



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**EFICIENCIA DE CONSORCIOS MICROBIANOS (IN VITRO) EN
EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE
LA CIUDAD DE CALCETA**

AUTORES:

**RUBÉN DARÍO BRAVO ÁLAVA
MARY CRISTINA GILER BRAVO**

TUTORA

Q.F. ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ

CALCETA, JULIO 2016

DERECHOS DE AUTORÍA

Rubén Darío Bravo Álava y Mary Cristina Giler Bravo, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....

RUBÉN DARÍO BRAVO ÁLAVA

.....

MARY CRISTINA GILER BRAVO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ana María Aveiga Ortiz certifica haber tutelado la tesis **EFICIENCIA DE CONSORCIOS MICROBIANOS (IN VITRO) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido desarrollada por Rubén Darío Bravo Álava y Mary Cristina Giler Bravo, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Q.F. ANA MARÍA AVEIGA ORTIZ, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **EFICIENCIA DE CONSORCIOS MICROBIANOS IN VITRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Rubén Darío Bravo Álava y Mary Cristina Giler Bravo, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. SERGIO S. ALCÍVAR PINARGOTE, M.Sc.

MIEMBRO

.....
ING. JUAN C. LUQUE VERA, Ph.D.

MIEMBRO

.....
ING. AGUSTÍN LEIVA PÉREZ, Ph.D.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme como profesional y enriquecer día a día mis conocimientos.

A Dios por darme todo lo que tengo en especial la oportunidad de cumplir uno de mis más anhelados sueños, que me ha sabido llenar de bendiciones y fuerzas para que no decaiga en los momentos difíciles.

A mi familia que ha sido mi pilar fundamental y apoyo incondicional, que me han sabido guiar día a día en mi vida, que con sus consejos y estar siempre conmigo me han ayudado a salir adelante.

A mi tutor.... Por ser mi guía en el desarrollo de mi tesis, por impartir sus conocimientos para hacer lo correcto, por ser amigo y maestro, por enseñarme a realizar mi tesis con esfuerzo y profesionalismo.

A mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias en un aula de clases, por ser los pioneros en enriquecer mis conocimientos profesionales, por ser amigos y maestros en todo momento.

A mis compañeros y amigos por ser parte de mi vida y ayudarme cuando los he necesitado, por ser parte de los buenos y malos momentos de la vida universitaria, por el apoyo y la amistad brindada desinteresadamente.

.....
RUBÉN DARÍO BRAVO ÁLAVA

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por protegerme, darme fuerza para superar los obstáculos y dificultades, bendecirme para llegar hasta donde he llegado, ser mi guía, inspiración, y por permitirme hacer realidad este sueño anhelado;

A mi madre Edita Bravo Carreño y a mi padre Ramón Giler Vera por ser un ejemplo de vida a seguir, fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y en los años que curse mi carrera profesional, que sin su ayuda no hubiera sido posible culminar mi profesión.

Y especialmente al Ing. Piero C. Fajardo Navarrete por su ayuda franca y sincera para la concreción de esta investigación.

.....
MARY CRISTINA GILER BRAVO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional.

A mis padres por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar los obstáculos que se presentaron en el camino.

A mis hermanos que a pesar de todas nuestras diferencias siempre estuvieron a mi lado ayudándome en lo que podían.

.....
RUBÉN DARÍO BRAVO ÁLAVA

DEDICATORIA

A Dios por derramar miles de bendiciones sobre mí y llenarme de fuerza para vencer todos los obstáculos.

A mis padres por todo su esfuerzo, dedicación, apoyo y por siempre confiar en mí y nunca dejarme desfallecer, por estar en los mejores y peores momentos de mi vida, su afecto y cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo.

A mi hermano que aun a tu corta edad me sigues enseñando muchas cosas de la vida, te agradezco por ayudarme siempre a encontrar el lado dulce y alegre de la vida.

.....

MARY CRISTINA GILER BRAVO

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVES	xii
ABSTRACT	xiii
KEY WORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO A SU ORIGEN	5
2.2. CALIDAD DE AGUA	5
2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	6
2.3.1. COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	6
2.3.2. LAS TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	7
2.3.3. CONSORCIO DE MICRORGANISMOS	7
2.3.4. CARGA ORGÁNICA	10
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	15
3.1. UBICACIÓN	15

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	15
3.3. VARIABLES EN ESTUDIO.....	15
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	15
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	15
3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	15
3.5. CUADRO DE VARIABLES	16
3.6. MÉTODOS	16
3.7. PROCEDIMIENTO DE TESIS.....	16
FASE 1.DETERMINACIÓN DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS A EMPLEAR.	17
FASE 2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA IN VITRO DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS.....	17
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. DETERMINACIÓN DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS A EMPLEAR.	23
4.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA IN VITRO DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS.....	26
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
5.1. CONCLUSIONES	30
5.2. RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS.....	36

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 2.1. Actividad del consorcio microbiano y de las especies de los microorganismos por separado.....	10
Cuadro 3.1. Variantes del diseño.....	16
Cuadro 3.2. Factores y niveles en estudio.....	17
Cuadro 3.3. Tabla de diseño y distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.....	18
Cuadro 3.4. Esquema análisis de varianza.....	19
Cuadro 3.5. Metodología de muestreo.....	20
Cuadro 3.6. Parámetro (Estándar Método).....	22
Cuadro 4.1. Consorcios de microorganismos.....	23
Cuadro 4.2. Resultados de análisis de la DBO a los 5 días en los tratamientos.....	26
Cuadro 4.3. Prueba de Duncan, significancia entre los tratamientos.....	27
Cuadro 4.4. Análisis de varianza (ANOVA).....	28
Cuadro 4.5. Datos de la variable en comparación prueba T de Student....	28
Cuadro 4.6. Resultados prueba T de Student.....	29

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología del Área Agropecuaria de la ESPAM-MFL, ubicada en Calceta-Manabí-Ecuador y tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de consorcios microbianos (*in vitro*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la Ciudad de Calceta, utilizando la técnica DBO₅ (la DBO es considerada el principal indicador de materia orgánica en aguas residuales), Se utilizó un DCA con un factor y 4 niveles, se realizaron 4 tratamientos: T1= denominado consorcio bacteriano con dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³ conformado por los siguientes microorganismos: Saccharomices cerevisiae (4,32*10⁸UFC/ml), Lactobacillus acidophilus (1,848 * 10⁹ UFC/ml), Bacillus subtilis (7,8 * 10⁷ UFC/ml); T2= denominado consorcio de algas con dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³ constituido por los siguientes microorganismos: Clorella sp (3,73 * 10⁶ cel/ml), Clamidomonas sp (4,59 * 10⁵ cel/ml), Scenedesmus sp (6,2 * 10⁵ cel/ml); T3= denominado consorcio combinado constituido por los microorganismos del T1 y T2 con una dosis de aplicación de 3 ml/dm³; y T4= denominado consorcio de hongos conformado por: Trichoderma harzianun, (1⁸ cel/mg) con dosis de aplicación de 1,5 mg/dm³ y por el T1, con una dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³, luego se evaluó la eficiencia de los consorcios microbianos en la disminución de la concentración de la materia orgánica, siendo el más eficiente el T3 consorcio combinado con una DBO_{Final} de 21,11 mg/dm³ y remoción de materia orgánica del 95,15%, llegando a la conclusión que el T3 es el más adecuado para ser utilizado en un sistema de tratamiento de aguas residuales por su alto porcentaje de remoción de DBO.

PALABRAS CLAVES

Materia orgánica, Comunidad microbiana, Aguas cloacales, Bacterias, Aislamiento, Remoción

ABSTRACT

This research was carried out in the laboratory of microbiology at ESPAM-MFL polytechnic, located in Calceta, Manabí-Ecuador. It aimed to evaluate the efficiency of microbial consortia (in vitro) in treating domestic wastewater, in Calceta, by means of the DBO₅ technique (DBO₅ is considered the main indicator of organic matter in wastewater). A complete randomized design with 1 factor and 4 levels (4 treatments) was performed. **T1**= Bacterial consortium 1,5 ml/dm³ application rate formulated with: *Saccharomices cerevisiae* (4,32*10⁸ ucf/ml), *Lactobacillus acidophilus* (1,848 * 10⁹ ucf/ml), *Bacillus subtilis* (7,8 * 10⁷ ucf/ml). **T2**= Algae consortium 3 ml/dm³ application rate, formulated with: *Clorella sp* (3,73 * 10⁶ cel/ml), *Clamidomonas sp* (4,59 * 10⁵ cel/ml), *Scenedesmus sp* (6,2 * 10⁵ cel/ml). **T3**= Mixed consortium 3 ml/dm³ application rate, formulated with microorganisms of the treatments 1 and 2. **T4**= Application rates of Fungi consortium (1⁸ cel/mg) consisting of *Trichoderma harzianun* and treatment 1,5 ml/dm³ mg/dm³. Microbial efficiency was evaluated comparing the reduction rates of organic matter. Mixed consortium (T3) showed the best result with a Biological oxygen demand (BDO) of 21,11 mg/dm³, and 95,15% of organic matter removal; concluding that T3 is the most suitable treatment to be used in domestic wastewater systems due to its high organic matter removal rate.

KEY WORDS

Organic matter, Microbial community, Sewage, Bacteria, Isolation, Removal

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debemos empezar este Capítulo haciendo mención a uno de los grandes problemas que tiene el mundo contemporáneo que es la conservación del medio ambiente.

Este problema se ha convertido en debate a nivel mundial y consecuentemente se ha formulado políticas públicas en cada uno de los países que han aceptado esta responsabilidad inter generacional por lo que tiene vital importancia en el tema el tratamiento de las aguas residuales.

Según Alcívar (2012), la conservación del medio ambiente y la protección de la salud pública son el propósito esencial del tratamiento de las aguas residuales.

En la actualidad la cantidad de aguas residuales se ha incrementado considerablemente y es pertinente citar que cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin tener un tratamiento o desinfección adecuados suelen contaminarlos con altas concentraciones de materia orgánica provocando eutrofización y un grave problema de salud pública(Cárdenas, 2012).

A nivel mundial existe gran capacidad de tratamiento de las aguas residuales, pero muy baja en países poco desarrollados (Lizarazo *et al.*, 2013).

El Ecuador se ubica en un nivel intermedio con relación al resto de países latinoamericanos sin embargo, existe mucha inequidad entre las áreas urbanas y rurales, la única ciudad que cuenta con un sistema de tratamiento completo de sus aguas residuales es Cuenca (López, 2011).

En Manabí, la cabecera cantonal de Bolívar (Calceta) cuenta un sistema de lagunas de estabilización en serie que fueron implementadas en el año 1972 hace 43 años, sin que estas hayan podido ser reubicadas, reciben

principalmente la descarga de aguas urbanas con elevada materia orgánica y sólidos gruesos (GAD Bolívar, 2010).

En el año 2005 se rediseño del sistema, en terrenos propios de la Ilustre Municipalidad, ubicados a un lado del camal municipal y adyacente a las antiguas lagunas de tratamiento de las aguas residuales domésticas. Este nuevo sistema involucra: un proceso de pre tratamiento constituido por un biorreactor anaerobio, seguido por dos lagunas anaerobias y dos de maduración (Alcívar *et al.*, 2012).

Estas lagunas al no manejárselas adecuadamente presentan problemas de eficiencia en su operación y control convirtiéndose en una fuente potencial de desarrollo de vectores, enfermedades, el efluente de estas lagunas contienen una alta concentración de DBO que se lo puede considerar el indicador de contaminación más usado y aplicable a aguas residuales (Noles, 2011).

Por lo expuesto se formula la siguiente interrogante:

¿Cuál será la eficiencia de los consorcios microbianos en la reducción de la materia orgánica del agua residual de las lagunas de estabilización de la Ciudad de Calceta?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se fundamenta en la Constitución de la República del Ecuador que en el Título II, Capítulo Segundo, Sección Segunda en el Art. 14. Menciona que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Asamblea Nacional, 2008).

Por lo expuesto es necesaria la disminución de la concentración materia orgánica de las aguas residuales municipales de la ciudad de Calcuta.

Una forma eficiente de controlar una gran parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales domésticas es por medio de un tratamiento efectivo que ayude a minimizar la contaminación de los cuerpos receptores de estas aguas, su ecosistema, disminuir las afectaciones negativas a las poblaciones que se encuentran en el área de influencia. (Valencia, 2013)

Investigaciones anteriores indican que estas aguas no se están depurando correctamente y sus descargas van al río Carrizal, y por otras razones ya descritas en el planteamiento del problema, se justifica, el tratamiento de aguas residuales con consorcios microbianos, que garanticen la disminución de la concentración de la materia orgánica de estas aguas, y sus vertidos no afecten principalmente a las aguas del río Carrizal (Alcívar *et al.*, 2012).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficiencia de consorcios microbianos (in vitro) en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la Ciudad de Calcuta.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los consorcios microbianos a emplear.
- Determinar la eficiencia de remoción de materia orgánica

1.4. HIPÓTESIS

Los consorcios microbianos disminuyen la concentración de materia orgánica en las aguas residuales domésticas de la ciudad de Calcuta.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Consorcio de microorganismos

VARIABLE DEPENDIENTE: Eficiencia de remoción de materia orgánica

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO A SU ORIGEN

Las aguas residuales se encasillan de acuerdo a su origen y composición, aguas residuales domesticas cuando estas proceden de las viviendas y edificio, aguas residuales comerciales cuando proceden de locales comerciales, instalaciones públicas y que se conecta al sistema de alcantarillado común, aguas residuales industriales las proveniente de grandes industrias, aguas residuales agrícolas las provienes de procesamiento de productos animales y vegetales (Rojas, 2009).

2.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua no es un término estático ya que este varía dependiendo del uso que se le pretenda dar. Existen distintos índices de calidad que permiten fundar una relación entre análisis de agua y la clasificación del agua y de esta forma medir la calidad de agua en términos absolutos (Sánchez, 2011).

Cuando se habla de calidad de agua se hace referencia a las características de la misma, dependiendo del uso al cual está destinada. La calidad del agua se define por su uso final. Así por ejemplo, se puede tener agua para consumo humano, de riego, para uso industrial, entre otras.

La calidad del agua, se determina a través de pruebas de laboratorio, analizando parámetros determinados, dependiendo la aplicación del agua a analizar. Así, los indicadores de la calidad de agua para riego van a ser diferentes a los indicadores para agua de consumo humano y estas a su vez diferentes a los del agua para uso industrial (Carpio, 2014).

2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Es una de las alternativas disponibles para adecuar su calidad a las normas propias del uso.

El tratamiento de aguas residuales consiste básicamente en un conjunto de operaciones físicas, procesos químicos y biológicos denominados también operaciones y procesos unitarios respectivamente que tiene como finalidad la eliminación o remoción de contaminantes presentes (Cabrera et al, 2014) como sólidos, grasas y aceites y otros materiales flotantes o sedimentables (León et al, 2009) microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos con el fin de proteger a los cuerpos de aguas receptores y su ecosistema logrando disminuir el impacto negativo al medio ambiente (Cabrera et al, 2014).

2.3.1. COMPONENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales contienen material en suspensión y componentes disueltos, tanto orgánicos como inorgánicos. Los constituyentes convencionales presentes en aguas residuales domésticas son: sólidos suspendidos y coloidales, materia orgánica e inorgánica medida como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), nitrógeno (en sus diferentes formas como amoniacal, orgánico, nitritos y nitratos), fósforo, bacterias, protozoarios y virus.

La cuantificación de estos componentes es condición necesaria para definir una estrategia de tratamiento que garantice técnica y económicamente una calidad del agua residual tratada adecuada para su uso posterior y para minimizar el riesgo potencial para la salud pública y el ambiente (Silva *et al.*, 2008).

2.3.2. LAS TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Estas tecnologías se fundamentan en formas naturales de depuración que no requieran sustancias químicas para su tratamiento y que eliminen sustancias contaminantes, siendo las principales tecnologías sostenibles para el tratamiento de agua las que utilizan vegetación acuática y microorganismos eficientes, a pesar de ser estos tratamientos muy eficientes y encontrarse en ventaja a los tratamientos convencionales requieren una superficie mayor por lo que se consideran más apropiados para las zonas rurales (Morató *et al.*, 2006).

2.3.3. CONSORCIO DE MICRORGANISMOS

Un Consorcio Microbiano es una agrupación natural de dos o más poblaciones microbianas de diferentes especies, que funcionan conjuntamente como una comunidad en un complejo sistema, en el cual todos se ven favorecidos de las actividades de los demás, los consorcios microbianos pueden desarrollar funciones más complejas y tener mayor resistencia ante agentes ambientales que las poblaciones individuales (Ochoa *et al.*, 2010).

Los miembros de un consorcio se comunican ya sea por el intercambio de sustancias o por señales moleculares; cada población detecta y responde a la presencia de otras dentro del consorcio, al ejercer sobre ellas un control positivo o negativo en su crecimiento o metabolismo o en ambos. Esta comunicación permite la segunda característica importante: la división del trabajo; así, la producción total de un consorcio depende de la combinación de tareas desempeñadas por los constituyentes individuales, es decir, por las poblaciones microbianas involucradas. Otra importante característica de los consorcios es su habilidad para desempeñar funciones que requieren múltiples pasos (Díaz *et al.*, 2013).

Entre los consorcios microbianos destacados en la literatura especializada (Salazar *et al.*, 2011), se destacan:

2.3.3.1. CONSORCIO BACTERIANO

Comunidad entrelazada de bacterias cooperan para lograr una fermentación estable y autorregulada, transformando la materia orgánica residual en biogás (Olvera *et al.*, 2011).

2.3.3.2. CONSORCIO DE ALGAS

El potencial de las microalgas como consumidoras de dióxido de carbono puede ser aprovechado en múltiples campos como en el tratamiento de aguas residuales, capacidad de las algas de eliminar del agua tanto nitrógeno como fósforo, entre otros, las convierte sin embargo en una posibilidad real para la eliminación de nutrientes de las aguas residuales, demostrándose que en la eliminación del fósforo pueden ser tan eficientes como el tratamiento químico convencional (Malgas, 2013).

2.3.3.3. CONSORCIOS COMBINADOS

Esta simbiosis es eficaz en el tratamiento de aguas residuales porque las bacterias aerobias, que son las encargadas de oxidar y eliminar los contaminantes orgánicos presentes en los efluentes, crecen. Por otro lado, las microalgas necesitan luz y otros nutrientes, como nitrógeno y fósforo, para su fotosíntesis. Esta demanda supone un mayor rendimiento del proceso de tratamiento, ya que el nitrógeno y el fósforo son dos de los compuestos que presentan las aguas residuales y que también se intentan eliminar. Los sistemas simbióticos de microalgas y bacterias son ahora utilizados en el tratamiento de aguas residuales (Dicyt, 2015).

2.3.3.4. DEGRADACIÓN POR CONSORCIOS DE MICROORGANISMOS

La degradación biológica en agua y suelo por consorcios microbianos es muy eficiente en relación con otros tratamientos convencionales utilizados, llegándose a considerar como la vía más adecuada para la degradación microbiológica (Ríos *et al.*, 2014).

2.3.3.5. CULTIVO DE CONSORCIOS DE MICROORGANISMOS

El cultivo de consorcios microbianos es una de las técnicas utilizadas para estudiar los mecanismos que emplean los microorganismos para establecerse y permanecer en distintos ambientes. Se han realizado numerosos estudios para obtener consorcios bacterianos degradadores utilizando la técnica de cultivo batch o discontinuo y se ha comprobado que este sistema provee un ambiente relativamente constante para su establecimiento (Mandueño *et al.*, 2009).

2.3.3.6. RESISTENCIA DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS

Los microorganismos que viven en comunidades de especies y géneros diferentes son mucho más resistentes a efectos adversos al ambiente en comparación a los microorganismos que viven en monocultivo. Según la investigación realizada por (Burmølle *et al.*, 2006) en la cual aislaron e identificaron 17 especies encontradas en un consorcio microbiano adherido a una alga formando una biopelícula, de las cuales fueron escogidas 4 de las especies que tenían mayor actividad en relación a formación de la biopelícula, posteriormente las cuatro especies fueron probadas en asociación y por separado, y fueron expuestas a dos agentes antimicrobianos usados frecuentemente para inhibir el crecimiento de bacterias: tetraciclina y peróxido de hidrógeno.

En el siguiente grafico se presenta el comportamiento de los especies por separado y en asociación, en el cual se aprecia que las especies asociadas en comunidad (el consorcio) presenta un mayor grado de actividad en comparación las especies por separado que intentan sobrevivir.

Figura 2.1. Actividad del consorcio microbiano y de las especies de los microorganismos por separado.

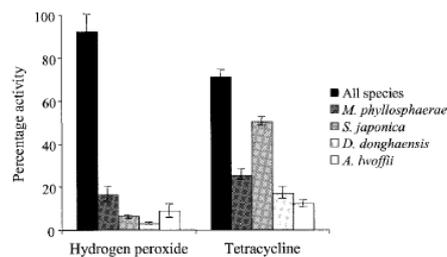


FIG. 3. Activities of biofilms composed of one or four strains of the epiphytic isolates, *Microbacterium phyllosphaerae*, *Shewanella japonica*, *Dokdonia donghaensis*, and *Acinetobacter hwoffii*, when exposed to hydrogen peroxide (1,700 µg/ml) or tetracycline (20 µg/ml). After 24 h of incubation in microtiter wells, the biofilms were exposed to the antimicrobial agent in VNSS medium or to plain VNSS. After 1 h of exposure, the respiratory indicator TTC was added and the plates were further incubated for 15 h. The metabolic activity was determined by the absorbance of reduced (red) TTC at 490 nm. The activities of the hydrogen peroxide- or tetracycline-exposed biofilms were related to the activities of the corresponding, unexposed biofilms and are presented as "percentage activity". Bars represent means \pm standard errors for four replicates.

Fuente: (Burmolle *et al*, 2006)

2.3.4. CARGA ORGÁNICA

Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg DBO₅ /día) (Bastidas, 2007).

2.3.4.1. CARGA ORGÁNICA DEL AFLUENTE

Cantidad de materia orgánica, medida como DBO₅, en la entrada de un proceso de tratamiento dado; expresada como peso por unidad de tiempo (Bastidas, 2007).

2.3.4.2. CARGA ORGÁNICA DEL EFLUENTE

Cantidad de materia orgánica, generalmente medida como DBO₅, en la salida de un proceso de tratamiento dado; expresada como peso por unidad de tiempo (Bastidas, 2007).

2.3.4.3. MATERIA ORGÁNICA

Se define como materia orgánica a un conjunto de compuestos de composición y estructura química bastante diferente, pero que presentan una característica común: su capacidad para reaccionar con el oxígeno en un proceso de oxidación. El oxígeno disuelto en agua oxida la materia orgánica (Fernández, 2012).

2.3.4.4. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

Es la capacidad que tiene un tratamiento para cumplir apropiadamente la función de remoción de la materia orgánica, se evalúa en relación a la disminución de la materia orgánica (DBO) en el agua (Olea, 2013) con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{DBO\ AFLUENTE - DBO\ EFLUENTE}{DBO\ AFLUENTE} * 100 \quad (2.1)$$

Dónde:

E= eficiencia

DBO afluente= concentración de DBO antes del tratamiento

DBO efluente= concentración del DBO después del tratamiento

2.3.4.5. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO)

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es usualmente usada como un indicador para medir la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar de manera aerobia la materia orgánica presente en una muestra de agua, y se expresa generalmente en 5 días (Raffo *et al.*, 2014).

2.3.4.6. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO A LOS 5 DÍAS (DBO5):

Expresa una indicación de la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable presente en el vertido e indirectamente es una medida aproximada del oxígeno que se necesitará para biodegradarlo; pues se puede suponer que para aguas de naturaleza urbana la DBO₅ representa las $\frac{2}{3}$ partes de las necesidades totales de oxígeno para la biodegradación de la materia carbonosa presente en el agua (Fuentes, 2012).

Se la puede considerar el principal el indicador de contaminación orgánica aplicable a aguas residuales y sirve principalmente para medir la cantidad de oxígeno para biodegradar materia orgánica, medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento entre otros (Sierra, 2001).

La DBO5 es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en los primeros 5 días para biodegradar la materia orgánica, en situaciones cotidianas de laboratorio se determina como su nombre lo indica en 5 días a una temperatura de 20 °C, la cual es expresada en mg/l O₂, y consiste en colocar la muestra en un botella completamente cerrada y se procede a medir la concentración de OD al principio del ensayo y al cabo de 5 días.

$$DBO_{Final} = \frac{OD_{inicial} - OD_{Final}}{p} \quad (2.2)$$

Dónde:

DBO= Demanda Bioquímica de Oxígeno

OD= Oxígeno Disuelto

P= Volumen de la muestra (Raffo *et al.*, 2014).

2.3.4.7. LIMITES DE DBO5 DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en el anexo 1 de Recurso Agua determina que para los municipios que no se encuentren en la capacidad de realizar los estudios para determinar los límites de descarga en cuerpos de agua dulce deben utilizar la Tabla 10 de dicho anexo donde se tiene parámetros que se compararan con las concentraciones correspondientes a valores medios diarios, en el caso de la DBO₅ el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce es de 100 mg/l (MAE, 2015).

2.3.4.8. CÁLCULOS DE LA DBO EN AGUA RESIDUAL CON INOCULO

Se proponen dos fórmulas para la medición de la DBO en agua residual con inóculos:

$$\text{Sin control de inóculos: } DBO_5 \text{ mg/L} = \frac{(ODi - ODf) - (D)V_s}{P} \quad (2.3)$$

$$\text{Con control de inóculos: } DBO_5 \text{ mg/L} = \frac{(ODi - ODf) - f(BI_1 - BI_2)}{P} \quad (2.4)$$

Dónde:

ODi= Oxígeno disuelto inicial en la botella de la muestra, mg/dm³

ODf= Oxígeno disuelto en la botella de la muestra al final de la incubación.

D= Consumo de oxígeno por ml de inóculo adicionado, $\frac{\Delta OD}{ml}$

Vs= Volumen de inóculo en la respectiva botella, dm³

P= Fracción volumétrica decimal de muestra usada; 1/P factor de dilución.

f= Relación de inóculo en la muestra/relación inóculo en control inóculo

B_1 = Oxígeno disuelto inicial en la botella del control inoculo, mg/dm^3

B_2 = OD en la botella del control inoculo al final de la incubación mg/dm^3
(García, 2013).

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se efectuara en la Ciudad de Calceta geográficamente se ubica a 0° , 50 minutos de latitud Sur ya 80° , 9 minutos, 33 segundos de longitud Oeste, limita al Norte con el Cantón Chone, al Sur con los cantones Portoviejo, Junín y Santa Ana, al este con el Cantón Pichincha y al Oeste con Tosagua. La extensión territorial del Cantón Bolívar es de aproximadamente 538 km^2 . (Datos del INIAMI).

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación tiene un tiempo de duración de 9 meses a partir del mes de septiembre del 2015 hasta el mes de junio del 2016.

3.3. VARIABLES EN ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Consortio de microorganismos.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Eficiencia de remoción de materia orgánica.

3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Aguas residuales domésticos de la ciudad de Calceta.

3.5. CUADRO DE VARIABLES

Cuadro 3.1. Variantes del diseño

Variables	Concepto	Indicadores	Índice
Variable Independiente Consortio de microorganismos.	Un Consorcio Microbiano es una asociación natural de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan conjuntamente como una comunidad en un sistema complejo, donde todos se benefician de las actividades de los demás (Ochoa <i>et al.</i> , 2010).	Microorganismos	mg/dm ³
Variable Dependiente Eficiencia de remoción de materia orgánica.	La DBO expresa una indicación de la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable presente en el vertido e indirectamente es una medida aproximada del oxígeno que se necesitará para biodegradarlo (Fuentes, 2012).	DBO	mg/dm ³

3.6. MÉTODOS

En la presente investigación se utilizó el método cuantitativo y el experimental. El primero se lo utilizó con la finalidad de especificar y delimitar la asociación o correlación del objeto en estudio y de las variables, además se estableció con generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenidos, por cada objetivo específico planteado; el segundo se lo utilizó para establecer el proceso sistemático y generar una aproximación científica de la presente investigación lo cual permitirá manipular las variables y controlar el cambio que se pueda realizar en cada una de ellas.

3.7. PROCEDIMIENTO DE TESIS

La investigación se efectuó en las siguientes fases:

FASE 1.DETERMINACIÓN DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS A EMPLEAR.

ACTIVIDAD 1.ELECCIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS

Se eligieron los consorcios en base a información bibliográfica, estudios realizados y las características que cada microorganismo presentan, y la capacidad que poseen de actuar conjuntamente formando una comunidad en la que todos se benefician de las actividades de las demás.

FASE 2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA IN VITRO DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS.

ACTIVIDAD 2. ELABORACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Por la naturaleza del problema, en este caso de investigación, y debido a las características del ensayo se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

Cuadro 3.2. Factores y niveles en estudio

Factor	A: Efecto de los tratamientos (Disminución de concentración de materia orgánica)
Niveles	1: Consorcio Bacteriano (T1)
	2: Consorcio de Algas (T2)
	3: Consorcio Combinado (T3)
	4: Consorcio de hongos (T4)

Para determinar la distribución del diseño se realizó un sorteo completamente al azar obteniendo el siguiente orden que se detalla a continuación:

Cuadro 3.3. Tabla de diseño y distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

Tratamientos y Repeticiones			
T ₁ R ₃ A.R + B	T ₁ R ₁ A.R + B	T ₃ R ₁ A.R + C	T ₄ R ₃ A.R+H
T ₁ R ₄ A.R + B	T ₃ R ₄ A.R + C	T ₂ R ₂ A.R + A	T ₄ R ₄ A.R+H
T ₂ R ₃ A.R + A	T ₂ R ₄ A.R + A	T ₄ R ₂ A.R + H	T ₃ R ₂ A.R+ C
T ₂ R ₁ A.R + A	T ₃ R ₃ A.R + C	T ₁ R ₂ A.R + B	T ₄ R ₁ A.R+H

FORMULA GENERAL DEL DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (3.1)$$

HIPÓTESIS A PROBAR

Hipótesis nula: Los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable en estudio.

$$H_0: u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_k \quad (3.2)$$

Hipótesis alternativa: No todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la variable en estudio, al menos uno produce un resultado distinto.

$$H_A: u_i \neq u_j \text{ para algún } i \neq j \quad (3.3)$$

Cuadro 3.4. Esquema análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	k-1	3
Error	N-k	12
Total	N-1	15

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Para el análisis de la información recopilada se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), la separación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan con valor $\alpha = 0,10$, prueba T de Student para variables emparejadas con valor $\alpha = 0,5$, utilizando el paquete estadístico “Info Stat” Versión 2008.

ACTIVIDAD 3. PREPARACIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS

Se prepararon 4 tipos de consorcios para probarlos como tratamiento de aguas residuales:

El primer consorcio denominado bacteriano estuvo constituido por: *Saccharomices cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, para la preparación del consorcio primero se procedió a realizar el medio de cultivo para su multiplicación con melaza al 5%, se midió en un vaso de precipitación 50 ml de melaza y se lo coloco en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml de capacidad y se enraso a 1000ml con agua destilada para luego diluirlo en un agitador magnético, luego se sometió a autoclave la solución a 121°C por 15 min, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se procedió a sembrar los microorganismos, luego se encubo a 37°C por 24 horas en una estufa, la dosis de aplicación del consorcio es de 1,5 ml/dm³ (Fajardo, 2015).

El segundo consorcio denominado de algas estuvo constituido por: *Clorella sp*, *Clamidomonas sp*, y *Desmodesmus sp*, para la multiplicación se utilizó 1 ml de fertilizante nitrofoska en 1000 ml de agua destilada, y se autoclavo a 121 °C por 15 minutos, y se mantuvo en refrigeración a 4°C, de esta solución se cogió

1 ml y se inoculo en 1 litro de agua más 200 ml de cepas de algas, la cual se dejó a luz lámpara fluorescente a una temperatura de 20 °C con oxígeno (blower), y la dosis de aplicación del consorcio para ser aplicada como tratamiento fue de $1,5 \text{ ml/dm}^3$.

El tercer tratamiento se lo denomino combinado, constituido por el consorcio bacteriano y el de algas el cual se mezcló al momento de montar el ensayo en iguales proporciones, con una dosis de aplicación como tratamiento de 3 ml/dm^3 .

Y como último está el consorcio denominado de hongos constituido por: *Trichoderma harzianun* con dosis de aplicación de $1,5 \text{ ml/dm}^3$ y el consorcio de bacterias (*Saccharomices cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*) con una dosis de aplicación de $1,5 \text{ ml/dm}^3$.

Los microorganismos utilizados en los tratamientos se encontraban aislados en el laboratorio de microbiología, Área Agropecuaria ESPAM “MFL”.

ACTIVIDAD 4. TOMA DE MUESTRA

Primero se localizó el área más idónea para tomar las muestras directamente y encontrar un punto accesible, el cual fue el más cercano y representativo posible de la entrada a las lagunas de estabilización de la ciudad de Calceta. (Severiche, *et al.*, 2013).

Previamente a tomar la muestra los recipientes fueron sometidos a un proceso de lavado con agua destilada, desinfección utilizando cloro y posteriormente esterilización en el autoclave para luego proceder con el muestreo.

Se tomó la muestra tomando en cuenta los protocolos necesarios por lo que se considera que el muestreo fue confiable.

Cuadro 3.5. Metodología de muestreo

Tipo de muestra	Recipiente	Enjuague antes de la toma de muestra	Volumen de la muestra
Simple	(Plástico boca ancha)	2 a 3 veces	6 dm^3

Fuente: (UICN, 2006)

ACTIVIDAD 5. MONTAJE DE LOS ENSAYOS

Para realizar el montaje del ensayo primero se llevó las unidades experimentales (recipientes de vidrio con una capacidad de 480ml) a un proceso de lavado con agua destilada, desinfección utilizando cloro, esterilización y secado en el autoclave.

Para el montaje del primer tratamiento se colocó 270 ml de la muestra de agua residual y 410 μ l de consorcio bacteriano que según el conteo realizado estuvo constituido por $1,77 * 10^8$ UFC de *Saccharomices cerevisiae*, $7,577 * 10^8$ UFC de *Lactobacillus acidophilus*, $3,198 * 10^7$ UFC de *Bacillus subtilis*, que corresponde al preparado del primer tratamiento (T1).

Para el montaje del segundo tratamiento (T2) se utilizó 270 ml de la muestra de agua residual y 410 μ l de consorcio de algas que según el conteo consto de $1,53 * 10^6$ Cel de *Clorella sp*, $2,54 * 10^5$ Cel *Desmodesmus sp* o *Scenedesmus sp*, y $1,88 * 10^5$ Cel *Clamidomonas sp*.

Para el tercer tratamiento se utilizó 270 ml de muestra de agua residual y 810 μ l del preparado de consorcio combinado.

Para el cuarto tratamiento se utilizó 270 ml de muestra de agua residual y 410 μ l de consorcio de bacterias y 410 μ g de *Trichoderma harzianun*.

Luego se procedió a colocar el ensayo que constó de un total de 16 unidades experimentales como se explica en el Cuadro 3.3. (Tabla de diseño y distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones) en un área con condiciones semejantes a las presentadas en las lagunas de estabilización de Calceta.

ACTIVIDAD 6. EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO

La variable en estudio en esta investigación fue la concentración de materia orgánica del agua residual de Calceta, se avaluó a través del siguiente parámetro.

Cuadro 3.6. Parámetro (Estándar Método)

Determinación	Tecnología	Método
DBO ₅	Oxímetro	Electrodo de membrana SM 4500 - OG

Fuente: (Maldonado *et al.*, 2011)

Se evaluó experimentalmente la DBO en todos los tratamientos y repeticiones para comprobar la eficiencia en la disminución de materia orgánica, determinando la concentración de oxígeno disuelto al comienzo y al final de un período de cinco días en el que las muestras de agua permanecieron selladas y en la oscuridad a una temperatura constante de 20 °C (Fernández, 2012).

El ensayo fue realizado con inóculos sin control por lo que se utilizó la fórmula (2,3) citada en el marco teórico y con la fórmula (2,1) se determinó la eficiencia de los consorcios en base al tiempo.

ACTIVIDAD 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizarán los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones y se compararon para determinar cuál es el más eficiente en la disminución de la concentración de materia orgánica.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS A EMPLEAR.

Cuadro 4.1. Consorcio de microorganismos.

(C1) Consorcio bacteriano	<u><i>Saccharomices cerevisiae</i></u>
	<u><i>Lactobacillus acidophilus</i></u>
	<u><i>Bacillus subtilis</i></u>
(C2) Consorcio de Algas	<u><i>Clorella sp</i></u>
	<u><i>Clamidomonas sp</i></u>
	<u><i>Desmodesmus sp o Scenedesmus sp</i></u>
(C3) Consorcio combinado (C1 +C2)	<u><i>Saccharomices cerevisiae</i></u>
	<u><i>Lactobacillus acidophilus</i></u>
	<u><i>Bacillus subtilis</i></u>
	<u><i>Clorella sp</i></u>
	<u><i>Clamidomonas sp</i></u>
	<u><i>Desmodesmus sp o Scenedesmus sp</i></u>
(C4) Consorcio de hongos	<u><i>Trichoderma harzianun</i></u>
	<u><i>Saccharomices cerevisiae.</i></u>
	<u><i>Lactobacillus acidophilus</i></u>
	<u><i>Bacillus subtilis</i></u>

CONSORCIO 1, BACTERIANO

Saccharomices cerevisiae.-Es un hongo unicelular con capacidad de metabolizar los azúcares para generar dióxido de carbono y alcohol.

El rápido crecimiento de la levadura ha sido clave a la hora de elegir esta levadura como herramienta para la investigación y las aplicaciones biotecnológicas, pasa de un metabolismo fermentativo a uno respiratorio como estrategia vitales con una gran utilidad biotecnológica (CSIC, 2013).

Lactobacillus acidophilus.-Esta bacteria son aerotolerantes a pesar de la ausencia de cadena respiratoria, producen ácido láctico, con lo que son capaces de disminuir el pH del sustrato a valores menores de 4,0 por lo que hace que su ambiente sea ácido, lo cual inhibe el crecimiento de bacterias dañinas y otros microorganismos con excepción de otras bacterias lácticas y las levaduras por lo que se le considera como una especie óptima para trabajar en comunidad con las otras especies consideradas en este consorcio (Melgar *et al.*, 2011).

Bacillus subtilis.- Es una bacteria Gram positiva aerobia común mente usada y encontrada en el suelo, es enemiga natural de muchas patógenos resistentes a tratamientos convencionales, esta bacteria produce un compuesto extracelular con una elevada afinidad por el ion hierro con lo que previene la germinación de las esporas de los hongos patógenos, no es tóxico para humanos, animales y plantas, se la ha utilizado muy frecuentemente en la agricultura orgánica para inhibir el crecimiento de hongos patógenos (Swain *et al.*, 2009).

Esta bacteria tiene actividad pro biótica contra especies patógenos como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Vibrio cholerae* (Thirabunyanon *et al.*, 2012).

Se considera que trabaja adecuadamente en comunidad con otros microorganismos benéficos ya que en investigaciones realizadas como la realizada por Angelini y cols. En la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington en 2009, se ha demostrado que contribuye de forma favorable en la formación de los consorcios, produce sustancias que tienen actividad

surfactante, que tiene el efecto de bajar la tensión superficial del medio que rodea a las colonias bacterianas, permitiendo una rápida propagación en el medio de cultivo (Camargo, 2012).

CONSORCIO 2, ALGAS

Clorella sp.-Es un micro alga verde de forma elipsoidal, la cual crece en forma de células simples. Pertenece a la división Chlorophyta y a la clase de las Chlorophyceae. Se ha cultivado de forma intensiva con fines de alimentación y obtención de metabolitos. El sistema por lote es el más utilizado a gran escala por su bajo riesgo de contaminación y fácil implementación.

Este género ha sido aplicado al tratamiento biológico de aguas residuales, probando su efectividad en la remoción de nitrógeno, fósforo, demanda química de oxígeno y metales. Su uso en aplicaciones de biorremediación ha sido bastante amplio, en forma suspendida o inmovilizada, como cepa pura o en asociación con otros microorganismos no fotosintéticos (Infante *et al.*, 2012).

Clamidomonas sp.-Es una microalga verde eucarionte (clorofita) que ha sido empleada en estudios fisiológicos como la fotosíntesis, la biogénesis (formación) del cloroplasto y la función de los flagelos. Es capaz de desarrollarse mixotróficamente; es decir, de forma autótrofa (puede producir su propio alimento) o heterótrofa (obtiene su alimento de fuentes externas), según la disponibilidad de compuestos orgánicos y la intensidad lumínica. De aquí su utilización en el área de biorremediación en procesos de sustracción de metales pesados en cuerpos de agua (Sánchez *et al.*, 2012).

Desmodesmus sp* o *Scenedesmus sp.- Es una micro alga de agua dulce que con la asociación de otros microorganismos se utiliza como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales por su capacidad de remoción de nutrientes, *Andrade, C et al. (2009) señalan que* esta microalga presenta un crecimiento exponencial, indicando la rápida adaptación al medio residual, El crecimiento de esta microalga produjo un mejoramiento notable en la calidad

del agua residual, debido a la reducción en las concentraciones de nitrógeno amoniacal, fosfato y materia orgánica.

CONSORCIO 3, COMBINADO (C1 +C2)

Se decidió implementar un consorcio combinado basados en las características de los consorcios de bacterias y de algas, y determinar si al combinarlos se conseguiría un tratamiento más eficiente tomando en cuenta el proceso que cumplen las algas que es el absorber el CO₂ para producir oxígeno el cual las bacterias lo utilizarán para degradar la materia orgánica sin la necesidad de inocular oxígeno externo.

CONSORCIO 4, CONSORCIO DE HONGOS

En el consorcio denominado de hongos se utilizaron los siguientes microorganismos: *Saccharomices cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, que fueron utilizados en el consorcio bacteriano adicionando *Trichoderma harzianun* que es un hongo anaerobio facultativo muy utilizado en los suelos por su capacidad de controlar a un gran número de microorganismos patógenos por lo que sería de gran importancia estudiarlo y determinar su capacidad inhibidora, de remoción y de cooperación en el consorcio (Martínez *et al.*, 2013).

4.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA IN VITRO DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS.

En la determinación de la eficiencia (in vitro) de remoción de materia orgánica de los consorcios se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4.2. Resultados de análisis de la DBO a los 5 días en los tratamientos.

Tratamiento	Detalle	Replicas					
		Promedio de réplica DBO ₅					% Remoción
		R1 (mg/dm ³)	R2 (mg/dm ³)	R3 (mg/dm ³)	R4 (mg/dm ³)	Promedio (mg/dm ³)	
T1	AR+ B	24,30	24,15	23,75	26,75	24,74	94,31
T2	AR+A	26,25	25,74	25,35	19,25	24,15	94,15
T3	AR+C	19,40	20,15	19,70	25,20	21,11	95,15
T4	AR+H	21,15	24,50	21,70	26,50	23,46	94,61

El ensayo fue elaborado por 4 tratamientos y cada uno tuvo 4 réplicas, teniendo un total de 16 muestras, el primer tratamiento de consorcios bacterianos obtuvo como promedio de DBO_5 $24,75 \text{ mg/dm}^3$, el segundo tratamiento el de consorcio de algas tuvo un promedio de DBO_5 de $24,15 \text{ mg/dm}^3$, el tercer tratamiento denominado consorcio combinado generó una DBO_5 promedio de $21,11 \text{ mg/dm}^3$ siendo el más bajo mientras que el último tratamiento el denominado consorcio de hongos obtuvo un promedio de $23,46 \text{ mg/dm}^3$.

El TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) determina 100 mg/dm^3 como límite máximo permisible en el parámetro de DBO_5 , por lo que se considera que aplicando cualquiera de estos tratamientos, (preferencialmente el tercer tratamiento por ser el más eficiente) en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Calceta la descarga de agua al cuerpo receptor se encontrara dentro de los límites permitidos.

Como antecedentes tenemos que el promedio de DBO en entrada al sistema es de 435 mg/dm^3 y el de la DBO de salida del sistema de 110 mg/dm^3

Con estos datos podemos manifestar que el porcentaje de remoción del primer tratamiento con respecto a la DBO fue de $94,31\%$, mientras que el segundo tratamiento tuvo un porcentaje de remoción de $94,15\%$ y el del tercer tratamiento obtuvo $95,15\%$ siendo este el porcentaje más alto de remoción, mientras que el último tratamiento obtuvo un $94,61\%$ de remoción.

Luego de realizado los ensayos y de obtener los resultados, se procedió a analizar estos datos con el programa estadístico "Info Stat" obteniendo los siguientes resultados de significancia:

Cuadro 4.3. Prueba de Duncan, significancia entre los tratamientos

Tratamiento	DBO	Significancia
T3	21,11	a
T4	23,46	ab
T2	24,15	ab
T1	24,74	b
Promedio general = 23,37		
Error Estándar = 6,61		
Coeficiente de Variación (CV) = 11		

En donde el tratamiento 1 tiene una significancia similar con respecto a los tratamientos 4 y 2, y diferente al tratamiento 3, el tratamiento 3 tiene una significancia igual en relación a los tratamientos 2 y 4 pero diferente al tratamiento 1.

Con el mismo programa se analizaron nuevamente los datos para interpretarlos por medio de ANOVA:

Cuadro 4.4. Análisis de Varianza (ANOVA)

O.V.	SC	GI	CM	FC	p	FT	Significancia
Tratamientos	34,36	3	11,45	2,27	0,1325	2,605	ns
Error	60,51	12	5,04				ns
Total	94,87	15					

Donde (OV) es el origen de las variaciones que puede ser entre grupos que se refiere a los tratamientos y dentro de los grupos denominado error, (SC) es Suma de Cuadrados, (gl) se refiere a los grados de libertad, (CM) es el Promedio de cuadrados, (FC) es la f calculada, (p) es la probabilidad, (FT) significa F tabla que vendría ser el valor crítico para F.

Si (FC) es mayor que (FT) significa que hay inferencia estadística significativa, en nuestro caso no hay inferencia estadística significativa, por lo que se acepta la hipótesis nula del diseño completamente al azar y se rechaza la alternativa.

Para la comprobación final de hipótesis de la tesis se utilizó la prueba de T de Student que a continuación se detalla:

Cuadro 4.5. Datos de la variable en comparación prueba T de Student.

Tratamiento	DBO antes (mg/dm ³)	DBO después (mg/dm ³)
T1	435	24,7375
T2	435	24,1475
T3	435	21,1125
T4	435	23,4625

Cuadro 4.6. Resultados prueba T de Student

	Variable 1 DBO antes	Variable 2 DBO después
Media	435,0	23,365
Varianza	0,0	2,526
Observaciones	4,0	4
Diferencia hipotética de las medias	0,0	
Grados de libertad	3,0	
Estadístico t	517,95	
P(T<=t) una cola	0,000000008	
Valor crítico de t (una cola)	1,63	
P(T<=t) dos colas	0,000000016	
Valor crítico de t (dos colas)	2,355	

La flecha nos indica que hay diferencia significativa entre las dos varianzas ya que la probabilidad obtenida es menor al valor “ α ” utilizado que fue de 0,05, es decir existe una diferencia significativa en los valores de la DBO antes y después del tratamiento.

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación y la prueba “T Student” en la que se menciona lo siguiente:

- Si la probabilidad obtenida $P \leq \alpha$, se rechaza la H_0 (Se acepta la H_1).
- Si la probabilidad obtenida $P > \alpha$, no se rechaza H_0 (Se acepta la H_0).

Por lo tanto la hipótesis alternativa se acepta, es decir: “Los consorcios microbianos sí reducen la concentración de materia orgánica en las aguas residuales domésticas de la ciudad de Calceta”, en tal sentido los tratamientos sí tienen diferencia y efectos significativos sobre la variable en comparación, con una disminución de la concentración de la materia orgánica que es superior al 94%, aunque en el ANOVA estadísticamente la diferencia entre tratamientos y dentro de los tratamientos no es significativa.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los consorcios fueron elegidos en base a las investigaciones realizadas y a las características de asociación que posee cada uno de los consorcios, entre ellas beneficiarse mutuamente con el fin de disminuir la concentración de materia orgánica presente en el agua residual.
- El tratamiento que tuvo mayor eficiencia en comparación a los demás tratamientos fue el de los consorcios combinados (T2) obteniendo un promedio de disminución de materia orgánica expresada en DBO, de 21,11 mg/dm³ y un porcentaje de remoción de 95,15%, por lo que se considera el más adecuado para ser aplicado en el sistema de tratamiento de aguas residuales de Calceta.

5.2. RECOMENDACIONES

- Las especies de microorganismos que se utilicen como tratamiento de aguas residuales domesticas deben tener la capacidad de adaptarse a las diferentes condiciones en las que se encuentran estas aguas para poder actuar de la manera eficaz y una adecuada respuesta que les permita trabajar en asociación y realizar sus actividades metabólicas a partir de los subproductos de degradación generados por cada uno.
- Se recomienda utilizar estos consorcios ya que se pueden determinar la eficiencia en lo que respecta a la degradación de la materia orgánica de aguas residuales domésticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, S; Velásquez, F; Pinargote, C. 2012. Sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar, provincia de Manabí. (En línea). EC. Consultado, 05 de may. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://181.196.143.6/handle/123456789/593?mode=full>.
- Andrade, C; Vera, A; Cárdenas, C; Morales, E. 2009. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. Utilizando aguas residuales de pescadería. (En línea). VE. Consultado, 16 de dic. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/rftiuz/v32n2/art05.pdf>.
- Asamblea Nacional del Ecuador. 2008. Constitución del Ecuador. (En línea). Consultado, 24 de abr. 2015. Formato PDF. Disponible en http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Bastidas, J. 2007. Determinación de la carga contaminante de origen industrial vertida sobre la quebrada Manizales. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. CO. p 13.
- Burmølle, M; Webb, J; Rao, D; Hansen, L; Sørensen, S; Kjelleberg, S. Enhanced Biofilm Formation and Increased Resistance to Antimicrobial Agents and Bacterial Invasion Are Caused by Synergistic Interactions in Multispecies Biofilms. (En línea). US. Consultado, 30 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1489630/pdf/3022-05.pdf>.
- Cabrera, M; Pulla, M. 2014. Línea base para el aprovechamiento de microalgas de sistemas de tratamiento de agua residual. (En línea). EC. Consultado, 13 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20739/1/TESIS.pdf>.
- Camargo, M. 2012. Effects of *Bacillus subtilis* in the Dynamics of Infiltration of Immunological Cells in the Intestinal Mucosa of Chickens Challenged with *Salmonella* Minnesota. Lourenco and cols., International Journal of Poultry Science 11 (10): 630-634.
- Cárdenas, J. 2012. Modelación dinámica de las lagunas de oxidación de Portoviejo. (En línea). EC. Consultado, 02 de may. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1697/1/Tesis%20final%20para%20sustentacion11240jl.pdf>.
- Carpio, P. 2014. Análisis in vitro de la capacidad de remoción de materia orgánica de aguas residuales procedentes de la matanza y faenamiento de ganado, mediante la utilización de quitasano. (En línea). Consultado, 20 de

- nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6701/1/UPS-CT003357.pdf>.
- CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). 2013. La levadura de la cerveza. (En línea). ES. Consultado, 16 de dic. 2015. Formato html. Disponible en <http://seresmodelicos.csic.es/llevat.html>.
- Díaz, B; Iglesias, A; Valiño, E. 2013. Consorcios microbianos con actividad ácido-láctica promisorios aislados desde inoculantes bacterianos nativos para ensilajes. (En línea). EC. Consultado, 26 de jun. 2015. Formato PDF. Disponible en www.scielo.org.co/pdf/rfce/v18n2/v18n2a04.pdf.
- Dicyt. 2015. La biotecnología de microalgas, eficaz para el tratamiento de aguas residuales. (En línea). ES. Consultado, 29 de jul. 2015. Formato html. Disponible en <http://www.dicyt.com/noticias/la-biotecnologia-de-microalgas-eficaz-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales>.
- Fajardo, P. 2015. Técnica de replicación de bacterias en melaza al 5%. (Entrevista). Calceta-Manabí. EC, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Área Agropecuaria. Laboratorio de microbiología.
- Fernández, A. 2012. El Agua: un recurso esencial. (En línea). AR. Consultado, 04 de ene. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fuentes, S. 2012. Diseño y cálculo de la obra. De llegada y pre tratamiento. De una EDARU. (En línea). ES. Consultado, 07 de ago. 2015. Formato PDF. Disponible en http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/14487/PFC_Alejandro_Fuentes_Santos.pdf?sequence=1.
- GAD Bolívar (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Bolívar). 2010. Sistema de tratamiento de aguas residuales local. (Entrevista). Calceta-Bolívar. EC.
- García, M. 2013. Protocolo para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). (En línea). CO. Consultado, 05 de Sep. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://sigug.uniguajira.edu.co/sigug/pdf/PROTOCOLOS/GL-PL-25.%20PROTOCOLO%20DBO%205.pdf>
- Infante, C; Angulo, E; Zarate, A; Florez, J; Barrios, F; Zapata, C. 2012. Propagación de la microalga *Chlorella* sp. en cultivo por lote: cinética del crecimiento celular. (En línea). CO. Consultado, 05 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3965767.pdf.
- Leon, M; Lucero, A; 2009. Estudio de *Eichhorniacrassipes*, *Lemnagibba* y *Azollafiliculoides* en el tratamiento biológico de aguas residuales

- domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón cotacachi. (En línea). EC. Consultado, 10 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6235>.
- Lizarazo, B; Orijuela J 2013. Tratamiento legal de las aguas residuales en Colombia. (En línea). CO. Consultado, 02 de may. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.
- López, J. 2011. Evaluación de la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos UASB para el tratamiento de aguas residuales – escala laboratorio. (En línea). EC. Consultado, 05 de may. 2015. Formato PDF. Disponible en repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/750/1/98208.pdf.
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano). 2015. Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (En línea). EC. Consultado, 23 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>
- Malgas. 2013. Aplicaciones de las microalgas: estado de las técnicas. (En línea). Consultado, 29 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.ast-ingenieria.com/guia-malgas-1>.
- Mandueño, L; Coppotelli, B; Morelli, I. 2009. Efecto de la inoculación de la cepa *Sphingomonas paucimobilis* 20006FA sobre la composición de un consorcio bacteriano degradador de fenantreno. (En línea). AR. Consultado, 26 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412009000200002.
- Maldonado, W; Baldiris, I; Díaz, J. 2011. Evaluación de la calidad del agua en la Ciénaga de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010. Cartagena, CO. Revista Científica Guillermo de Ockham, Vol. 9
- Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. (En línea). *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. Consultado, 20 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001
- Melgar, C; Macías, E; González, C; Hernández, C; Sánchez, A. 2013. Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. San José, CR. Revista Biología Tropical. vol.61. p. 1215-1228.
- Morató, J; Subirana, A; Gris, A; Carneiro, A; Pastor, R. 2006. Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. (En

línea). Consultado, 22 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69530105>.

Noles, P. 2011. Evaluación del Tratamiento de las Lagunas de Oxidación de la Ciudad de Calceta- Bolívar- Manabí. Proyecto. ESPAM MFL. Calceta-Manabí, EC. Pag 38- 48.

Ochoa, D; Montoya, A. 2010. Consorcios microbianos: una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. (En línea). CO. Consultado, 20 de nov. 2015. Formato PDF. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v18n2/v18n2a04.pdf>

Olea, R. 2013. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec, Veracruz. (En línea).MX. Consultado, 23 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33930/1/oleamadrugarosa.pdf>.

Olvera, J; Prieto, F; Gordillo, A. 2011. Factibilidad del empleo de un consorcio microbiano en el tratamiento de vinazas. (En línea). MX. Consultado, 29 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewFile/70/2533>.

Raffo, E; Ruiz, E. 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. (En línea). Consultado, 20 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>.

Ríos, K; Peñuela, G. 2014. Degradación del clorotalonilo por un consorcio microbiano aislado de humedales construidos en ensayos de laboratorio. (En línea). CO. Formato PDF. Consultado, 25 de nov. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v37n102/v37n102a2.pdf>.

Rojas, J. 2009. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Co. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Consultado 15. Nov. 2015.

Salazar, Y; Sánchez, E. 2011. Evaluación de consorcios microbianos conformados a partir de aislamientos bacterianos con capacidad degradadora de tetranitrato de pentaeritritol (PETN) y trinitrotolueno (TNT). (En línea). CO. Consultado, 22 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14993/T41.11%20S31e.pdf?sequence=1>.

Sánchez, M; Toro, J. 2012. Construcción de un vector de expresión para la producción de proteínas recombinantes en cloroplastos de *Chlamydomonas reinhardtii* MX. Revista Verano de la Ciencia UASLP. Vol. 4. P. 234

Sánchez, D. 2011. Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales. (En línea). Consultado, 15 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible

en <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10034/MEMORIA.pdf?sequence=1>.

Severiche, C; Castillo, M; Acevedo, R. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en el agua. (En línea). CO. Consultado, 20 de jun. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>.

Sierra, J. 2001. Determinación experimental de la curva de la DBO y el valor de las constantes K y Lo en una muestra de agua contaminada del rio Bogotá. (En línea). CO. Consultado, 20 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101114>.

Silva, J; Torres, P; Madera, C. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Vol. 26. CO. Consultado, 20 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200020&lang=pt.

Swain, M; Ray, R. 2009. Biocontrol and other beneficial activities of *Bacillus subtilis* isolated from cowdung microflora. *Microbiological research*, Vol. 164. p. 121-130.

Thirabunyanon, M; Thongwittaya, N. 2012. Protection activity of a novel probiotic strain of *Bacillus subtilis* against *Salmonella Enteritidis* infection. *Research in veterinary science*, Vol. 93. p. 74-81.

Valencia A. 2013. Diseño de un Sistema de Tratamiento para las Aguas residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis – Provincia de Chimborazo. (En línea). EC. Consultado, 10 de jun. 2015. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>.

UICN (Unión Mundial para la Naturaleza). 2006. Plan de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A. (En línea). Consultado, 24 de jun. 2015. Formato PDF. Disponible en <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2006-092.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. Técnicas de preparación de consorcios

1-A. Técnica de replicación de bacterias en melaza al 5% utilizada por el Ing. Piero Fajardo Navarrete en el Laboratorio de microbiología, Área Agropecuaria ESPAM –MFL

1. Coger 50 ml de melaza y enrasa a 1000 ml de agua destilada y diluir en agitador magnético en un frasco de vidrio o matraz Erlenmeyer
2. Autoclavar la solución a 121 °C por 15 min o 15lb de presión/pulg²
3. Luego dejar que se enfríe a temperatura ambiente
4. Sembrar los microorganismos (bacterias) que se van a utilizar
5. Incubar a 37 °C por 24 horas
6. Usar

Anexo 2. Certificación de Análisis realizados

REPÚBLICA DEL ECUADOR



ESPAMMFL
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

Calceta 13 de junio, 2016

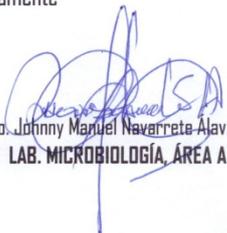
CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certifico que Rubén Darío Bravo Álava con CI 131213278-8 y Mary Cristina Giler Bravo con CI 131543946-1, estudiantes de la carrera de Medio Ambiente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DO (Oxígeno Disuelto) a 16 muestras en el laboratorio de microbiología del área agropecuaria durante el periodo sept 2015-Enero 2016 para la ejecución de la tesis de grado "EFICIENCIA DE CONSORCIOS MICROBIANOS (IN VITRO) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE CALCETA".

Análisis que se realizaron con la colaboración del Técnico de la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación Orgánica, desempeñándose de forma satisfactoria.

Particular que me suscribe a usted para los fines legales pertinentes.

Atentamente


 Blgo. Johnny Manuel Navarrete Alava
 COOR. LAB. MICROBIOLOGÍA, ÁREA AGROPECUARIA


 Ing. Piero C. Fajardo Navarrete
 TEC. UDIV ORGÁNICA, CARRERA AGRÍCOLA

Anexo 3. Preparación de consorcios microbianos

3-A. Preparación de consorcio bacteriano.



3-B. Preparación de Consorcio algas



3-C. Preparación de consorcio de algas.



Anexo 4. Toma de muestra



Anexo 5. Montaje del ensayo



Anexo 6. Ejecución del ensayo

