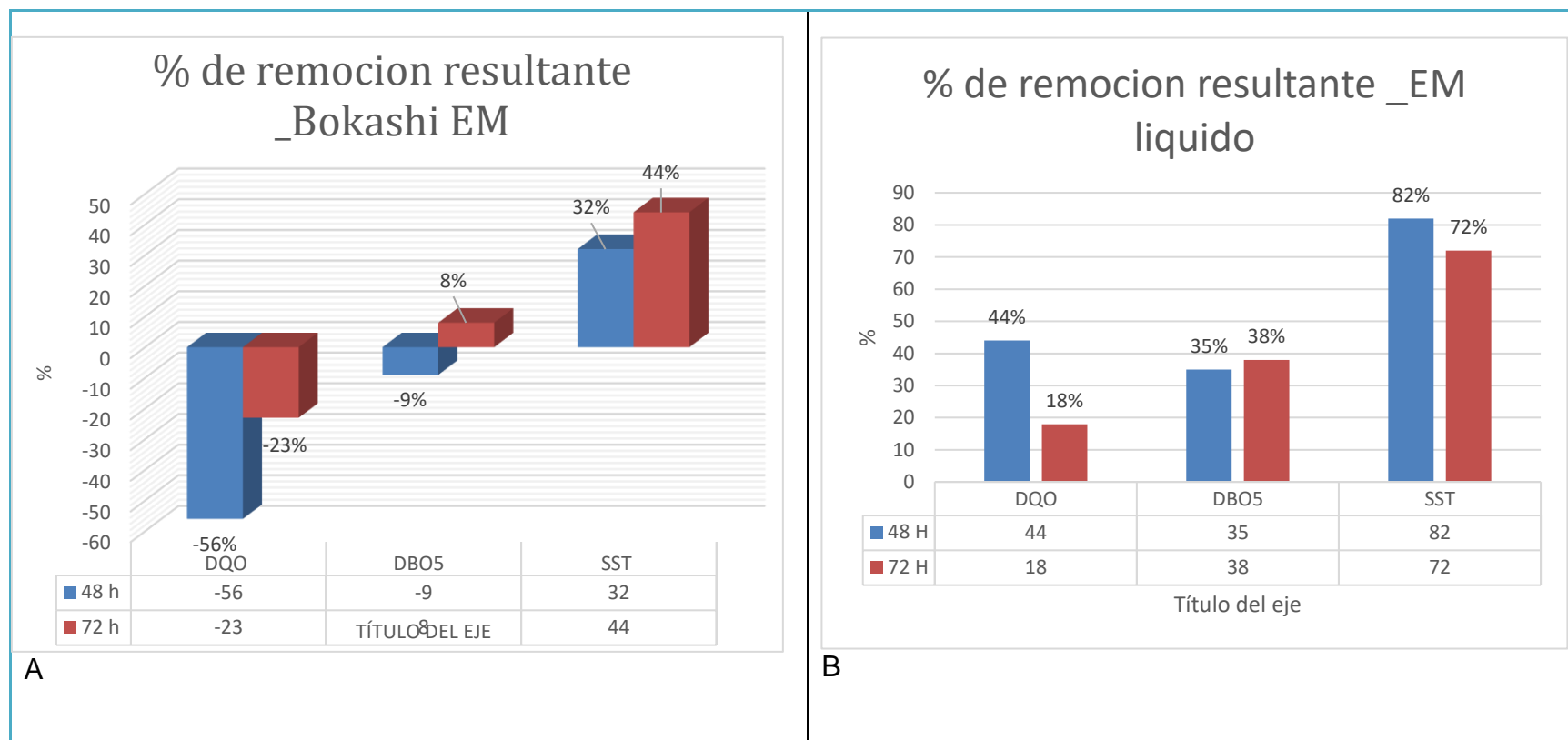


Figura 12. Comparación de resultados obtenidos en porcentaje de remoción media para DQO, DBO₅ y SST en las corridas experimentales (A) Bokashi EM Y (B) Tecnología EM líquida. *Fuente propia*

4.2 Tecnología EM con mayor eficiencia

Teniendo en cuenta que se aplicó la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema piloto de tratamiento es necesario analizar los resultados obtenidos en las corridas experimentales, por lo tanto, en la figura 12 (B) se puede evidenciar cómo la tecnología en medio líquido generó mejores resultados en comparación con las bolas de Bokashi EM como se evidencia en la figura 12 (A), en las concentraciones obtenidas para Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de oxígeno y Sólidos Suspendidos totales.

Para DQO la tecnología EM líquido presentó mayor eficiencia a las 48 horas generando un % de remoción media de 44%, en tanto el Bokashi EM presentó porcentajes negativos posiblemente esto indica que el producto no realizó la función de depurar la carga contaminante en el tiempo de estudio y por el contrario aumentó la carga contaminante.

Para DBO₅ el EM líquido presenta una mayor eficiencia a las 72 horas, resultando un % de remoción media de 38%. mientras tanto el Bokashi EM presentó valores de -9% y 8% a las 48 y 72 horas, porcentajes bajos a comparación con la tecnología EM líquido.

Para SST el EM líquido presenta un importante % de remoción media teniendo en cuenta que a las 48 horas fue de 82% valor significativo a comparación del Bokashi EM que su mayor eficiencia fue de 44% en 72 horas de monitoreo.

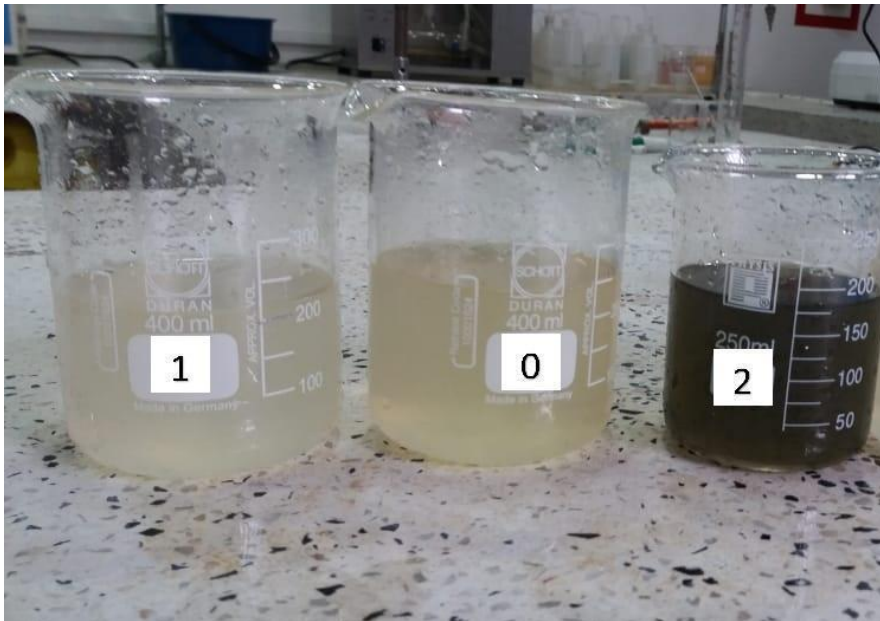


Figura 13. Agua residual doméstica. (0) muestra en blanco, (1) EM líquido y (2) EM sólido. *Fuente: Propia*

En la figura 13 se evidencia las muestras de agua residual doméstica utilizadas para las corridas experimentales, el (0) representa la muestra en blanco, esta no recibió

ningún tipo de tratamiento, la muestra número (1) corresponde a ARD tratada con la tecnología EM en estado líquido y la muestra número (2) corresponde a ARD tratada con la tecnología EM en estado sólido (Bokashi EM). En ellas se pueden reflejar diferencias en parámetros físicos como color y olor, si se toma como base la muestra en blanco.

4.1.5. Corrida experimental adicional.

- **Tecnología EM en estado líquido en medio poroso.**

En las corridas experimentales anteriores se determinó que la tecnología EM en estado líquido presentó el mejor porcentaje de remoción media en comparación al Bokashi EM, sin embargo la remoción obtenidos no representa los porcentajes esperados, lo anterior genera inquietud en la posibilidad de utilizar un medio que permita el almacenamiento de los microorganismos en un medio que no aporte materia orgánica al agua residual y su dosificación fuese controlada, es así como se tiene en cuenta la recomendación generada en la investigación realizada por la Universidad Javeriana en su tesis “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica” indica, emplear un sustrato que no aporte materia orgánica al agua, porosos para la colonización de los microorganismos, tal como el polvo de ladrillo o estropajo, entre otros.[16]

Lo anterior hace referencia a la adsorción puesto que es la acumulación de la materia que para este caso es la tecnología EM en medio líquido a una superficie sólida que corresponde arcilla utilizado en la presente investigación; generando que al aplicar la tecnología al agua residual doméstica esta se pueda dosificar de manera gradual permitiendo la adaptación de los microorganismos al medio contaminante paulatinamente.

el proceso que se realizó para inocular la tecnología EM en estado líquido arcilla fue: Se utilizó 2 kilos material poroso y se adiciono 600 ml de la tecnología EM, después se dejó 18 horas para la adsorción y por último se aplicó al agua residual doméstica de la finca La Legua.

Resultados de Parámetros fisicoquímicos - Laboratorio Corporación Autónoma Regional Del Cauca.

Se realizó el análisis físico químico de los parámetros DQO Y DBO₅ laboratorio certificado de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca – CRC y SST en el laboratorio de la Universidad Autónoma del Cauca, obteniendo los resultados que se reflejan en la figura 13 a continuación.

(Los resultados obtenidos CRC se evidencia en el Anexo 4)

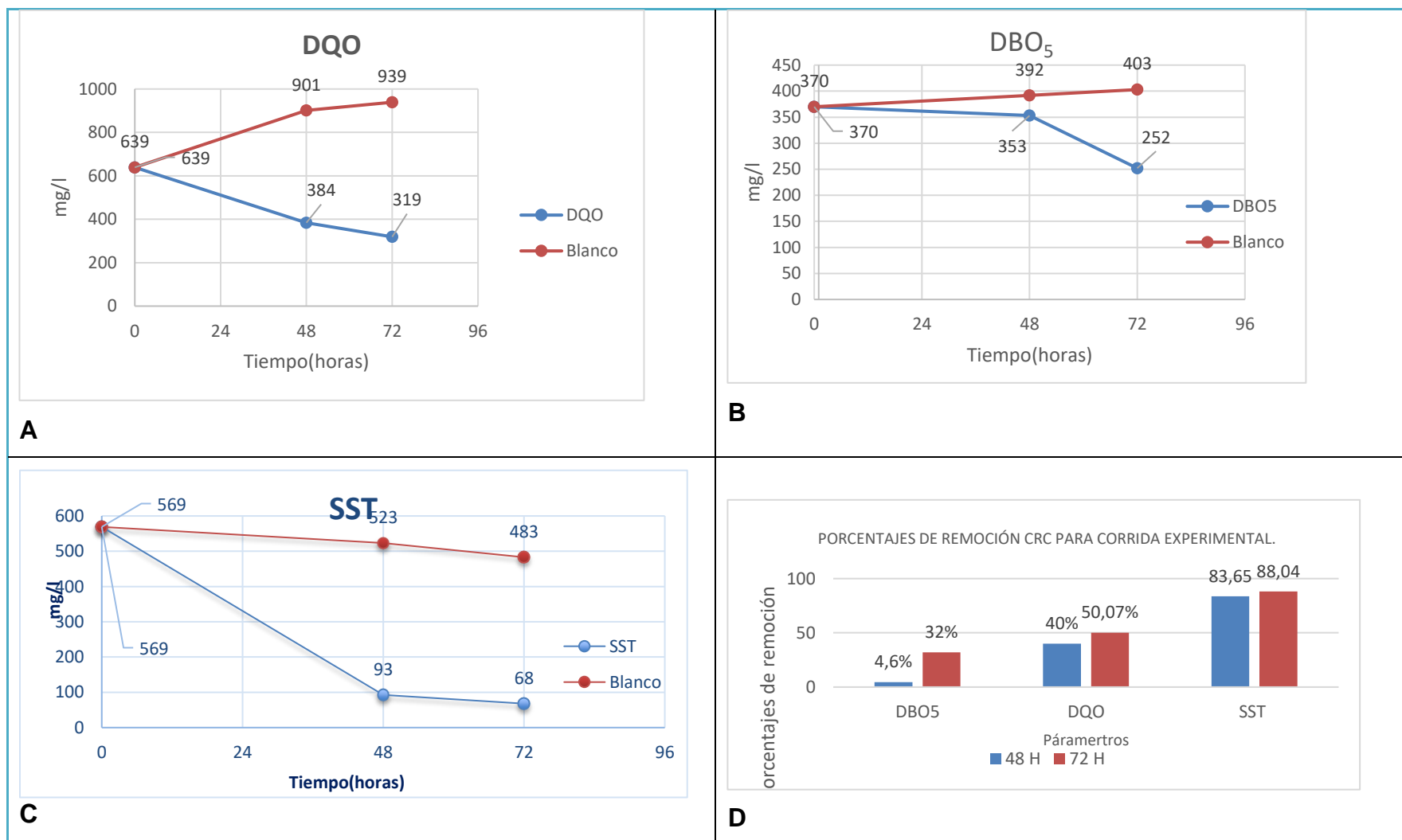


Figura 14. Comportamiento de parámetros fisicoquímicos durante los ensayos experimentales con EM (medio poroso): (A) DQO (B) DBO₅ (C) SST (D) Porcentajes de remoción media. *Fuente Propia*

La figura 14 (A), muestra como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), osciló entre 639 y 319 mg/l. La concentración media inicial es de 639 mg/l, a las 48 horas presenta una disminución en la concentración media de 384 mg/l y a las 72 horas continúa bajando a 319 mg/l, evidenciando un descenso y disminución de la carga contaminante. También es importante mencionar que esta concentración no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DQO en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 200 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

En la figura 14(B) se observa que la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) presentó fluctuaciones entre 370 y 252 mg/l. La concentración media inicial es de 370 mg/l, a las 48 horas presenta una disminución de 353 mg/l y a las 72 horas continúa bajando a 252 mg/l. Sin embargo, esta concentración media final no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DBO₅ en aguas residuales domésticas en alcantarillado es de 90 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

En la figura 14 (C), se refleja concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST) entre 569 mg/l y 68 mg/l. La concentración media inicial es de 569 mg/l, a las 48 horas presenta una disminución en la concentración media de 93 mg/l y a las 72 horas continúa bajando a 68 mg/l. Si se realiza la comparación con la normatividad legal vigente se tiene que tanto a las 48 horas como a las 72 horas cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para SST en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l según la resolución 0631 de 2015

Cabe resalta que la concentración de DQO, DBO₅ Y SST en la muestra en banco tiende a descender a las 0,48 y 72 horas de monitoreo, teniendo a intensificar la carga contaminante.

% de remoción reactor 3.

En la figura 14 (D) se refleja los porcentajes de remoción media con mayor desempeño obtenidos a las 72 horas para los parámetros DQO, DBO₅ Y SST que se calcularon teniendo en cuenta la ecuación 1. Los resultados obtenidos fueron 50,07%, 32% y 88,04% respectivamente. Para la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno los porcentajes obtenidos denotan baja eficiencia de remoción dado que si se tuviera en cuenta el decreto 1594 de 1984 esta concentración no cumpliría con los requerimientos para SST estipulados en la norma. Por lo tanto, la eficiencia de la tecnología EM en el periodo de tiempo estudiado es bajo. Probablemente los microorganismos presentes requieran mayor tiempo de retención para oxidar la materia orgánica presente en el agua. Quizás se

requiera de dosificación constante del producto o posiblemente se presentó una disminución de la población por el alto contenido de detergente presente en el afluente. El porcentaje obtenido SST deduce una alta eficiencia de remoción para este parámetro, si se tuviera en cuenta el decreto 1594 de 1984.

4.1.6 Potencial De Hidrógeno y temperatura

Potencial De Hidrógeno (PH).

La figura 14 refleja los resultados obtenidos para cada una de las corridas experimentales en el tiempo de monitoreo desde las 0, 48 y 72 horas.

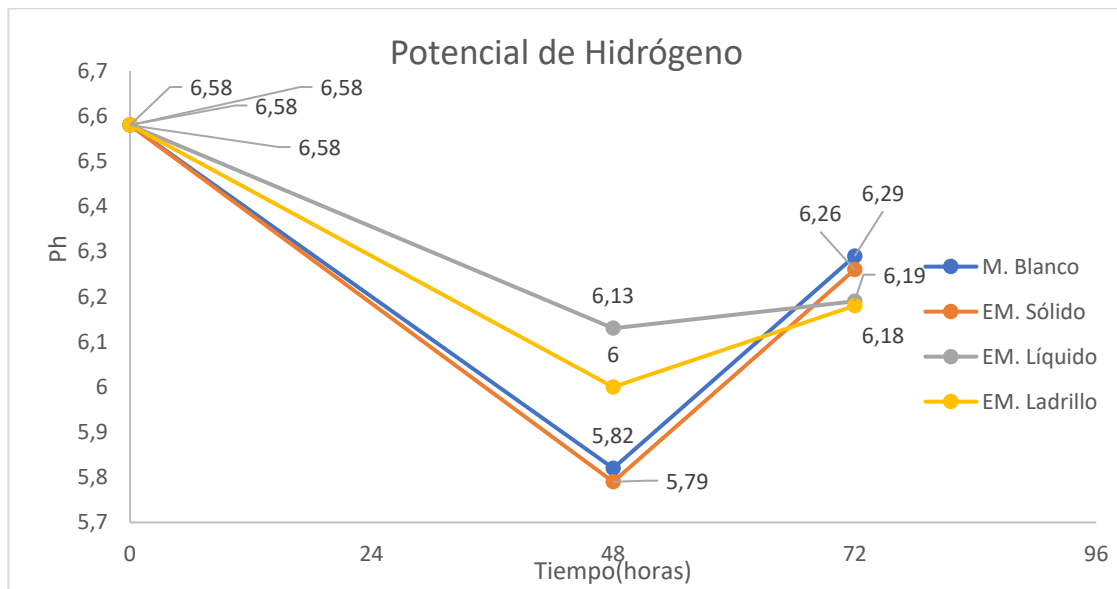


Figura 15. Comportamiento del potencial de hidrógeno durante las corridas experimentales. Fuente. Propia

Los reactores experimentales presentaron una fluctuación entre 5,79 y 6,58, denotando una disminución de este parámetro en las corridas experimentales que corresponden al blanco y el reactor con la tecnología EM en medio sólido, descendiendo a 5,79, esto se debe al aumento de la carga orgánica disminuyendo la velocidad de crecimiento de los macroorganismos por ende la pérdida de eficiencia en estas corridas experimentales.[43]

Las corridas experimentales correspondientes a la tecnología EM en estado líquido y en medio poroso presentan rangos de 6 y 6,58 adecuado para los procesos anaerobios

Temperatura.

La fluctuación de la temperatura en las cuatro unidades experimentales, generando como resultado temperaturas medias de 21 y 23 °C, este margen de temperatura permite deducir que se cuenta con un grupo de bacterias Mesófilos, que crecen bien en un margen de (20 a 45 °C). También este rango permite determinar que las corridas experimentales cuentan con una adecuada temperatura para los procesos de metabolismo, velocidad de transferencia de gases y características de sedimentación

4.2. Evaluar la tecnología EM con mayor eficiencia en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Caldon, Cauca.

Una vez evaluadas las corridas experimentales y determinado la aplicación de mayor eficiencia se a aplicar la tecnología EM (Microorganismos Eficaces) inoculada en un medio poroso a un sistema piloto para el tratamiento de aguas residuales domésticas que se adecuo teniendo en cuenta las recomendaciones generadas en la resolución 0844 de 2018, en el capítulo 4 recolección, evacuación y tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas rurales. Sesión 1 tipo de sistemas y selección de alternativas, teniendo en cuenta la dispersión de las viviendas, la condición geográfica, topográfica y disponibilidad de agua. En la sesión 5, Soluciones individuales de saneamiento recomienda emplear tanque séptico, acompañado de tanque anaerobio y un sistema de tratamiento complementario, que para el predio se adecuo un filtro anaerobio de flujo ascendente.

También se consideró el Decreto 890 de 2017, fue reglamentado mediante la resolución 179 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el cual se incluyeron las tipologías para las soluciones individuales de agua y de saneamiento en viviendas dispersas, en el Artículo 1. Formulación del plan nacional de construcción y mejoramiento de vivienda rural. Se deberá tener en cuenta el criterio de la promoción y aplicación de soluciones tecnológicas (soluciones individuales) para garantizar el acceso al agua potable y el manejo de las aguas residuales.

El sistema piloto implementado en la finca la Laguna se construyó con materiales existentes en el predio por lo tanto carece de algunos criterios de diseño generados en el RAS 2000 y el Decreto 0330 de 2017. sin embargo, para garantizar en un futuro la funcionalidad del sistema se anexa memoria de cálculos que deben ser tenidos en cuenta en el momento de establecer un sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas.

4.2.1. Aplicación de la tecnología EM en el sistema piloto

Una vez obtenido los resultados generados por las corridas experimentales se aplica la tecnología EM en su medio líquido al tanque séptico en una dosificación

de 600 ml para 200 litros de agua esta dosificación se determinó mediante la técnica de ensayo error teniendo en cuenta que no se cuenta con bibliografía para la dosificación. Para este proceso se aplica la recomendación generada en el trabajo de investigación “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica” de la universidad Javeriana, que indica, emplear un sustrato que no aporte materia orgánica al agua, porosos para la colonización de los microorganismos, tal como el polvo de ladrillo o estropajo, entre otros.[14] En este sentido se utiliza arcilla de 2 kilos, a cual se adiciona 600 ml de EM líquido que en 24 horas absorbe totalmente, este se dispuso en el reactor que se le denominó “reactor 3” y se evaluó teniendo en cuenta su comportamiento a las 48 horas y 72 horas mediante parámetros fisicoquímicos y porcentaje de remoción.

Parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para evaluar el sistema fueron DBO₅, DQO Y SST. La Demanda bioquímica de oxígeno y la Demanda química de oxígeno se enviaron a laboratorio certificado de la Corporación Autónoma Regional del Cauca y los sólidos suspendidos totales se analizaron en el laboratorio de la universidad Autónoma del Cauca.

La tabla 8 refleja las concentraciones obtenidas para los parámetros fisicoquímicos evaluados en el sistema piloto de tratamiento de aguas residuales domésticas que consta de trampa de grasas, tanque séptico y filtro anaerobio. La muestra del afluente fue tomada de la trampa de grasas concentraciones iniciales de DBO₅ 598 mg/l, DQO de 930 mg/l y SST de 1401 mg/l. (ver anexo 7 resultados obtenidos SST)

Tabla 8. Resultados obtenidos parámetros fisicoquímicos del sistema piloto.

PARÁMETRO	MUESTRA INICIAL	TANQUE SÉPTICO	FILTRO ANAEROBIO
DBO ₅	598	457	268
DQO	930	738	427
SST	1401	133	101

Fuente: Propia

Las concentraciones obtenidas en la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno en el tanque séptico descienden levemente a 457 mg/l y 738 mg/l respectivamente en comparación a las concentraciones iniciales. Probablemente el paulatino descenso se dio por errores en la implementación del sistema, debido a que al anteceder al tanque séptico el tratamiento primario la concentración debió disminuir y al aplicar la tecnología EM en medio líquido siendo coherentes con los resultados generados en las corridas experimentales, se esperaba obtener una menor concentración de DBO₅.

También es importante mencionar que la concentración de DBO_5 en el tanque séptico y el filtro anaerobio no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DBO_5 en aguas residuales domésticas vertidas a alcantarillado es de 90 mg/l según la resolución 0631 de 2015. De igual manera es importante mencionar que la concentración de DQO no cumple con la normatividad legal vigente, debido a que el límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para DQO en aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 200 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

La concentración inicial de Sólidos Suspendidos Totales fue de 1401 mg/l, se aplica la tecnología EM en medio líquido inoculado en arcilla y se realiza monitoreo esta concentración desciende a 103 mg/l. Este resultado es importante en el sistema piloto de tratamiento de aguas residual doméstica, debido a que permite disminuir el taponamiento de la tubería y minimiza los periodos de mantenimiento del sistema. También se evaluó la concentración en el filtro anaerobio resultado una concentración de 101 mg/l, concentración que se encuentra muy cerca al límite máximo permisible en los vertimientos puntuales para SST para aguas residuales domésticas de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares es de 100 mg/l según la resolución 0631 de 2015.

Porcentaje de remoción

La figura 15, muestra el % de remoción calculado con la ecuación 1 descrita en la metodología para los parámetros DBO_5 , DQO Y SST, parámetros monitoreados en el tanque séptico y el filtro anaerobio.

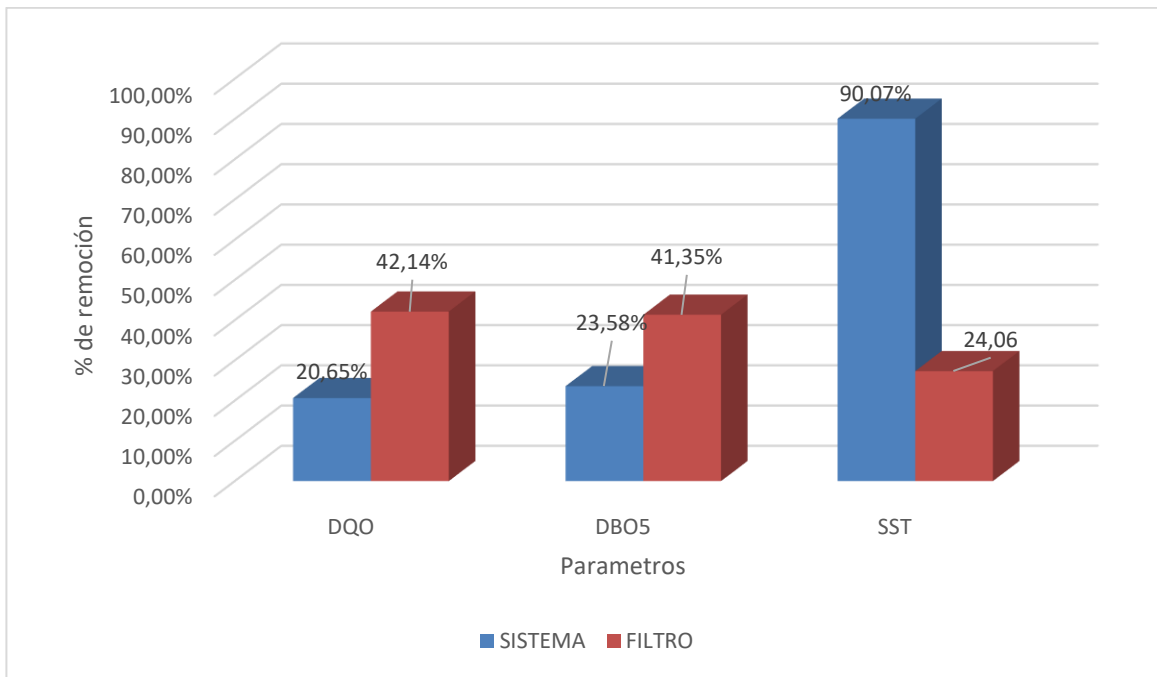


Figura 16. porcentaje de remoción parámetros fisicoquímicos. *Fuente propia*


La figura 16 ilustra el porcentaje de remoción obtenido en el tanque séptico y el filtro anaerobio para los parámetros evaluados, es evidente que en la Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentaron baja eficiencia de remoción de carga orgánica. Probablemente el no contar con diseño apropiado y materiales pertinentes género la baja eficiencia. Posiblemente La tecnología EM requiere de mayor tiempo de retención para oxidar la materia orgánica presente en el agua. El porcentaje obtenido deduce baja eficiencia de remoción para estos parámetros, si se tuviera en cuenta el decreto 1594 de 1984 esta concentración no cumpliría con los requerimientos ya que se requiere un 80% de remoción para el vertimiento. En cuanto SST la concentración fue de 90,07 % generando una alta eficiencia de remoción para este parámetro.

Las tecnologías del futuro para el tratamiento de aguas residuales apunta hacia las celdas de combustible microbiológicas que consiste en la adecuación de dispositivo que almacenan microorganismos para que estos de manera controlada depuren aguas con carga orgánica que puede ser glucosa, acetato, lactosa, entre otros componentes, cuyas características son biodegradable y aprovechable por los microorganismos. Asemajando al tratamiento realizado mediante la inoculación de la tecnología EM en medio líquido en arcilla que permite el almacenamiento de los microorganismos y la dosificación controlada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la finca La Legua, evidenciando aumento en el porcentaje de remoción.

4.2.2 Costo Beneficio

Es importante destacar de manera cuantitativa el sistema piloto implementado en la finca la legua en contraste con los beneficios que este puede representar como solución individual de saneamiento. (ver anexo 5, presupuesto general).

ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	VALOR
1	sistema piloto de tratamiento de agua residuales	Global	\$338.600
2	Mantenimiento	Global	\$65.000
3	Operación	Global	\$93.000
TOTAL			\$496.600



BENEFICIOS
El sistema no requiere energía para su funcionamiento
El sistema genera gas como subproducto que puede ser aprovechado como combustible
Baja producción de lodos
Si los lodos llevan un buen manejo pueden ser utilizados como mejoradores de suelos
Baja inversión
Mínimos costos de operación
Reutilización del agua en el sector primario como lo es la agricultura cultivos de ciclos productivos largos y plantas ornamentales.
Mitigar el riesgo a la salud pública.
Conservación y buen manejo del recurso hídrico.
Disminuye la contaminación del suelo, subsuelo y el agua subterránea.
Conserva la flora y fauna que está alrededor de los mantos acuíferos y a todas las personas que se benefician de estos.
Disminuir carga contaminante

Figura 17. Costos y beneficios. Fuente propia

4.2.3. Diseño de sistema de tratamiento para tratamiento de aguas residuales domésticas.

Para un correcto funcionamiento del sistema piloto se realizan cálculos de diseño para trampa de grasas, tanque séptico y FAFA. (ver anexo 8 para memoria de cálculos)

Diseño para trampa de grasas para la finca la legua.

TRAMPA GRASAS FINCA LA LENGUA	
<i>Número de unidades</i>	1
<i>V = Volumen unidad</i>	0.837 m ³
<i>As</i>	0.23m ²
<i>As + factor de seguridad del 30 %</i>	0.3m ²
<i>Ancho/ largo</i>	1 : 4
$As = L * 4A$	$4 * L^2$
$A = \sqrt{\frac{As}{4}} = \sqrt{\frac{0.3m^2}{4}}$	0.27 m
$A = 0.27 + 10\%$	0.3 m
$L = 4 * 0.3 m$	1.2 m
$H = V / As$	0.93 m
<i>Borde Libre</i>	0.30 m
$H total = H + borde libre$	1.23 m
<i>Ubicación del baffle</i>	0.72m
<i>Altura del baffle</i>	1.107 m
<i>Espacio entre baffle y fondo</i>	0.123 m
<i>Ubicación de la tubería</i>	0.15 m
<i>Atura de la tubería de entrada</i>	0.92 m

Diseño de tanque séptico para finca la Legua.

DIMENSIONAMIENTO SISTEMA SÉPTICO FINCA LA LENGUA	
<i>Número de unidades</i>	1
<i>Volumen (m³)</i>	2.5 m ³
<i>Profundidad Útil (Asumida H_u)</i>	1.4 m
Para Vu > 10 m ³ , 1,8 ≤ hu ≤ 2,8 (RAS 2000, tabla E.3.3)	
<i>Área = V_u/h</i>	1.78 m ²
<i>Área + factor de Seguridad 30%</i>	2.3 m ²
<i>Ancho/ largo</i>	1 : 2
<i>As = L * 2A</i>	2 * L ²
$A = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{2.3m^2}{2}}$	1,07 m
<i>L = 2 * 1.07 m</i>	2.14 m
<i>Borde Libre</i>	0.30 m
<i>Número de Compartimientos</i>	2
<i>Longitud de primer Compartimiento = 2L/3</i>	1.42 m
<i>Longitud Segundo Compartimiento = L/3</i>	0.71 m
<i>HT = H_u + borde Libre</i>	1.7 m

Diseño FAFA para finca la Legua.

DISEÑO FAFA FINCA LA LENGUA	
<i>Número de unidades operando</i>	1
<i>Volumen</i>	1.43m ³
<i>Altura Total H = hf + Falso fondo + Profundidad S. + Borde Libre</i>	2.6 m
$\text{Área Superficial} = A_s = \frac{V \text{ m}^3}{H \text{ Total}}$	0.68 m ²
<i>A_s + factor Seguridad 30%</i>	0.88 m ²
<i>Ancho/ largo</i>	1 : 2
$A_s = L * 2A$	2 * L ²
$A = \sqrt{\frac{A_s}{2}} = \sqrt{\frac{0.88 \text{ m}^2}{2}}$	0.66 m
$L = 2 * 0.66 \text{ m}$	1.32 m
<i>Largo total (Incluyendo los 0.80 m de la recámara de la tubería)</i>	2.12 m
<i>Borde Libre</i>	0.70 m
<i>altura de soporte y tubería</i>	0.25 m
<i>Altura medio Filtrante</i>	1 m
<i>Soporte medio Filtrante</i>	0.24 m
<i>Profundidad Área Sedimentación</i>	0.2 m
<i>Falso Fondo</i>	0.2 m
<i>Tiempo de retención hidráulico total día</i>	0.55 día
<i>Tiempo de retención hidráulico total horas</i>	13.2 h

CONCLUSIONES

- La aplicación de la tecnología EM (Microorganismos Eficaces) en estado líquido a aguas residuales domésticas en las corridas experimentales presentó mayor porcentaje de remoción de carga contaminante en los parámetros DQO, DBO₅ Y SST, mientras que la tecnología en estado sólido aportó materia orgánica aumentando la contaminación de esta.
- La corrida experimental del reactor 3 evaluó La tecnología EM (microorganismos eficaces) en estado líquido inoculado en medio poroso, resultando mejor porcentaje de remoción en los parámetros DQO, DBO₅ y SST
- La concentración de DBO Y DBO5 obtenida en la corrida experimental con mayor eficiencia y en el sistema piloto no cumple con la resolución 0631 de 2015 que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
- La concentración de SST obtenida en la corrida experimental con mayor eficiencia y en el sistema piloto cumple con la resolución 0631 de 2015 que establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
- La inoculación de la tecnología EM en la arcilla permite conservar los microorganismos en el agua evitando su arrastre anticipado y al ser un medio poroso permite la dosificación controlada en el agua residual generando mayor adaptación de los microorganismos a las características del agua.
- La tecnología EM (Microorganismos Eficaces) en la dosificación empleada para el tratamiento de aguas residuales domésticas requiere de mayor tiempo de retención para mejorar el % de remoción de carga contaminante.
- Las concentraciones de DQO, DBO₅ y SST obtenidas en el tanque séptico fueron menores que las obtenidas en la corrida experimental del reactor 3, es probable que el diseño del sistema no permitiera condiciones anaerobias para el desarrollo de los microorganismos.
- La aplicación de la tecnología EM en el sistema piloto presentó bajo porcentaje de remoción, esto posiblemente se debe a que el reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodo requiere de uno a dos meses para su estabilización.

RECOMENDACIONES

- El sistema piloto para el tratamiento de agua residuales se realizó con materiales existentes en el predio y no se construyó con un diseño previo por lo que pudo generar la baja eficiencia del mismo, teniendo en cuenta lo anterior, se pone a disposición la memoria de cálculos para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas que comprende trampa de grasas, tanque séptico, FAFA.
- En los reactores anaerobios tipo batch que se utilizaron para las corridas experimentales se adaptó un punto de muestreo a 15 cm de altura de la base el cual no fue eficiente, ya que en el momento de la recolección de la muestra en ella se depositaban los sedimentos, por lo tanto, se recomienda adaptar este punto de muestreo en la parte media de los reactores.
- Las características de las aguas residuales domésticas de estudio tienen altos contenidos de detergentes ya que son provenientes de la lavadora, ducha y cocina, los cuales probablemente disminuyen la población de microorganismos.
- En el presente estudio se utilizó la tecnología EM (Microorganismos Eficaces) en las dosificaciones recomendadas por el fabricante, probablemente si se aumenta la dosificación se podrían generar mejores resultados.
- La tecnología EM (Microorganismos Eficaces), tiene un periodo de vencimiento de tres meses, en relación a esto sería importante utilizar el producto con fechas recientes de fabricación para garantizar buena población de microorganismos.
- La investigación analiza el comportamiento de la tecnología EM (Microorganismos eficaces) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en un periodo de tiempo de 48 y 72 horas, es posible que al aumentar el tiempo de retención la tecnología genere mayor eficiencia.
- La tubería que se utilizó en el sistema piloto fue de tubo de PVC sanitario de 1½ pulgadas línea semipesado ya que se trabajó con materiales existentes en el predio, por lo tanto, se recomienda utilizar tubería de 3 pulgadas para el buen funcionamiento del sistema.

● BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Mundial de la Salud, "OMS- 2.1 billion people lack safe drinking water at home, more than twice as many lack safe sanitation,". [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>. [Accedido: 30-jul-2019].
- [2] La República, " L. R. S.A.S- Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales,". [En línea]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>. [Accedido: 30-jul-2019].
- [3] Organización Mundial de la Salud, "OMS- 2,4 mil millones de personas carecen de acceso a saneamiento," 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/jmp-report/es/>.
- [4] Vicepresidencia, "Qué satisfacción haber podido contribuir en la transformación de Colombia": Vargas Lleras," 14-mar-2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.vicepresidencia.gov.co/prensa/2017/Paginas/Que-satisfaccion-haber-podido-contribuir-en-la-transformacion-de-Colombia-Vargas-Lleras-170314.aspx>. [Accedido: 31-mar-2017].
- [5] R. Miranda, "Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia", Revista de Salud Pública, vol. 18, n.o 5, pp. 738-745, oct. 2016.
- [6] DANE, "Proyecciones de población", 2020-2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. [Accedido: 30-abr-2017].
- [7] J. P. Rodríguez-Miranda, C. A. García-Ubaque, y J. C. García-Ubaque, "Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia", Revista de Salud Pública, vol. 18, n.o 5, p. 738, feb. 2017.
- [8] J. P. Rodríguez-Miranda, C. A. García-Ubaque, y J. C. García-Ubaque, "Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia", Revista de Salud Pública, vol. 18, n.o 5, pp. 738-745, sep. 2016.
- [9] Plan Nacional de Desarrollo, "PND, donde se propone el pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos 2018-2022". [En línea]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-2018-2022.pdf>
- [10] P. A. P. Lozada y A. Municipal, "Plan de desarrollo territorial 2016-2019". [En línea]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B88B9ZZJsmHkMzVoTHRJX2hhQTA/view>. pdf.

[11] T. Romero y D. Vargas, "El uso de la tecnología EM (Microorganismos eficaces) para el tratamiento de agua residual," Ingeniería Hidráulica y Ambiental, vol. XXXVIII, No. 3, Sep-Dic 2017, p. 88-100. [online]. Disponible: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>.

[12] J. Mendoza y G. Elizabeth, "Efecto de dos soportes de inmovilización de Microorganismos Eficaces en la degradación de materia orgánica de aguas residuales domésticas", Universidad Nacional de Trujillo, 2013. [online]. Disponible: [<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3626>].

[13] L. G. Centeno Calderón, A. Quintana Díaz, y F. L. López Fuentes, "Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú", Arnaldoa, vol. 26, n.o 1, pp. 433-446, ene. 2019. [online]. Disponible: <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/939>

[14] T. Hülsen, E. Barry, Y. Lu and D. Puyol, " Domestic wastewater treatment with purple phototrophic bacteria using a novel continuous photo anaerobic membrane biorreactor": Water Research Publisher: Elsevier Date: 1 September 2016 © 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved. [online]: <https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?publisherName=ELS&contentID=S0043135416302962&orderBeanReset=true>

[15] Patterson, R.A. and Jones, M.J. (Eds). Held at University of New England, Armidale." EFFECTIVE MICROORGANISMS (EM) AND WASTEWATER SYSTEMS", 30th September to 2nd October 2003. Published by Lanfax Laboratories. [online]:

<http://www.lanfaxlabs.com.au/papers/P53-03-Szymanski-Patterson.PDF>

[16] J. Cardona Gómez y L. A. García Galindo, "Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica", 2008. [online]: <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>

[17] S. López, S. Calderón, "Depuración de Aguas Residuales", Edición 5, Editorial Elearning, España 2015. [ONLINE]: <https://books.google.com.co/books?id=9cJWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales+son&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwii2vWmyePIAhWJtlkKHZXCmAQ6AEIPTAD#v=onepage&q=aguas%20residuales%20son&f=false>

[18] Observatorio Colombiano de Gobernanza del Agua, [DISPONIBLE]:

<http://www.ideam.gov.co/web/ocga/glosario>

[19] Calidad de vertimientos, Resolución 0631 de 2015. [online] Disponible:

<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones.pdf>.

- [20] G. Miller y G. Tyler, "Ciencia ambiental, México", 2007. [En línea]. Disponible en: [http://biblio.upmx.mx/library/index.php?title=283081&lang=en&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=MILLER,%20G.%20TYLER%20\(GEORGE%20TYLER\),%201931-%20@mode=&recnum=1&mode=](http://biblio.upmx.mx/library/index.php?title=283081&lang=en&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=MILLER,%20G.%20TYLER%20(GEORGE%20TYLER),%201931-%20@mode=&recnum=1&mode=). [Accedido: 31-jul-2019].
- [21] Manual de aguas residuales, Andalucía, España 2006, [DISPONIBLE]: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>,
- [22] B. Beltrán y D. María, "Beneficio del uso de tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas residuales", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/447>
- [23] J. García y C. Gutiérrez, "Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales". 2007. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/33133551/Procesos_para_el_tratamiento_biol%C3%B3gico_de_aguas_residuales_industriales_-_Carlos_M._Guti%C3%A9rrez
- [24] P. Torres-Lozada, N. Vásquez-Sarria, A. Pérez, C. A. M.- Parra, y J. A. Rodríguez-Victoria, "Alternativas de tratamiento biológico aerobio para el agua residual doméstica del municipio de Cali, Colombia", p. 8, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/39151968.pdf>
- [25] F. Cervantes, "Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño", 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321168616_Tratamiento_biologico_de_aguas_residuales_Principios_modelacion_y_diseno
- [26] C. A. Rodríguez-Becerra, "LOS BIODIGESTORES: FUENTE DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y CALIDAD DE VIDA EN COMUNIDADES RURALES DE COLOMBIA", p. 20, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/787/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FINAL.pdf>
- [27] T. Matsumoto y I. A. Sánchez-Ortiz, "EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT BY FACULTATIVE LAGOONS AND PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS", Universidad y Salud, vol. 12, n.o 1, pp. 65-78, 2010. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0124-71072010000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [28] E. R. Castillo-Borges, "Tratamiento de efluentes de fosas sépticas mediante el uso de un sistema de contactor biológico rotatorio", Tecnología y ciencias del agua, vol. 4, n.o 3, pp. 125-134, ago. 2013. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S200724222013000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- [29] R. Rojas-Remis y L. G. Mendoza-Espinosa, "Use of biosolids for energetic recovery in México", *Producción + Limpia*, vol. 7, n.o 2, pp. 74-94, jul. 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552012000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [30] S. Chiva-Vicent, J. G. Berlanga-Clavijo, R. Martínez-Cuenca, y J. Climent-Agustina, "Depuración de aguas residuales: digestión anaerobia", 1.a ed. Universitat Jaume I, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/173363>
- [31] D. M. Revelo, N. H. Hurtado, y J. O. Ruiz, "CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS (CCMS): UN RETO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA", *Información tecnológica*, vol. 24, n.o 6, pp. 17-28, 2013. [En línea]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642013000600004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [32] T. Higa, "Learn how to live sustainably using EM microbial technology on agriculture and environment», EM Research Organization. [En línea]. Disponible en: <https://www.emrojapan.com/dr-higa/>. [Accedido: 19-ago-2019].
- [33] Tecnología EM en Latino América. "Qué es EMTM – Tecnología EMTM". [En línea]. Disponible en: <http://www.em-la.com/site/es/o-que-e-em/>. [Accedido: 19-ago-2019].
- [34] L. D. García-Mendoza, "Proceso de reproducción de bacterias fototróficas mediante bio fermentación", Ecuador, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/5433/1/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000121.pdf>
- [35] R. A. Parra-Huertas, "Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos", Colombia, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a12.pdf>
- [36] Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón / BIDATN/JO-10792 UR, "Manual práctico uso del EM", Uruguay, Ed. N° 1. Julio de 2009. [En línea]. Disponible en: http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- [37] Fundación de Asesorías para el Sector Rural, "fundases, Medio ambiente 2019". [En línea]. Disponible en: <https://www.fundases.net/medio-ambinete-2019>. [Accedido: 01-ago-2019].
- [38] Alcaldía Municipal de Caldono Cauca, "PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL", p. 336, Caldono Cauca, 2005.

- [39] Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-3, Calidad del agua, Muestreo y directrices para la preservación y manejo de muestras. [Disponible]: <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000140-e3b67e5121/NTC-ISO%205667-03-2004.%20Directrices%20para%20la%20preservacion%20y%20manejo%20de%20muestras.pdf>
- [41] S. Shigyo Y A. Myki, “Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un humedal artificial”, 2018. [Disponible]: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3390>
- [42] M. Bejarano y M. Escobar, “Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual”, Bogotá, 2015. [En Línea]: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18014/41091011_2015.pdf
- [43] A. Torrecillas J. Ferrer, Tratamientos biológicos de aguas residuales. Universidad Politécnica de València, 2003.

ANEXOS

Anexo 1. Norma Técnica NTC-ISO 5667 / 2

Gestión ambiental: Calidad del agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo

Muestras En El Sitio

Las muestras en el sitio son muestras discretas; generalmente se recogen manualmente, para aguas en la superficie, en profundidades específicas y en el fondo.

Generalmente, cada muestra será representativa de la calidad del agua, únicamente en el tiempo y en el lugar en el cual se toma.

Las muestras en el sitio son recomendadas si el flujo del agua de la cual se han de tomar muestras no es uniforme, si los valores de los parámetros que interesan no son constantes, y si el uso de una muestra compuesta oscureciera las diferencias entre las muestras individuales debido a la reacción entre ellas. Las muestras en el sitio también se deben considerar en investigaciones de la existencia posible de contaminación. Las muestras en el sitio también son esenciales cuando el objetivo de un programa de muestreo es estimar si la calidad de determinada agua cumple con límites.

Equipo De Muestreo

El recipiente de la muestra tiene que preservar la composición de la muestra con respecto a pérdidas debidas a la adsorción y la volatilización, o a la contaminación por sustancias extrañas.

El recipiente de la muestra usada para recolecta y almacenar la muestra se debe elegir después de considerar, por ejemplo, la resistencia a las temperaturas extremas, la resistencia al rompimiento, la facilidad de buen sellado y de reapertura, el tamaño, la forma, la masa, la disponibilidad, el costo, el potencial en relación con limpieza y reutilización, etc.

Se deben tomar precauciones para evitar que las muestras se congelen. Se recomienda el polietileno de alta densidad.

Tipos De Recipientes De Las Muestras

Las botellas de boca estrecha de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) deben de estar provistas de un tapón, para minimizar la oclusión de aire

Equipo Para Muestreo En El Sitio

Las muestras en el sitio generalmente se toman de forma manual, según las condiciones. El equipo más sencillo para tomar muestras en la superficie es un balde o botella de boca ancha introducida en un cuerpo de agua y sacada después de llenar.

Identificación Y Registro

La fuente de la muestra y las condiciones en las cuales se recolecta, se deben registrar y anexar a la botella inmediatamente después de que se selle

Anexo 2. Ficha técnica EM (Microorganismos eficaces)

2. FICHA TÉCNICA	
2.1	INGREDIENTE ACTIVO: <i>Lactobacillus casei</i> 1.0 * 10 ⁶ UFC/ml <i>Sacharomyces cerevisiae</i> 2.0 * 10 ⁴ UFC/ml <i>Rhodoseudomonas palustris</i> 2.5 * 10 ⁶ UFC/ml
2.2	GRUPO DE BIOINSUMO: AGENTE MICROBIAL INÓCULANTE BIOLÓGICO DE USO AGRÍCOLA.
2.3	COMPOSICIÓN GARANTIZADA: <i>Lactobacillus casei</i> 1.0 * 10 ⁶ UFC/ml <i>Sacharomyces cerevisiae</i> 2.0 * 10 ⁴ UFC/ml <i>Rhodoseudomonas palustris</i> 2.5 * 10 ⁶ UFC/ml
2.4	FORMULACIÓN: SUSPENSIÓN CONCENTRADA.
2.5	VIDA ÚTIL: 70 Días.
2.6	PRESENTACIÓN: 100 ml – 250 ml – 500 ml, 1 litro, 4 litros, 5 litros, 20 litros, 30 litros, 60 litros, 100 litros, 200 litros, 500 litros y 1000 litros.
2.7	FABRICANTE: FUNDASES
2.8	REGISTRO DE VENTA: Registro de venta No. 5480 del 04 de febrero de 2009.
2.9	RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO: El producto debe de ser activado de acuerdo a las recomendaciones dadas al momento de la adquisición. DOCUMENTO CONFIDENCIAL, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA DEBIDA AUTORIZACIÓN DOCUMENTO CONTROLADO

COPIA NO CONTROLADA
FUNDASES
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO

- 2.10. **FITOTOXICIDAD:** No fitotóxico en el cultivo recomendado.
- 2.11. **TOXICIDAD:** Ligeramente tóxico categoría IV.

3. HOJA DE SEGURIDAD

3.1 **NOMBRE DEL PRODUCTO:** EM-INÓCULO MICROBIAL PARA COMPOSTAJE

3.2 **INGREDIENTE ACTIVO GARANTIZADO:**

Lactobacillus casei	1.0 * 10 ⁶ UFC/ml
Sacharomyces cerevisiae	2.0 * 10 ⁴ UFC/ml
Rhodoseudomonas palustris	2.5 * 10 ⁶ UFC/ml

3.3 **PRESENTACIÓN:**

Kit de activación de 100 ml – 250 ml – 500 ml, 1 litro, 4 litros, 5 litros, 20 litros, 30 litros, 60 litros, 100 litros, 200 litros, 500 litros y 1000 litros.

3.4 **COMPOSICIÓN:**

Lactobacillus casei	1.0 * 10 ⁶ UFC/ml
Sacharomyces cerevisiae	2.0 * 10 ⁴ UFC/ml
Rhodoseudomonas palustris	2.5 * 10 ⁶ UFC/ml

Agua

La mezcla no contiene productos peligrosos.

3.5 **COMPATIBILIDADES:**

En cualquier mezcla debe probarse previamente su compatibilidad.

3.6 **IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS:**

Ligeramente peligroso para las personas y el medio ambiente.

Ingestión: pequeñas ingestiones accidentales no son susceptibles de causar lesiones. La ingestión de grandes cantidades puede causar dolor o malestar estomacal.

Ojos: baja peligrosidad, puede causar leve irritación.

Inhalación: N/A.

Carcinogenicidad: Los ingredientes en este producto no están en las listas NTP, OSHA como carcinogénico.

3.7 **MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS:**

Inhalación: Si es inhalado y la exposición ha sido excesiva, ventilar el área.

Piel: Enjuagar con abundante agua.

Ojos: Enjuagar con abundante agua limpia durante al menos 15 minutos.

Ingestión: Consumir abundante agua, consultar al médico si se presenta malestar estomacal.

Llamar al médico si aparece irritación en cualquiera de los casos anteriores.

DOCUMENTO CONFIDENCIAL, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA DEBIDA AUTORIZACIÓN
DOCUMENTO CONTROLADO

COPIA NO CONTROLADA
 MD FUNDASES
 FUNDACIONES

3.12 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:

pH:	3.5
Estado físico:	Líquido
Color/olor:	Café oscuro- fermento
Densidad:	1.002 g/cm ³
Viscosidad:	1 cps
Solubilidad en agua:	1 l/l
Punto de ebullición:	95 – 100 °C
Temperatura de descomposición:	55 °C
Punto de inflamación:	na

3.13 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:

Estabilidad: Estable a temperaturas entre 4 a 25°C, sin incidencia directa de radiación solar, en condiciones normales de almacenamiento y manipulación; El producto no contiene ningún tipo de acción sobre los materiales de embalaje mientras se mantengan condiciones de manipulación adecuadas.

Reactividad: No reactivo.

Productos de descomposición peligrosos: no se producen.

Riesgos de polimerización: no aplica.

Materiales a evitar: No almacenar o mezclar junto con productos oxidantes, fungicidas, bactericidas, insecticidas, pesticidas o fertilizantes químicos. No es material radiactivo.

3.14 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA:

Inhalación: No ofrece peligros.

Ojos: Aunque no ofrece peligros se debe evitar un contacto prolongado.

Piel: No ofrece peligros.

Ingestión: No ofrece peligros, sin embargo se debe evitar la ingestión por ser un producto agrícola no comestible.

El ingrediente activo es prácticamente no tóxico, no alergénico y no patogénico a mamíferos. Las condiciones médicas pre existentes no se deberían agravar por exposición al producto; No se conocen metabolitos tóxicos o sustancias peligrosas presentes en el producto.

3.15 INFORMACIÓN ECOLÓGICA:

No se dispone de datos experimentales de bioacumulación, persistencia en el ambiente y toxicidad en organismos acuáticos.

3.16 CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN DE DESECHOS:

Los residuos resultantes de este producto se pueden utilizar para compostar.

Para la eliminación de envases o embalajes contaminados, de acuerdo con la legislación vigente: Realizar el triple lavado de los envases, inutilizarlos y enviarlos a centro de acopio autorizado para su posterior traslado a reciclaje.

3.17 INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE:

El producto se debe transportar a temperatura entre 4°C y 20°C.

DOCUMENTO CONFIDENCIAL. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA DEBIDA AUTORIZACIÓN
DOCUMENTO CONTROLADO

COPIA NO
CONTROLADA
MD
INDICES
CONTROLADA

Terrestre (RID/ADR):	No clasificado como producto peligroso.
Marítimo (MDG-Code):	No clasificado como producto peligroso.
Aéreo (ICAO/IATA):	No clasificado como producto peligroso.

3.18 INFORMACIÓN REGLAMENTARIA:

El inoculante biológico microbial para compostaje EM tiene registro de venta ICA No. 5480 del 24 de abril de 2009.

FUNDASES se encuentra registrado como fabricante de bioinsumos mediante la Resolución actualizada No. 4315 del 30 de diciembre de 2015 en el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA –.

3.19 INFORMACIÓN ADICIONAL:

La información contenida en este documento es precisa según las fuentes consultadas a la fecha de emisión. FUNDASES no se hace responsable por la mala interpretación o mal uso de la información contenida en esta hoja de manejo.

ORIGINAL



Anexo 3. Datos medios obtenidos para DBO₅, DQO Y SST.

Tiempo (horas)	DQO (mg/L)	REACTOR			
		0	1	2	3
		blanco	EM sólida	EM líquida	EM medio poroso
0	Media	1016	-	-	-
	Desviación estándar (s)	64	-	-	-
	Amplitud del intervalo de confianza	116	-	-	-
	Máximo	1089	-	-	-
	Mínimo	973	-	-	-
48	Media	1435	1590	574	705
	Desviación estándar (s)	5	10	15	10
	Amplitud del intervalo de confianza	10	20	30	19
	Máximo	1440	1600	590	715
	Mínimo	1430	1580	560	696
72	Media	1493	1255	835	670
	Desviación estándar (s)	345	125	62	82
	Amplitud del intervalo de confianza	670	250	123	163
	Máximo	1780	1380	897	751
	Mínimo	1110	1130	774	588

Fuente: Propia

Tiempo (días)	DBO ₅ (mg/l)	REACTOR			
		0	1	2	3
		Blanco	EM Sólido	EM Líquido	EM Medio poroso
0	Media	403	-	-	-
	Desviación estándar (s)	91	-	-	-
	Amplitud del intervalo de confianza	170	-	-	-
	Máximo	470	-	-	-
	Mínimo	300	-	-	-
5	Media	313	440	250	243
	Desviación estándar (s)	127	17	26	32
	Amplitud del intervalo de confianza	220	30	50	60
	Máximo	460	450	270	280
	Mínimo	240	420	220	220

Fuente. Propia

Tiempo (horas)	SST (mg /l)	REACTOR			
		0	1	2	3
		Blanco	EM Sólido	EM Líquido	EM Medio poroso
0	Media	569	-	-	-
	Desviación estándar (s)	14	-	-	-
	Amplitud del intervalo de confianza	27	-	-	-
	Máximo	582	-	-	-
	Mínimo	555	-	--	-
48	Media	523	388	103	93
	Desviación estándar (s)	19	26	7	2.65
	Amplitud del intervalo de confianza	37	50	14	5
	Máximo	542	410	110	96
	Mínimo	505	360	96	91
72	Media	483	319	162	68
	Desviación estándar (s)	14	3	14	7

	Amplitud del intervalo de confianza	27	5	27	14
	Máximo	496	321	175	76
	Mínimo	469	316	148	62

Fuente. Propia

Anexo 4. Resultados obtenidos para corrida experimental _ tecnología EM en medio poroso.

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027 Fecha: 13/02/2013 Versión: 3 Página 1 de 1
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	

Fecha: Mayo 21 de 2019.

Cliente: Yenny Liliانا Urrea Muñoz Dirección: Calle 70 N° 5-15, Popayán	Teléfono: 3146443417	Solicitud N°: 079
Municipio de muestreo: Caldone	Fecha de Recepción: Mayo 14 de 2019. Fecha de Análisis: Mayo 14 a mayo 21.	

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Caldone
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0277	Muestra inicial

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	370
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	639

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Reporte N° 164

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Fecha: 13/02/2013
		Versión: 3
		Página 1 de 1

Fecha: Junio 13 de 2019.

Cliente: Yenny Liliana Urrea Muñoz	Solicitud N°: 079
Dirección: Calle 70 N° 5-15, Popayán	Teléfono: 3146443417
Municipio de muestreo: Caldono	Fecha de Recepción: Junio 6 de 2019.
	Fecha de Análisis: Junio 6 a junio 13.

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Caldono
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0385	Sistema
0386	Filtro

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados	
			0385	0386
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	353	252
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	384	319

Observaciones:


-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.


DIEGO ZULUAGA VERA
Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

. Resultados obtenidos en el laboratorio de la CRC _ para sistema de tratamiento de ARD.

Reporte N° 247

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Fecha: 13/02/2013
		Versión: 3
		Página 1 de 1

Fecha: Agosto 9 de 2019.

Cliente: Yenny Lilibiana Urrea Muñoz	Solicitud N°: 191
Dirección: Calle 70N # 5A-14, Popayán.	Teléfono: 3146443417
Municipio de muestreo: Caldono	Fecha de Recepción: Julio 23 de 2019.
	Fecha de Análisis: Julio 23 a agosto 8 .

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Caldono
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0575	Muestra inicial

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	598
DQO	SM5220D	mg/L	930

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.


 DIEGO ZULUAGA VERA
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Reporte N° 261

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027
		Fecha: 13/02/2013
		Versión: 3
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Página 1 de 1

Fecha: Agosto 9 de 2019.

Cliente: Yenny Liliانا Urrea Muñoz	Solicitud N°: 203
Dirección: Calle 70N # 5A-14, Popayán.	Teléfono: 3146443417
Municipio de muestreo: Caldono	Fecha de Recepción: Julio 29 de 2019.
	Fecha de Análisis: Julio 29 a agosto 8.

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Caldono
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0603	M1 Tanque séptico
0604	M2 Filtro

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados	
			0603	0604
DBO ₅	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	457	268
DQO	SM5220D	mg/L	738	427

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

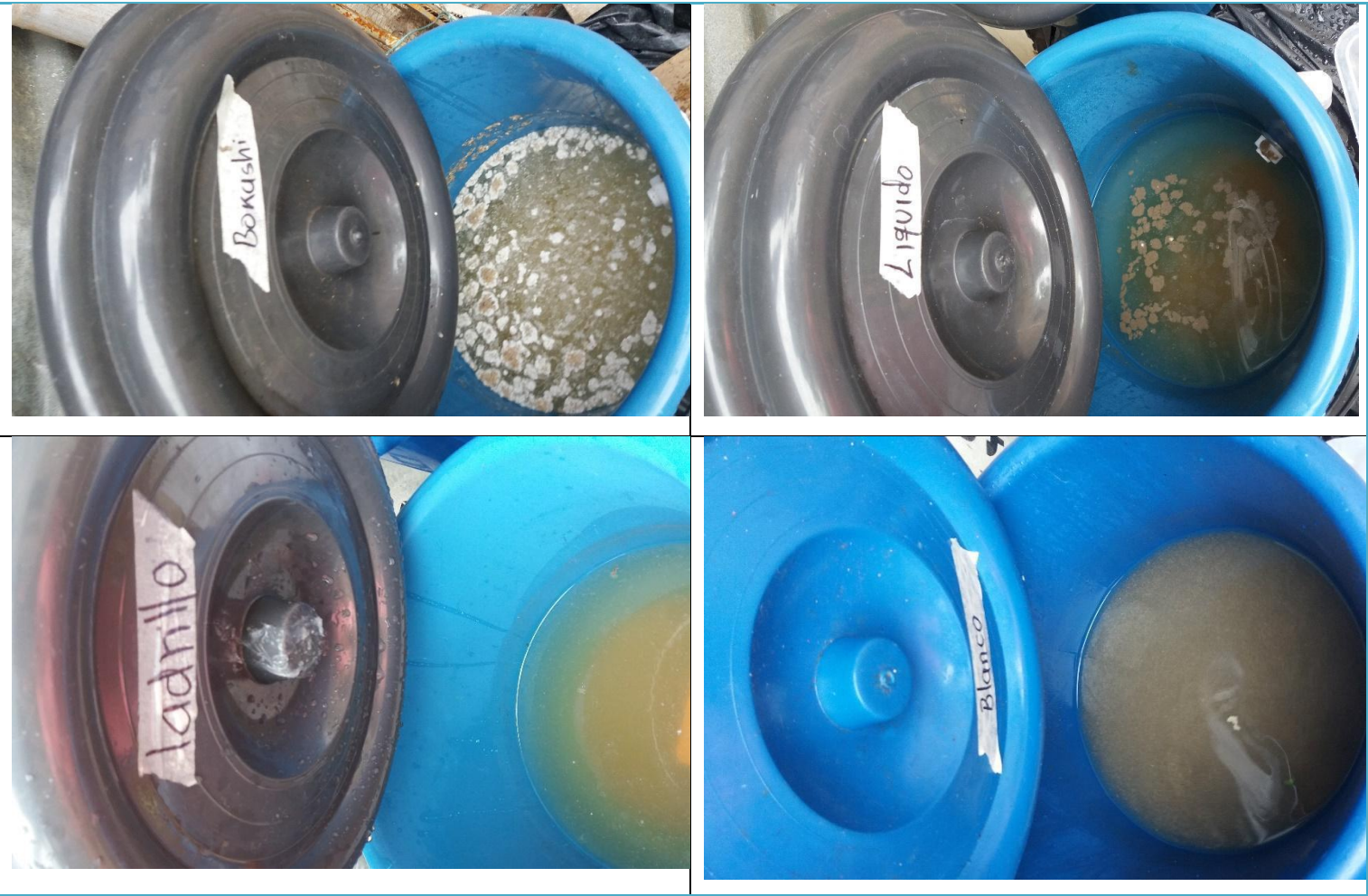
DIEGO ZULUAGA VERA
Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Anexo 5. Costos Sistema de tratamiento unifamiliar

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
SISTEMA A IMPLEMENTAR		SISTEMA DE TRATAMIENTO UNIFAMILIAR			
NOMBRE DEL PROYECTO:		construcción de sistema de tratamiento rural unifamiliar con microorganismos eficaces			
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL PROYECTO
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1. MANO DE OBRA					
instalación del sistema	JORNAL	1	\$ 35.000	\$ 35.000	\$ 35.000
transporte de material	JORNAL	1	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
SUBTOTAL MANO DE OBRA				\$ 65.000	\$ 65.000
1.2. INSUMOS					
	UNIDAD	CANTIDAD/HAS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL PROYECTO
arena	METRO	1	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000
adaptador macho	UNIDAD	4	\$ 1.500	\$ 6.000	\$ 6.000
adaptador hembra	UNIDAD	4	\$ 6.000	\$ 24.000	\$ 24.000
tubera de 1 1/2"	METRO	2	\$ 5.000	\$ 10.000	\$ 10.000
tapón roscado de PVC	UNIDAD	4	\$ 4.000	\$ 16.000	\$ 16.000
caneca plástica con tapa y aro de 100 L	UNIDAD	1	\$ 32.000	\$ 32.000	\$ 32.000
caneca plástica con tapa y aro de 200 L	UNIDAD	2	\$ 95.000	\$ 190.000	\$ 190.000
microorganismos eficaces	GALÓN	1	\$ 35.000	\$ 35.000	\$ 35.000
ladillo	UNIDAD	2	\$ 300	\$ 600	\$ 600
SUBTOTAL INSUMOS				\$ 338.600	\$ 338.600
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 403.600
1. COSTOS INDIRECTOS					
CATEGORÍA DE INVERSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD/	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL PROYECTO
1. COSTOS INDIRECTOS					
Palas	UNIDAD	1	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000
Guantes	UNIDAD	2	\$ 9.000	\$ 18.000	\$ 18.000
pegante para tubera	UNIDAD	2	\$ 6.000	\$ 12.000	\$ 12.000
operario	ANUAL	1	\$ 35.000	\$ 35.000	\$ 35.000
Silicona negra	UNIDAD	1	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				\$ 93.000	\$ 93.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 93.000
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 403.600
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 93.000
TOTAL GASTOS DEL PROYECTO					\$ 496.600

Anexo 6. Registro fotográfico.



Registro fotográfico Corridas experimentales



Figura 1

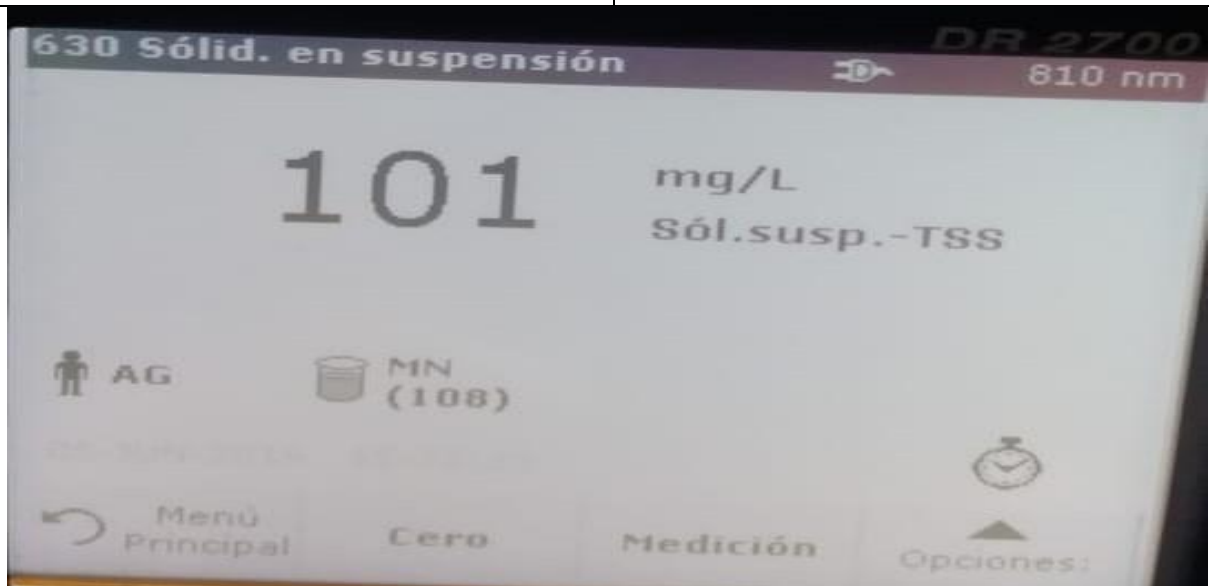
Registro fotográfico sistema piloto de tratamiento de ARD

Anexo 7. Resultados de laboratorios de Sólidos Suspendidos Totales.

SST Inicial



SST 48 horas de monitoreo



SST 72 horas de monitoreo

Anexo 8. Memoria de cálculos para trampa de grasas, tanque séptico y FAFA

1. Cálculos para trampa de grasas

De acuerdo con la tabla E 3.1 del RAS 2000 se toma un caudal de 56 L/min.

TABLA E. 3.1
Capacidades de retención de grasas.

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasas (Kg)	Capacidad máxima recomendada (L)
Cocina de restaurante	57	14	190
Habitación Sencilla	72	18	190
Habitación doble	92	23	240
Dos habitaciones sencillas	92	23	240
Dos habitaciones dobles	128	32	330
Lavaplatos para restaurantes			
Volumen de agua mayor de 115 litros	56	14	115
Volumen de agua mayor de 190 litros	92	23	240
Volumen entre 190 y 378 litros	144	36	378

Fuente: RAS 2000

Así:

$$Q_d = 56 \frac{L}{min} = 0.93 \frac{L}{s} = 0.00093 m^3/s$$

Teniendo el caudal de Diseño que arroja las últimas caracterizaciones, se procedió a tomar el tiempo de retención del RAS 2000, al tener un caudal de 0.03 L/s y el máximo de la norma RAS 2000 es de 5, pero teniendo en cuenta la dimensión de la

vivienda se toma tres veces el máximo de tiempo de retención, para no dejar unidades sobredimensionada.

TABLA E.3.2
Tiempo de retención hidráulicos

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2-9
4	10-19
5	20 o más

Así:

$$TRH = 15 \text{ min}$$

Con los datos del Tiempo de Retención Hidráulica y El Caudal RAS se procede a sacar el volumen de la unidad.

$$V = Q * TRH$$

$$V = 0,00093 \text{ m}^3/\text{s} * 900 \text{ s}$$

$$V = 0,837 \text{ m}^3$$

El área Superficial (As) de la Trampa Grasas se calcula a partir de la velocidad Ascendente (Va), El Valor de la (Va), está dado por la Norma RAS 2000 y es de 0.004m/s

$$As = \frac{Q}{V_a}$$

$$As = \frac{0,00093 \text{ m}^3/\text{s}}{0,004 \text{ m/s}}$$

$$As = 0,23 \text{ m}^2$$

Se propone un factor de seguridad del 30%

$$0,23 + 0,069 = 0,3 \text{ m}^2$$

Borde libre

$$BL=0,3$$

Largo – Ancho

$$b = \sqrt{\frac{0,3 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b = 0,27 \text{ m}$$

$$L = 4 * 0,3 \text{ m}$$

$$L = 1.2 \text{ m}$$

Altura útil

$$\dot{U}til = \frac{V_{util}}{\dot{A}rea}$$

$$\dot{U}til = \frac{\quad}{0,3 \text{ m}^2}$$

$$\dot{U}til = 0,93 \text{ m}$$

Ubicación del Bafle: se debe ubicar en la parte superior, un 60% del largo de la Trampa de Grasas, desde la entrada.

$$U_b = 0.60 * 1.2 \text{ m}$$

Altura del Bafle: corresponde a un 90% de la altura de la trampa de grasas.

$$H_b = 0.90 * 1.23 \text{ m}$$

Espacio entre bafle y el fondo: este equivale al 10% de la altura de la trampa grasas

$$H_{bf} = 0.1 * 1.23 \text{ m}$$

Ubicación de la Tubería: se debe encontrar a un 50% del ancho de la trampa grasas

$$U_t = 0.5 * 0.30$$

Altura de la Tubería Entrada: Corresponde al 75% de la altura de trampa de grasas

$$H_{et} = 0.75 * 1.23m$$

TANQUE SÉPTICO

$$V = 1000 + N_c(CT + kL_f)$$

Nc: # de contribuyentes (L/hab/día)

TRH: Tiempo de retención Hidráulica (día)

K: Tasa acumulación de lodos digeridos (Limpieza anual, T ≥ 20°C)

LF: Lodo Fresco (L/día)

Para caudales mayores a 9 m³/día, el tiempo de retención recomendado es de 0.5 días.

Para un intervalo de limpieza de 1 año y T ≥ 20° C el K recomendado es de 57

Lo recomendado para ocupantes temporales en este tipo de establecimiento, según el RAS, es una contribución de lodo fresco de 0.10 L/día. Como factor de seguridad se asume 0.15 L/día.

Volumen Útil Sistema Séptico La Lengua.

Volumen útil de Sistema séptico La Lengua	
$V = 1000 + N_c(C * TRH + k * L_f)$	
N_c	7 hab
C	100 L/hab. dia
TRH	2 días
k	57
L_f	0.15 l/dia
$V(l)$	2459.85 l
$V(m^3)$	2.5 m ³

Dimensionamiento Sistema Séptico Finca la Lengua.

DIMENSIONAMIENTO SISTEMA SÉPTICO FINCA LA LENGUA	
Número de unidades	1
Volumen (m^3)	$2.5 m^3$
Profundidad Útil (Asumida H_u)	1.4 m
Para $V_u > 10 m^3$, $1,8 \leq h_u \leq 2,8$ (RAS 2000, tabla E.3.3)	
Área = V_u/h	$1.78 m^2$
Área + factor de Seguridad 30%	$2.3 m^2$
Ancho/ largo	1 : 2
$As = L * 2A$	$2 * L^2$
$A = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{2.3m^2}{2}}$	1,07 m
$L = 2 * 1.07 m$	2.14 m
Borde Libre	0.30 m
Número de Compartimientos	2
Longitud de primer Compartimiento = $2L/3$	1.42 m
Longitud Segundo Compartimiento = $L/3$	0.71 m
$HT = H_u + \text{borde Libre}$	1.7 m

Concentraciones vertimientos Finca la Lengua

DEPURACIÓN DEL EFLUENTE ESPERADA	
EFICIENCIAS DE REMOCIÓN	
DBO₅	90 %
CONCENTRACIONES ÚLTIMA CARACTERIZACIÓN SALIDA TRAMPA GRASAS	
DBO₅	598 mg/l
Q	0.03 l/s

FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

Especificaciones FAFA

Especificaciones FAFA	
Tipo de medio filtrante (Grava: 1 ; Plástico 2)	2
Profundidad medio filtrante (Entre 0.6 y 1.8 m)	1
	0.9
Porosidad	

P: es la porosidad del medio filtrante. Para medio plástico, diferentes autores y proveedores reportan porosidades del 90%, teniendo en cuenta su área superficial. Por lo anterior en el cálculo de verificación de las dimensiones del sistema se utiliz

ANEXO 13. DISEÑO DE FILTRO ANAEROBIO FLUJO ASCENDENTE. FINCA LA LENGUA

Dimensionamiento FAFA FINCA LA LENGUA

DIMENSIONAMIENTO DE FAFA DE FINCA LA LENGUA	
TRH (4 – 12) Horas	12 h
Constante Degradación DBO ₅	1.2

Volumen total del FAFA FINCA LA LENGUA

$$V = \frac{TRH * Q}{P}$$

CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA

$$COV = \frac{Q * S_o}{V}$$

CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL

$$CHS = \frac{Q}{A}$$

Calculos diseño FAFA finca la Legua

DISEÑO FAFA FINCA LA LENGUA	
Número de unidades operando	1
Volumen	1.43m ³
Altura Total $H = hf + \text{Falso fondo} + \text{Profundidad S.} + \text{Borde Libre}$	2.1 m
Área Superficial = $As = \frac{V m^3}{H Total}$	0.68 m ²
As + factor Seguridad 30%	0.88 m ²
Ancho/ largo	1 : 2

$As = L * 2A$	$2 * L^2$
$A = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{0.88 \text{ m}^2}{2}}$	0.66 m
$L = 2 * 0.66 \text{ m}$	1.32 m
<i>Largo total (Incluyendo los 0.80 m de la recámara de la tubería)</i>	2.12 m
<i>Borde Libre</i>	0.60 m
<i>Profundidad Área Sedimentación</i>	0.2 m
<i>Falso Fondo</i>	0.3 m
<i>Altura medio Filtrante</i>	1 m
<i>Tiempo de retención hidráulico total dia</i>	0.55 dia
<i>Tiempo de retención hidráulico total horas</i>	13.2 h
<i>Carga orgánica volumétrica</i>	$1.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{dia}$
<i>Carga hidráulica superficial</i>	$3.8 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \text{ dia}$

Anexo 9. Vista en planta- sistema piloto finca la Legua

