UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

"ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE PRODUCIDO A TRAVÉS DE LA ESPECIE *Eichhornia crassipes* PROCEDENTE DE LA LAGUNA DEL LIMONCOCHA"

Realizado por:

EDISON PATRICIO CARTAGENA BELTRÁN

Director del proyecto:

Dr. PABLO CASTILLEJO PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

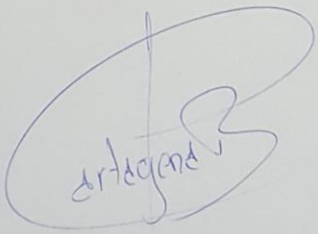
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 26 de febrero de 2018

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, EDISON PATRICIO CARTAGENA BELTRÁN, con cédula de identidad N° 1716951254, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Edison Patricio Cartagena Beltrán

C.C.: 1716951254

III

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

"ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE PRODUCIDO A TRAVÉS DE LA ESPECIE *Eichhornia crassipes* PROCEDENTE DE LA LAGUNA DEL LIMONCOCHA"

Realizado por:

EDISON PATRICIO CARTAGENA BELTRÁN

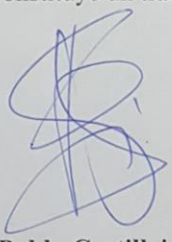
como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

PABLO CASTILLEJO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Dr. Pablo Castillejo PhD.

DIRECTOR

Los Profesores Informantes:

WALBERTO GALLEGOS

JOHANNA MEDRANO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador.

Walberto Gallegos

Johanna Medrano

Quito, febrero de 2018

V

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres Patricio y Jenny, quienes siempre estuvieron impulsándome a ser mejor, a mirar el horizonte cada vez que se ha cumplido una meta, ya que el camino nunca termina.

A mi amada esposa Maju y mi tierno ángel AmVi, quienes son la luz de mis ojos y por quienes siempre lucharé en esta vida.

A todos mis amigos que me apoyaron en este camino, con los que pude compartir momentos gratos y que con sus sabias palabras y consejos pudimos salir juntos adelante.

Edison Cartagena B.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las fuerzas brindadas en este camino, por el gozo y la bendición de poder culminar una meta más con todo el éxito que esto implica para mi familia y para mí.

A la Universidad Internacional SEK por ser parte de mi formación profesional, noble institución que me permitió dar un paso más en mi crecimiento.

A todos los profesores de la Maestría en Gestión Ambiental, por todos sus conocimientos impartidos durante estos semestres y sobre todo a mi director Pablo Castillejo a quién expreso mi más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de este estudio y mis evaluadores Walberto Gallegos y Johanna Medrano por todo su tiempo y compromiso para hacer de este tema una factibilidad para los recursos naturales.

A mis grandes amigos Leonardo Bedón y Wladimir Enríquez y al apoyo de la empresa BIOAGROPEC por su entusiasmo en la investigación y por toda la confianza dedicada sobre mí y su enorme apoyo; realmente les agradezco amigos míos.

A mi gran amigo Veydert Aponte, realmente este proyecto te lo debo a ti.

A todos los que formamos parte de INFERNUZ, esta maestría no hubiese sido lo mismo sin ustedes.

Edison Cartagena B.

25/2/18 9:18:24 a.18.p.18.

Análisis de factibilidad para la obtención de un biofertilizante producido a través de la especie E*ichhornia crassipes* procedente de la laguna del Limoncocha

Feasibility analysis to obtain of a biofertilizer produced through the *Eichhornia crassipes* species from Limoncocha lagoon

Edison Cartagena[1] & Pablo Castillejo[1*]

[1]Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito, Ecuador. Email: edisoncartagena88@live.com

*Autor de correspondencia: Pablo Castillejo PhD, pablo.castillo@uisek.edu.ec

Titulo corto (Running title): biofertilizante de *Eichhornia crassipes*

Resumen

En el presente estudio se describe una propuesta de control del crecimiento de *Eichhornia crassipes*, por medio de la elaboración de un biofertilizante orgánico a partir de esta macrófita, mediante el proceso de biodigestión realizado en un digestor de 200 L de capacidad e inoculado con el consorcio bacteriano de *Lactobacillus* y *Pedicocouspentosaceus*, con un tiempo de retención de 21 días. Se evaluaron diferentes concentraciones del biofertilizante y sus resultados se compararon con los de un fertilizante comercial. En la aplicación del biofertilizante se evaluó número de hojas, número de yemas y tamaño de las plantas. Las dosificaciones fueron aplicadas en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). Para la evaluación de los resultados se determinó que la aplicación del biofertilizante al 25 % de concentración presenta mayor cantidad de hojas con una media de 32 hojas por planta y mayor cantidad de yemas con una media de 6 yemas. Esta concentración no mostró diferencia significativa con los resultados presentados por el fertilizante comercial. Por tanto este trabajo demostró la factibilidad de aprovechar esta especie para generar productos de interés social en la laguna del Limoncocha además de ser una opción para el control de *E. crassipes*. Esta investigación plantea ser una alternativa sostenible para el control actual de las macrófitas acuáticas, evitando el uso de maquinaria pesada para la remoción, uso de químicos o aplicaciones de biocontroladores.

Palabras clave

Eichhornia crassipes, biofertilizante, biol, macrófita, Limoncocha.

Abstract

In the present study a control proposal in the growth of *Eichhornia crassipes* is described, by means of the elaboration of an organic biofertilizer from this macrophyte, through the biodigestion process carried out in a 200 L of capacity digester, and inoculated with the bacterial consortium of *Lactobacillus* and *Pedicocouspentosaceus*, with a retention time of 21 days. Different concentrations of this biofertilizer were evaluated and these results were compared with those of a commercial fertilizer. In the biofertilizer application the number of leaves, number of buds and the plants size were evaluated. The dosages were applied in tomato plants (*Solanum lycopersicum*). For the results evaluation it was determined that the biofertilizer application at 25% of concentration presents a greater quantity of leaves with an average of 32 leaves per plant, and a greater number of buds with an average of 6 buds. This concentration did not differ with the results presented by the commercial fertilizer. Therefore, this study showed the feasibility of taking advantage of this species in order to generate products of social interest in Limoncocha lagoon, apart from being an option for the control of *E. crassipes*. This research proposes to be a sustainable alternative for the current control of aquatic macrophytes, avoiding the use of heavy machinery for the removal, use of chemicals or applications.

Key words

Eichhornia crassipes, biofertilizer, biol, macrophyte, Limoncocha.

1. Introducción

Una de las principales características ambientales de la laguna del Limoncocha es la eutrofización, debido a la alta carga de micronutrientes tales como son los nitratos y fosfatos (Rodríguez, 2017), los mismos que han sido aprovechados y han favorecido al crecimiento y reproducción de la especie *Eichhornia crassipes*, conocida comúnmente como lechuguín de agua (CABI, 2015). Estos micronutrientes son fácilmente asimilados por *E. crassipes* por lo que ha aumentado considerablemente su población limitando el intercambio de gases entre la atmósfera y la columna de agua y la intensidad de la luz solar.

El crecimiento excesivo de esta macrófita tiene como complicación la disminución de los niveles de oxígeno y por tanto alta mortalidad de la población de peces (Labrada, 1996), afectando seriamente la conservación de la biodiversidad, el bienestar de las comunidades humanas que se benefician de la pesca artesanal y el manejo de los recursos hídricos (López, 2012).

Actualmente en diversos sectores en donde se encuentra presente esta problemática ambiental, las autoridades de control utilizan métodos inorgánicos (herbicidas), mecánicos y biológicos como es el uso de gorgojos (*Neochetina spp*.) y carpa forrajera (*Ctenopharyngodon idella*), para disminuir el crecimiento y propagación de la especie *E. crassipes* (Guevara & Ramírez, 2015). Investigaciones recientes han determinado que una alternativa de control para disminuir el crecimiento de *E. crassipes* en cuerpos lacustres, es el utilizar esta especie como componente orgánico para la generación de bioles, los cuales son abonos líquidos resultado de un proceso de digestión anaeróbico de restos orgánicos, conocidos como biofertilizantes (Páez, 2016).

La cosecha de *E. crassipes* seguida de un proceso de biodigestión plantea ser una alternativa sostenible para el control actual de las macrófitas acuáticas, evitando el uso de maquinaria pesada para la remoción, uso de químicos o aplicaciones de biocontroladores; además que disminuirá la recirculación de nutrientes en la laguna en el momento de su descomposición.

Un biofertilizante es un fertilizante orgánico natural que proporciona a las plantas los nutrientes que necesitan y mejora la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural. Son producidos a partir de la degradación anaerobia de la materia orgánica mediante microorganismos, hongos, bacterias (Mamani & Lira, 2012). La función de los biofertilizantes es ayudar al proceso de la nutrición biológica de las plantas, los mismos que por su aporte de aminoácidos favorecen a las bacterias del suelo a fijar el nitrógeno hasta convertirlo en amonio; además de incrementar la solubilidad y conductividad de nutrientes (SAGARPA, 2016).

Los biofertilizantes se pueden clasificar por acción directa cuando los microorganismos se agrupan en algún componente de los tejidos vegetales, siendo una acción benéfica para la planta, es el caso de la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) y las micorrizas. La biofertilización por acción indirecta es aprovechada primero por el suelo y lo transmite hacia los cultivos. Pertenecen a este grupo los mecanismos de acción que trabajan en la solubilización de nutrientes como el fósforo (Bordoli & Barbazan, 2010).

Un inoculante microbiano es una preparación de biomasa que contiene poblaciones microbianas de alta pureza y concentración, permitiendo reaccionar con la materia orgánica del suelo y así producir sustancias que son benéficas para las plantas (Mamani & Lira, 2012). Entre las ventajas de utilizar inoculantes se encuentra el disminuir la compactación del suelo, mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, suprimir o controlar las poblaciones de microorganismos patógenos e incrementar la biodiversidad microbiana (Galindo et al., 2006).

Mamani & Lira, 2012, expone que las ventajas del uso de los biofertilizantes mejora el intercambio catiónico con el suelo, permitiendo ampliar la disponibilidad de nutrientes y mantener la humedad del suelo. Un biofertilizante es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para el enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), aumenta la floración y activa el vigor de las plantas. Es ecológico compatible con el ambiente, no contamina el suelo y conserva mejor el N, P, K, Ca debido al proceso de descomposición anaeróbica lo que permite aprovechar totalmente los nutrientes del suelo (Erazo & Ortega, 2005).

Características de *Eichhornia crassipes*

Eichhornia crassipes es una macrófita acuática, que se emplea como especie ornamental en los estanques y acuarios, es originaria de América del Sur principalmente en las cuencas Amazónica y de la Plata; tiene una alta capacidad de propagación a través de los cuerpos de agua dulce de los trópicos y subtrópicos. En la actualidad tiene una distribución casi mundial en todo el trópico y se ha extendido a más de 50 países en cinco continentes (GISD, 2006).

E. crassipes es una de las principales malezas presentes en agua dulce a nivel mundial debido a su rápido crecimiento, reproducción acelerada y alta competitividad. Está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) y ha sido cultivada como especie ornamental debido a sus llamativas flores (Carrión & León, 2012). Es una especie que en cuerpos lacustres eutrofizados impacta negativamente a las actividades humanas (pesca, transporte por agua) y la biodiversidad (CABI, 2015).

La reproducción de *E. crassipes* ocurre principalmente de forma vegetativa por medio de brotes laterales, que nacen de la base del tallo y crecen horizontalmente, generando raíces adventicias, lo que en botánica se conoce como estolones (López, 2012). La producción de semillas también ocurre con un bajo porcentaje de germinación (PIER (Pacific Island Ecosystems at Risk), 2011). A temperaturas óptimas de crecimiento, la biomasa de *E. crassipes* puede duplicarse en un mes por medio de reproducción vegetativa, esta alta capacidad reproductiva provoca la formación de colonias densas flotando en el agua, por consiguiente disminuye el flujo de agua en los embalses, cantidad de oxígeno disuelto, navegación y crecimiento de otras plantas acuáticas (Guevara & Ramírez, 2015).

Adicionalmente, *E. crassipes* es utilizado por mosquitos como hospedero de sus larvas y presenta alto riesgo de establecimiento, propagación e impactos extremadamente altos, por lo que se ha prohibido la importación intencional con fines ornamentales (Coetzee, et al; 2008). Por tales razones, esta macrófita es considerada como una de las peores malezas a nivel mundial, también conocido con el término “World’s Worst Weeds” (Robles, Asistente, & Madsen, 2012).

E. crassipes está compuesto químicamente por sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el medio acuático, está constituida básicamente del 90,4 % de humedad, pero a pesar de aquello, tienen un alto contenido de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) contenido de proteína bruta y tejido fibroso, adicionalmente tiene la capacidad de absorber oligoelementos (Cu^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}), como iones de elementos menores (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, y K^{+}) de los cuerpos de agua. Estas propiedades pueden hacer que sean potencialmente útiles en muchas áreas de aplicación. En la Tabla 1 se muestra los micronutrientes presentes en esta macrófita acuática (Mellhorn, 2014).

Tabla 1 Niveles de nutrientes y elementos menores en jacintos de agua, resumidos por (Mellhorn, 2014).

Parámetros	**mg/g planta (Peso Seco)**
Fósforo, Tot-P	5,3
Nitrógeno, Tot-N	27,6
Magnesio. Mg^{2+}	1,7
Calcio, Ca^{2+}	5,8 – 22,9
Potasio, K^{+}	24,4

La composición química de *E. crassipes* presenta una relación de C/N de 7 a 1. El carbono y el nitrógeno son los constituyentes básicos de la materia orgánica, por ello para obtener un biofertilizante de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la ideal para generar biofertilizantes, pero esta variará en función de las materias. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica y una relación C/N muy baja afecta al proceso de degradación (López, 2003).

Proceso de biodigestión anaerobio

La biodigestión o digestión anaeróbica, consiste en un proceso biológico complejo, el cual es desarrollado por microorganismos anaerobios, es decir, que trabajan en ausencia de oxígeno transformando la materia orgánica (residuos de material vegetal), como resultado de este proceso se generan residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica (ideales como fertilizantes) que pueden ser aplicados

frescos (López, 2003).

El proceso de biodigestión consta de cuatro fases: hidrólisis, formación de ácidos, formación de ácido acético y formación de metano como se muestra en la Figura 1. Para la formulación de un biofertilizante, es de gran importancia centrarse en la fase de hidrólisis y potenciar la obtención de aminoácidos, azúcar, glicerina y ácidos grasos; compuestos simples que puedan ser absorbidos a través de la pared celular de las plantas (Rivera, 2003).

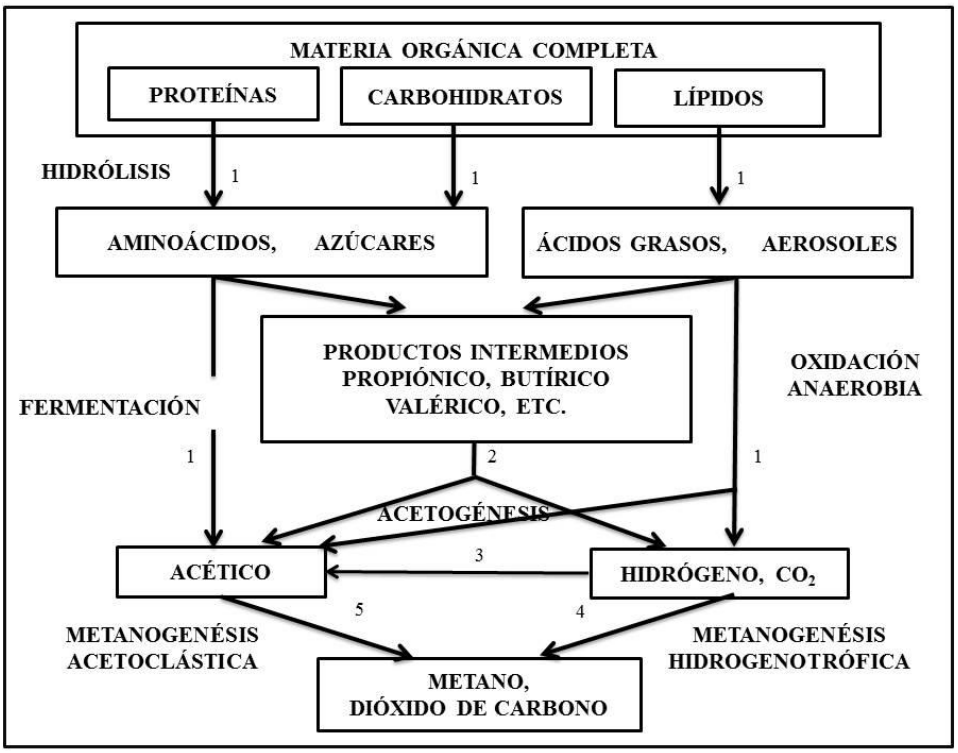


Figura 1 Procesos metabólicos, biodigestión anaerobia (Rivera, 2003).

Este proyecto determinó la obtención de un biofertilizante a partir de la digestión anaerobia de la especie *Eichhornia crassipes* procedente de la laguna del Limoncocha, planteando una alternativa de control para el acelerado crecimiento de esta macrófita para contribuir al desarrollo endógeno comunitario y de investigación, aprovechando las características de este material orgánico.

2. Materiales y métodos

La laguna del Limoncocha se encuentra ubicada en la reserva Biológica Limoncocha, en el sector nororiental de la Amazonía ecuatoriana.

Provincia: Sucumbíos
Cantón: Shushufindi
Latitud: -0.466667
Longitud: -76.4667
Altitud: 220 msnm

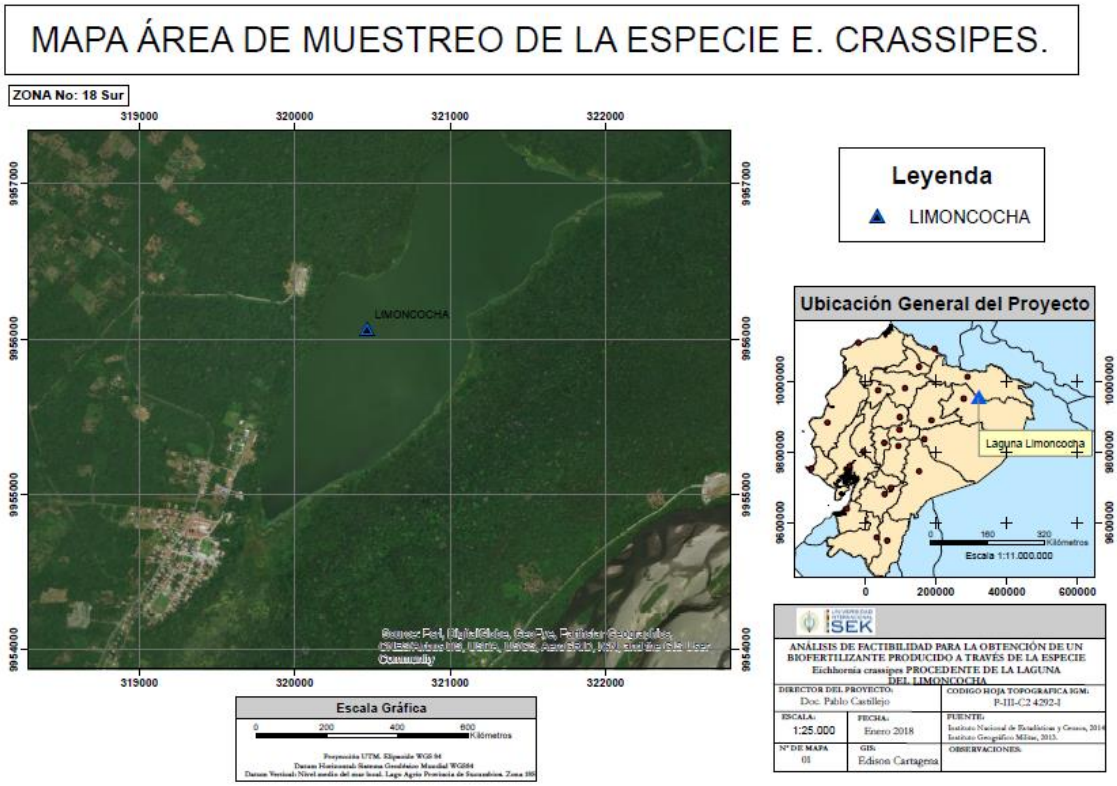


Figura 2 Ubicación de la laguna del Limoncocha, sitio de recolección del material vegetal (Cartagena, 2018).

El estudio se realizó en el laboratorio de la empresa BioAgropec S.A., ubicado en el cantón Rumiñahui provincia de Pichincha, empresa con amplio conocimiento en la producción de productos orgánicos a base de material vegetal.

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui

Parroquia: Pintag

Latitud: -0.366667

Longitud: -78.3833

Altitud: 2.613 msnm

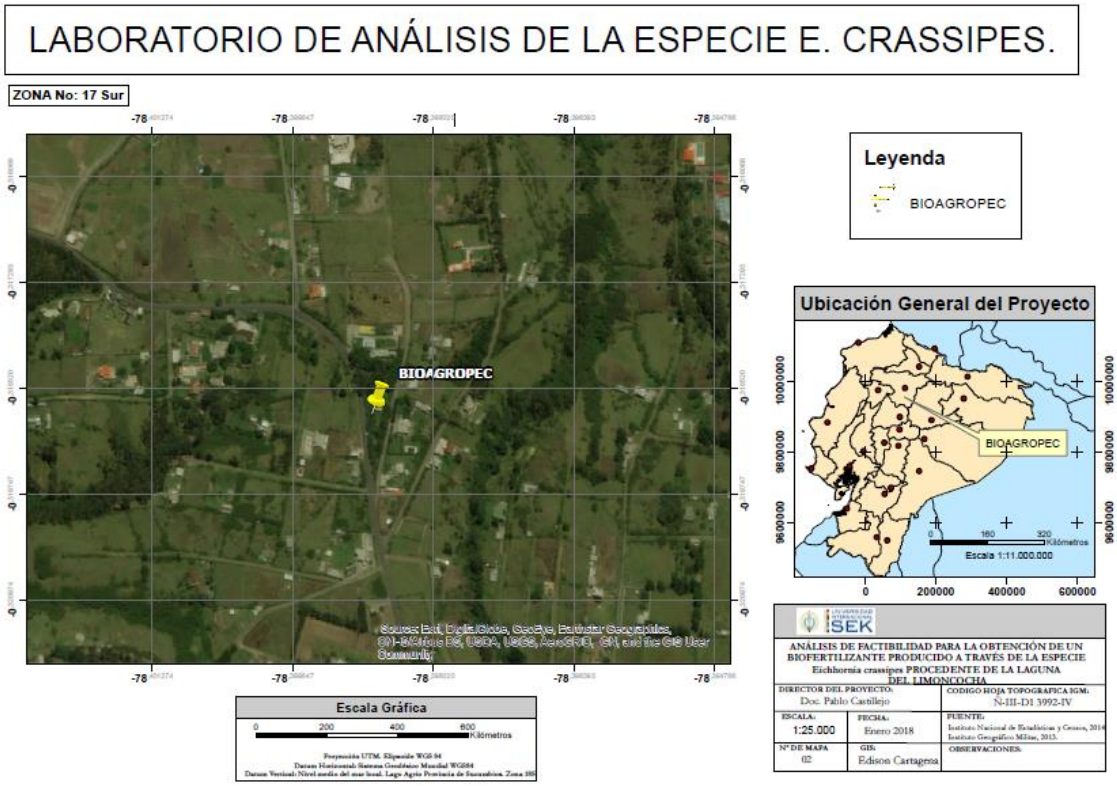


Figura 3 Ubicación del laboratorio de la empresa BioAgropec S.A. (Cartagena, 2018).

El material vegetal fue recolectado manualmente por personas de la comunidad a orillas de la laguna del Limoncocha, posteriormente fue colocado en fundas plásticas para evitar la deshidratación, posteriormente el material vegetal fue transportado al laboratorio BioAgropec para su procesamiento y análisis.

Figura 4 Recolección de la especie *E. crassipes* en la laguna del Limoncocha (Cartagena, 2018).

El material vegetal fue triturado y homogenizado en una licuadora industrial marca Camsco, con la finalidad de obtener una mezcla inicial de 15 % de sólidos o menor, de manera que esta mezcla (material vegetal y agua) sea asimilado por las bacterias y degradado al producto de interés a compuestos simples fácilmente asimilables (López, 2012).

La muestra homogenizada fue colocada en un biodigestor de 200 L de capacidad, y aforado a 180 L, la concentración de los compuestos añadidos fueron determinados previamente de acuerdo a los siguientes balances de masas los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Descripción de insumos utilizados para el proceso de biodigestión de *E. crassipes*.

Descripción	**Codificación general**	**% agua**	**Relación C/N**	**Volumen (L)**
Material vegetal	A	90	7/1	A
Melaza	B	60	35/1	B
Mezcla	C	80	30/1	180

Balance general:

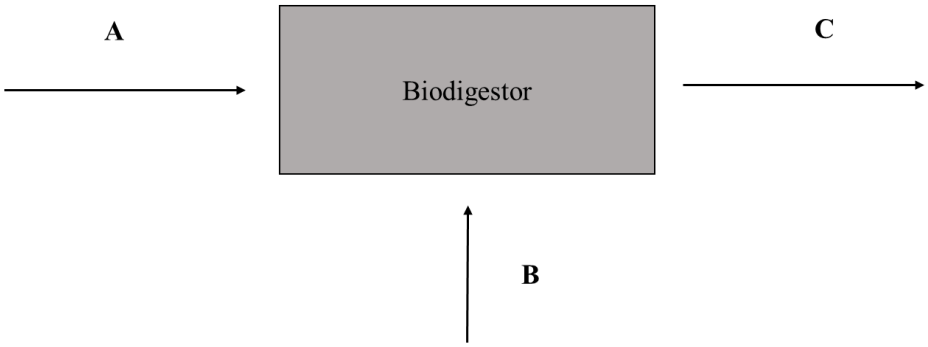
$$A + B \rightarrow C$$

Balance parcial para el agua

$$0{,}9A + 0{,}6B \rightarrow 180(0{,}8)$$

Balance parcial para la relación C/N

$$7A + 35B \rightarrow 30(180)$$



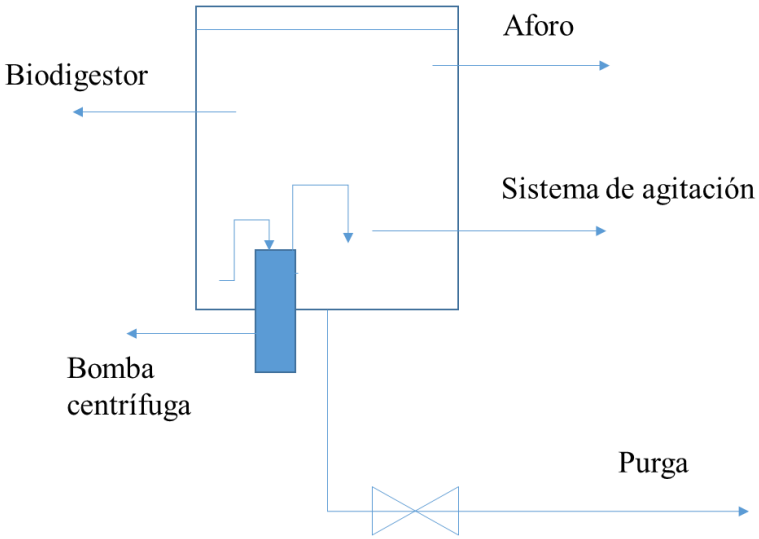
Esquema 1 Entradas y salidas del sistema de biodigestión.

Teniendo como resultado los siguientes volúmenes:

$$A = 65{,}94\ L$$

$$B = 141{,}09\ L$$

Posteriormente se agregó el inóculo bacteriano de (*Lactobacillus* y *Pedicocouspentosaceus*), en volumen de (1.800 mL), correspondiente al 10 % del total aforado. La mezcla inicial tuvo un tiempo de retención de 21 días hasta su estabilización, con agitación hidráulica de 30 minutos cada 8 horas por medio de una bomba centrífuga marca GOULDS de ½ Hp y 16 amperios, el pH fue controlado diariamente con el pHmetro marca HANNA, esta medición fue realizada mediante la purga de aproximadamente 100 mL de producto por la válvula de salida del biodigestor, como se presenta en el esquema 2.



Esquema 2 Componentes del biodigestor.

Después de cumplidos los 21 días y una vez obtenido el producto se tomó una muestra la que fue caracterizada mediante un análisis bromatológico en el Laboratorio de Análisis CentroCesal, acreditado por el Sistema de Acreditación Ecuatoriana (SAE), los métodos utilizados para este ensayo se presentan en la Tabla 4 y corresponden a Association of Official Analytical Communities (AOAC).

Los análisis para recuentos microbiológicos fueron realizados en el laboratorio de la empresa BioAgropec mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Las determinaciones evaluadas en este ensayo fueron: aerobios totales, mohos y levaduras, Coliformes fecales, *E. coli*, bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fósforo; los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos por la organización mundial de la Salud, como se presenta en la Tabla 5.

Para comparar los tratamientos planteados se sembró plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), las cuales sirvieron para evaluar las dosificaciones aplicadas. Las variables evaluadas estuvieron determinadas por:

– Número de yemas: Conteo de número de yemas de las plantas semanalmente. Se evaluó la aparición de nuevas yemas durante tres semanas.

– Numero de hojas: Conteo de número de hojas de las plantas semanalmente. Se evaluó la aparición de nuevas hojas durante tres semanas.

– Altura de las plantas: Se midió la altura de la planta en cm, las medidas fueron tomadas semanalmente durante tres semanas. Se utilizó una regla milimetrada y la medida se expresó en centímetros.

Cada tratamiento estuvo conformado por cinco plantas de tomate, las cuales fueron dosificadas con 10 mL de solución de biofertilizante. La concentración de las soluciones se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Tratamientos planteados para determinar la efectividad del biofertilizante.

Biofertilizante	**Volumen de biofertilizante (mL)**	**Volumen de agua (mL)**	**Aforo (mL)**	**Concentración (%)**	**Codificación**
E. crassipes	1000	0	1000	100	A
E. crassipes	500	500	1000	50	B
E. crassipes	250	750	1000	25	C
E. crassipes	100	900	1000	10	D
E. crassipes	50	950	1000	5	E
Comercial (Pumamaqui)	100	900	1000	10	F
Testigo	0	1000	1000		G

Los explantes fueron colocados en un mini-invernadero por un mes y el riego en esta etapa se realizó una vez por día por medio de un aspersor manual, humedeciendo completamente las plantas y suelo. Las mediciones de las variables fueron tomadas semanalmente. La unidad experimental en la etapa de comparación estuvo conformada por bolsas negras de polietileno, rellenadas con tierra negra comercial, una plántula de tomate (*S. lycopersicum*) de dos semanas de aclimatación. La evaluación y comparación de los resultados fue determinado mediante pruebas paramétricas y no paramétricas (Baptiste *et al*., 2010).

Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico Infostat / estudiantil versión 2018, además Microsoft Office Excel 2013, como herramienta adicional. El análisis estadístico de las variables cuantitativas no continuas fueron analizadas mediante el

análisis de varianza no paramétrico, utilizando la prueba de Kruskal Wallis con el estadístico de la prueba de LSD Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y un análisis de varianza paramétrico ANOVA con el estadístico de Chi cuadrado de Pearson con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

3. Resultados

Caracterización del biofertilizante obtenido

Durante el tiempo de retención del proceso de biodigestión anaerobio el pH fue monitoreado diariamente por 21 días, periodo en el cual se determinó la estabilización del biofertilizante, en la Figura 5 se determina la curva del pH en función del tiempo, para este análisis se realizó una partición en función de la escala de pH generada, obteniendo la fase inicial, hidrólisis y estabilización.

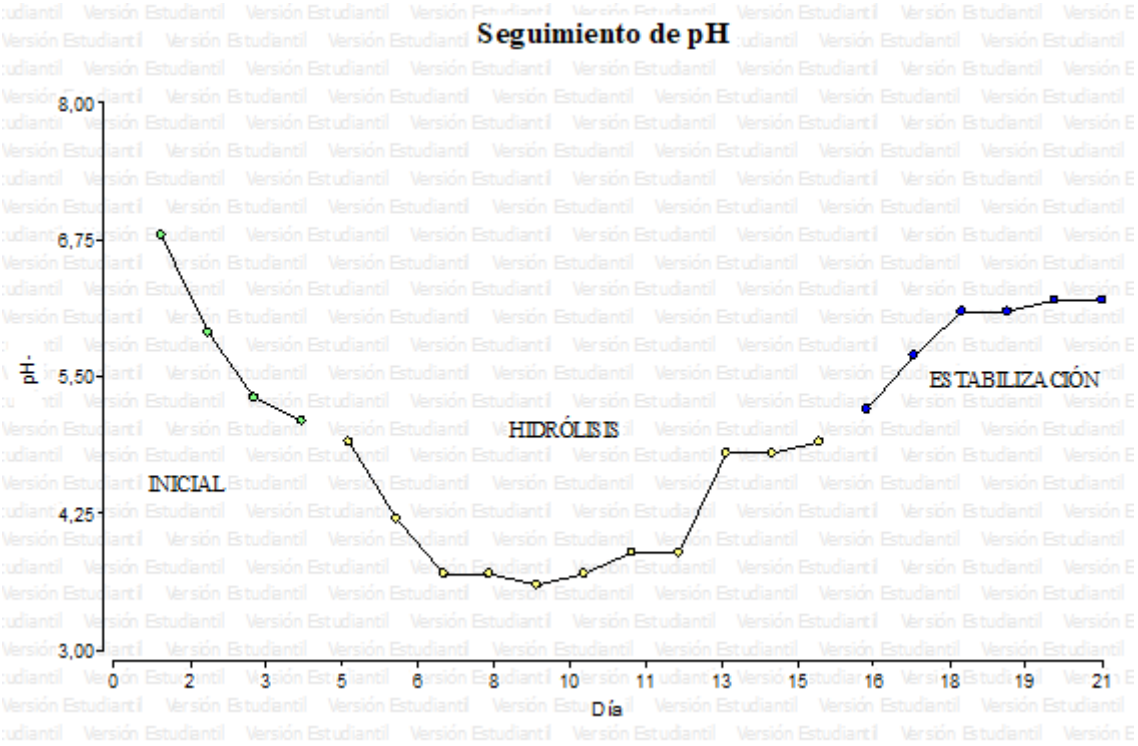


Figura 5 pH durante el proceso de biodigestión para *E. crassipes* en un tiempo de retención de 21 días.

La curva de pH en la Figura 5, evidencia que el proceso de biodigestión fue el correcto, pues la curva de pH ácido se presenta como la fase de hidrólisis de partículas y moléculas complejas (proteínas, carbohidratos y lípidos) que son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos; como resultado se producen compuestos solubles más sencillos (aminoácidos, azúcares y ácidos

grasos de cadena larga) (Soto, 2003) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2016).

Concluidos los 21 días de biodigestión, se tomó una muestra del biofertilizante para la caracterización bromatológica, los resultados se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4 Análisis bromatológico para biofertilizante generado a partir de *E. crassipes*.

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Humedad	POE: 5.4.93 AOAC 927.05	% p/p	95,41
*Proteína	POE: 5.4.91 AOAC 2001.11	% p/p	0,35
Grasa	POE: 5.4.94 AOAC 2003.06	% p/p	0,11
Ceniza	POE: 5.4.92 AOAC 923.03	% p/p	0,84
Fibra	AOAC 962.09	% p/p	0,04
Carbohidratos Totales	Cálculo	% p/p	3,25
Energía	Cálculo	K cal/100g	15,4
Consistencia			Líquido
Color	Código hexadecimal		806040 (Café)
Olor			Dulce (panela)

POE (Procedimiento Interno)
AOAC Association of Official Analytical Communities
*Factor de proteína 6.25

Fuente: Laboratorio de Análisis CentroCesal acreditado por el Sistema de Acreditación Ecuatoriana (SAE).

El resultado del análisis bromatológico permitió determinar la composición nutricional del biofertilizante, la determinación del porcentaje de proteína establece la cantidad de nitrógeno presente en el biofertilizante mediante la síntesis de aminoácidos. Así mismo

la concentración de grasa y carbohidratos indican que esta macrófita puede utilizarse como valor agregado para la alimentación animal o para abono orgánico.

Adicionalmente, se controló la calidad microbiológica del biofertilizante, a fin de determinar si cumple con los límites establecidos por la Organización Mundial para la Salud ya que al tratarse de un proceso agro-productivo para consumo fue necesario determinar que las bacterias presentes no son patógenas y por tanto que el biofertilizante no presentan riesgo durante su aplicación en suelos. En la Tabla 5 se exponen los recuentos obtenidos.

Tabla 5 Control de calidad microbiológico para biofertilizante generado a partir de *E. crassipes.*

PARÁMETROS	**MÉTODO**	**UNIDADES**	**RESULTADO**
Aerobios totales	NTE INEN 1529-5:2006	UFC / mL	$2,3 \times 10^6$
Mohos y levaduras	NTE INEN 1529-10:98	UFC / mL	$1,5 \times 10^5$
Coliformes totales	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / mL	<10
E. coli	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / mL	<10
Bacterias fijadoras de nitrógeno	Microbiological Examination 9245	UFC / g	$1,3 \times 10^5$
Bacterias solubilizadoras de fósforo	Microbiological Examination 9245	UFC / g	$2,5 \times 10^5$

UFC. (Unidades formadoras de colonia).

Fuente: Laboratorio de análisis microbiológico Bioagropec S.A.

El recuento de *E. coli* fue menor a 10 UFC/mL, dictaminando que no existe contaminación fecal, también se llevó a cabo el recuento de patógenos específicos, los mismos que se encontraron bajo límites permisibles.

Comparación de tratamientos

Cada una de las variables (tamaño de la planta, número de hojas, número de yemas) fue evaluada en base a la concentración del biofertilizante formulado a partir de *E. crassipes* y el biofertilizante comercial.

Número de hojas

Esta variable fue determinada por simple observación. La validación de los supuestos para esta variable se realizó mediante la prueba de Shapiro -Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q plot, donde se observa la tendencia a la normalidad (ANEXO A).

Al realizar el análisis mediante un ANOVA con $\alpha = 0.05$ de confianza, se encontró una probabilidad que demuestra que existió variación entre los tratamientos, ver Tabla 3 y Tabla 6.

Tabla 6 Análisis de varianza ANOVA de p= <0.0001, lo que para el número de hojas de *Solanum lycopersicum.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31646,94	6	5274,49	62,53	<0,0001
TRATAMIENTO	31646,94	6	5274,49	62,53	<0,0001
Error	31461,49	373	84,35		
Total	63108,43	379			

CV= 36,33

F.V= Fuentes de variación.
SC= Suma de cuadrados
gl= Grados de libertad
CM= Cuadrados medios
F= Valor F de Fisher
CV= Coeficiente de variación

Para determinar el tratamiento que presentó la mayor cantidad de hojas, se realizó una prueba de medias con LSD de Fisher con α= 0,05. En la Tabla 7 se observa claramente la formación de cuatro grupos representativos A, B, C y D. El grupo A representa la mayor cantidad de medias de número de hojas, en donde sobresale el tratamiento al 25 % de concentración del biofertilizante, con una media de 31,88 (32 hojas). El grupo D representa a los tratamientos con menor cantidad de hojas.

Tabla 7 Prueba de medias, LSD de Fisher con α= 0.05, para la variable número de hojas.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupos			
25%	31,88	60	1,19	A			
Comercial	31,33	60	1,19	A	B		
Agua	29,73	60	1,19	A	B		
5%	28,9	40	1,45	A	B		
10%	27,73	40	1,45		B	C	
50%	24,47	60	1,19			C	
100%	4,93	60	1,19				D

n= Número de individuos
E.E= Error estándar

Al realizar el gráfico de puntos, se observa la dispersión de las medias en cada tratamiento, en la Figura 6 se evidencia que el tratamiento al 25 % de biofertilizante presenta una media de número de hojas de (32 hojas), por lo que es el mejor.

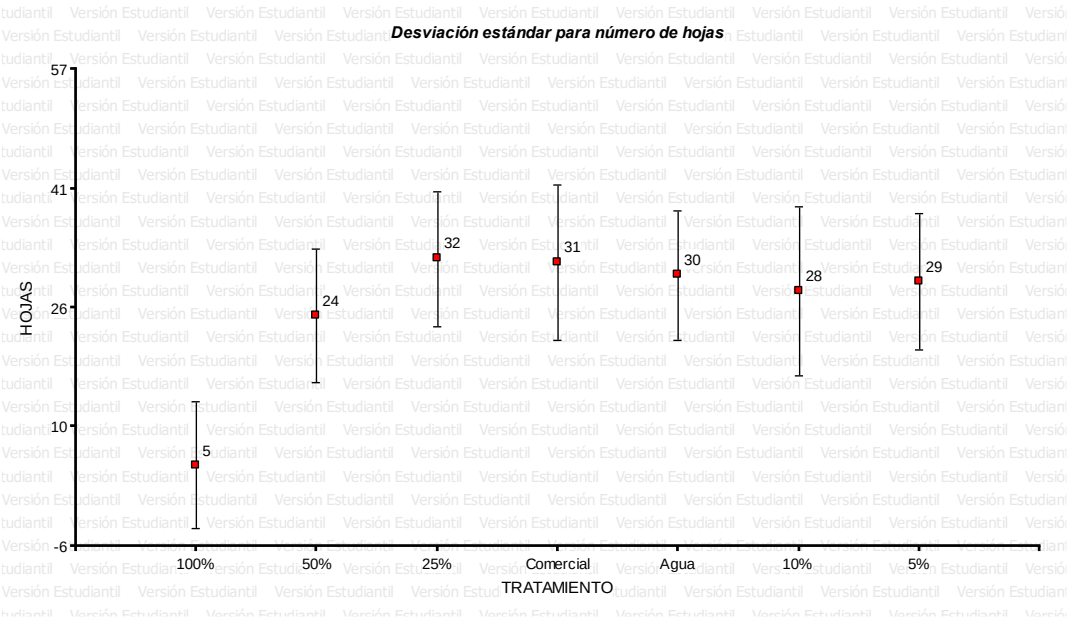


Figura 6 Promedio del número de hojas por tratamiento evaluado. (Infostat estudiantil versión 2018)

Tamaño de las plantas

Figura 7 Tamaño de las plantas de *Solanum lycopersicum* por tratamiento a la primera semana de aplicación (Cartagena, 2018).

Los resultados experimentales para la longitud del crecimiento de las plantas de *Solanum lycopersicum* se observan en la Figura 7. La validación a la variable, tamaño de la planta, se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q plot, donde

se determina que los datos tienden a una distribución normal (ANEXO B). El análisis de tamaño de las plantas mostró una probabilidad significativa, lo que indica que los tratamientos son diferentes, como se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8 Análisis de varianza ANOVA de p <0,0001, para el tamaño de las plantas por tratamiento.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2944,92	6	490,82	63,88	<0,0001
TRATAMIENTO	2944,92	6	490,82	63,88	<0,0001
Error	2865,76	373	7,68		
Total	5810,68	379			
CV= 37,03					

F.V= Fuentes de variación.
SC= Suma de cuadrados
gl= Grados de libertad
CM= Cuadrados medios
F= Valor F de Fisher
CV= Coeficiente de variación

El tamaño de las plantas con respecto al tratamiento, presentó el tamaño medio más grande (9,81 cm) en el tratamiento con una concentración al 5 %, y el tamaño medio más bajo (6,66 cm) en el tratamiento con una concentración al 50 %; el tratamiento al 100 % es despreciable debido a la toxicidad y muerte de las plantas por exceso de dosificación a esa concentración, como se evidencia en la Figura 8.

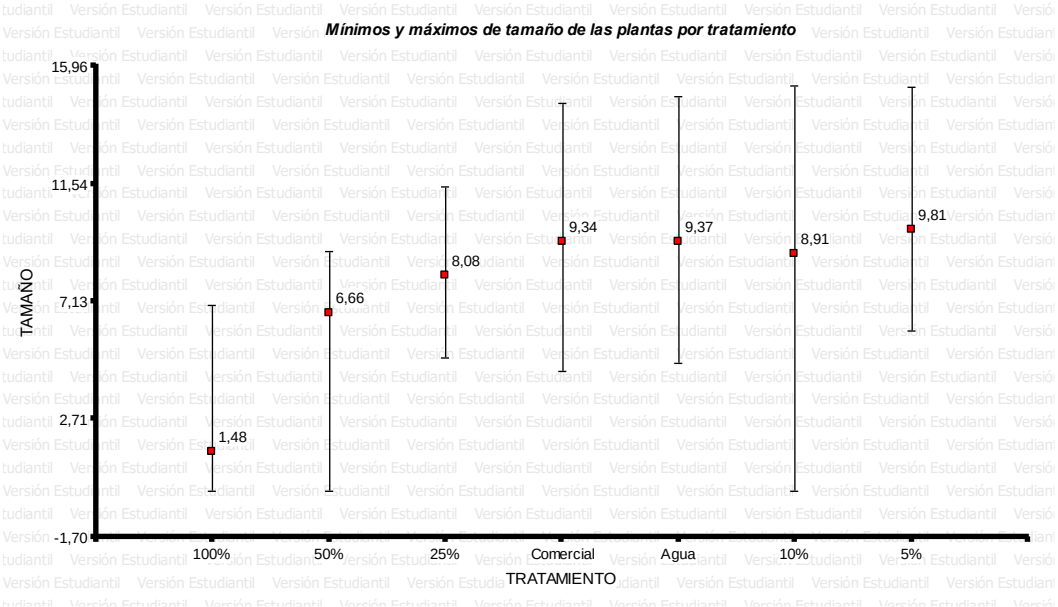


Figura 8 Tamaño medio de las plantas con respecto al tratamiento evaluado.

Adicionalmente las medias fueron comparadas y se determinó que los tratamientos que presentaron las medias más altas en cuanto al crecimiento de las plantas son los tratamientos que correspondían al grupo A (tratamiento al 5 %, agua y comercial) y el grupo que presentó las medias más bajas fue el grupo C (1,48 cm), como se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9 Prueba LSD de Fisher α= 0,05 para el tamaño de las plantas con respecto a las concentraciones del biofertilizante.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Grupos			
5%	9,81	40	0,44	A			
Agua	9,37	60	0,36	A			
Comercial	9,34	60	0,36	A			
10%	8,91	40	0,44	A	B		
25%	8,08	60	0,36		B		
50%	6,66	60	0,36			C	
100%	1,48	60	0,36				D

n= Número de individuos
E.E= Error estándar

Número de yemas

Esta variable cuantitativa no continua fue determinada por simple observación y los supuestos para esta variable se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q Plot, donde se determinó que los gráficos no cumplen una distribución normal (ANEXO C), por tanto los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza no parámetrico de Kruskal Wallis.

Según la prueba realizada se pudo determinar que la media más alta de número de yemas se encontró en el tratamiento a la concentración del 25 %, con una media de 6,45 (6 yemas), donde se demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10 Prueba de Kruskal Wallis (α=0,05) para la variable número de yemas p <0,0001.

Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10%	40	4,93	1,61	5	121,15	<0,0001
100%	60	1,45	2,46	0		
25%	**60**	**6,45**	**1,32**	**6**		
5%	40	5,45	1,38	5,5		
50%	60	5,05	1,57	5		
Agua	60	6,08	1,2	6		
Comercial	60	6,1	1,35	6		

N= número de individuos
D.E= Desviación estándar
H= Estadístico de prueba

Adicionalmente las medias de los rangos fueron comparadas de a pares, con el fin de agrupar los tratamientos que estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre ellos, así se generaron 4 grupos en orden ascendente. El grupo D con los tratamientos con las medias más altas (agua, comercial y 25 %), como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Comparaciones de a pares entre las medias de los rangos de los tratamientos para la variable número de yemas.

Tratamientos	Medias	Rangos	Grupos			
100%	1,45	68,53	A			
10%	4,93	160,83		B		
50%	5,05	173,48		B		
5%	5,45	193,63		B	C	
Agua	6,08	233,93			C	D
Comercial	6,1	234,82			C	D
25%	**6,45**	**259,43**				**D**

Al representar en forma gráfica los resultados, se pudo determinar que el tratamiento al 25 % es el que presentó la media más alta, adicionalmente la Figura 9 representa el incremento de yemas durante el periodo de tiempo evaluado.

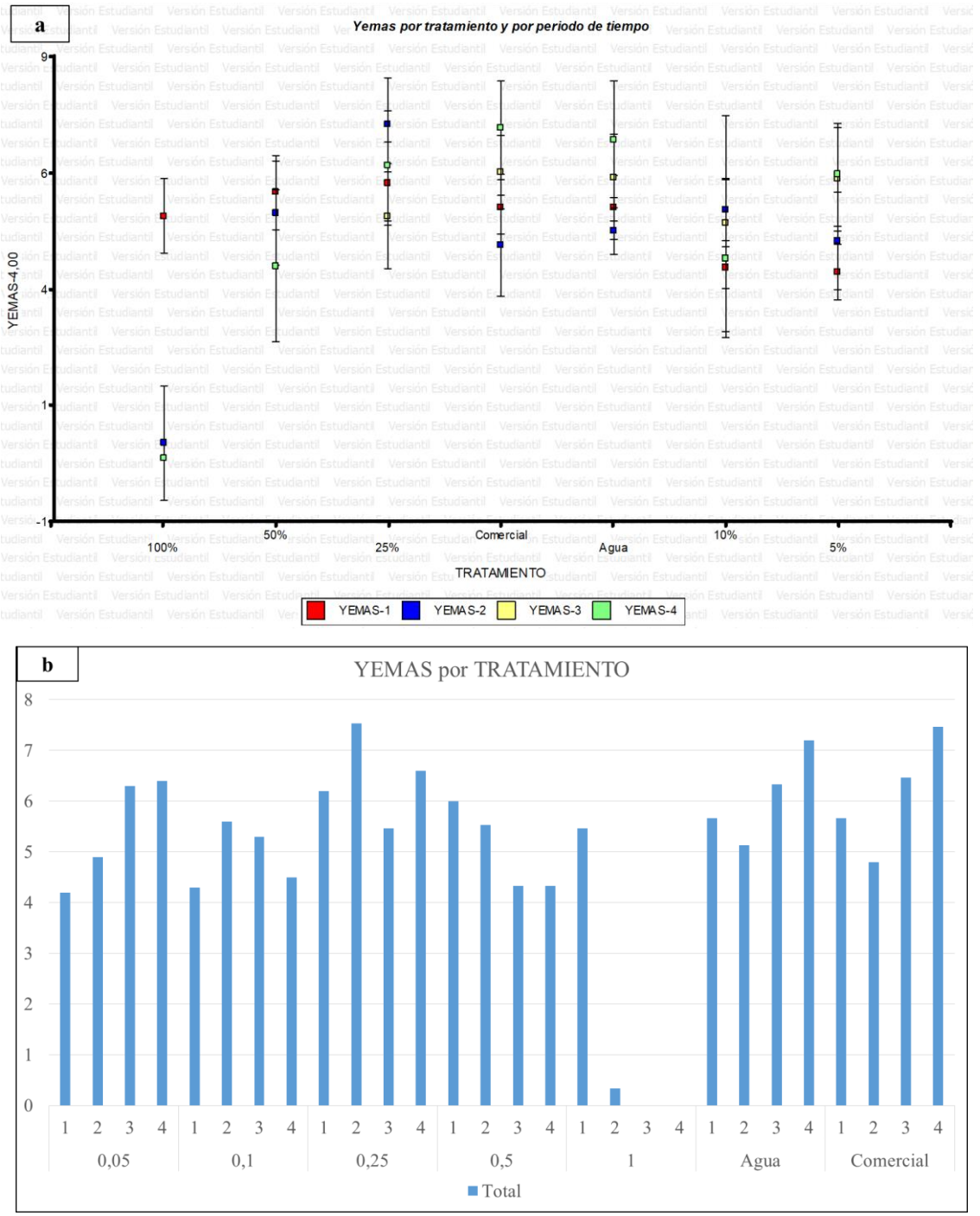


Figura 9 Promedio del número de yemas por tratamiento y por tiempo de evaluación. (a) Desviación estándar para el incremento de yemas por tratamiento. (b) Gráfica de barras para el número de yemas por tratamiento.

4. Discusión

En este estudio, una de las problemáticas ambientales de la laguna del Limoncocha, es la rápida propagación que presenta *E. crassipes,* pues la laguna contiene alta concentración de micronutrientes, lo cual ha ocasionado que este cuerpo lacustre se encuentre eutrofizado (Rodríguez, 2017); razón por lo que esta macrófita flotante se ha visto beneficiada por la fácil obtención y asimilación de nutrientes (Martelo, Jorge; Lara Borrero, 2012).

Consiguientemente, la periodicidad de la remoción (cosecha) de las macrófitas flotantes en cualquier sistema en el que se empleen, asegura un equilibrio para el crecimiento acelerado de esta especie, manteniendo las condiciones ambientales del ecosistema (Rodríguez, 2017). Sin embargo, si dichas plantas mueren y se descomponen *in situ*, conlleva a una recirculación de nutrientes en el agua. Por lo que las altas concentraciones de fosfatos y nitratos presentes en la laguna, se pueden deber, en parte, a la constante recirculación (Haritash, Dutta, & Sharma, 2017). Pues la presencia de carbohidratos presentes en *E. crassipes* permite enlazar partículas inorgánicas y formar complejos, influyendo en la capacidad de intercambio catiónico.

Guevara & Ramírez (2015), en su estudio realizado mencionan que las alternativas de remoción de *E. crassipes* permiten seleccionar entre métodos físicos, mecánicos y químicos, o combinaciones entre ellos (Guevara & Ramírez, 2015)., no obstante son costosos debido al uso de vehículos y herramientas especializadas, además de no poder controlar infestaciones masivas a largo plazo (Juárez, 2011),

La remoción manual o cosecha, seguido de un proceso de biodigestión, ha sido planteado como una solución para su posterior disposición para el mejoramiento del suelo (Martelo, Jorge; Lara Borrero, 2012), está técnica se ha ejecutado para resolver de una manera sostenible esta problemática ambiental, además, brindar un sustento a las comunidades ya que posee un gran potencial como recurso económico y que por su alta digestibilidad es utilizada para la nutrición de animales, además de ser transportados hacia cultivos fuera de la laguna, donde puede ser asimilado por otras especies del sector agrícola (Haritash et al., 2017), evitando la recirculación de los nutrientes presentes en la laguna y reemplazando fertilizantes comerciales (úrea y sulfato de amonio), que en altas

concentraciones pueden ser tóxicos para el suelo y las aguas subterráneas; disminuyendo la aportación de nitrógeno extra por parte de los agricultores mediante la biofertilización (Bordoli & Barbazan, 2010).

En este estudio se demostró que la especie *E. crassipes* puede ser utilizada como material vegetal para la elaboración de biofertilizantes (Dávila & Rojas, 2014), pues se ha comprobado que los micronutrientes presentes en el biofertilizante fueron fácilmente asimilados por las plantas de tomate. El incremento de número de hojas y número de yemas es un indicador de una planta de calidad pues su crecimiento es compacto y con buenas ramificaciones. Las plantas con estas características son más fuertes y son capaces de soportar la manipulación en caso de ser transportadas (PROMIX, 2018).

La producción de biomasa de *E. crassipes* puede alcanzar valores de 69,5 t/ha.año (Martelo, Jorge; Lara Borrero, 2012). Mediante el sistema de biodigestión planteado, se pudo degradar gran cantidad de materia prima (material vegetal de *E. crassipes*) que se dispone en la zona del Limoncocha, pues para generar 180 litros de biofertilizante se utilizó 65,94 litros de material vegetal (material triturado), aproximadamente 7,32 Kg de material vegetal.

En la agricultura moderna es absolutamente necesario el uso de agroquímicos para mantener altos rendimientos en los cultivos (Medina-Morales & Cano-Rios, 2001). Sin embargo, algunas desventajas de los fertilizantes inorgánicos se han visto identificadas porque alimentan a la planta y no al suelo, alterando las propiedades químicas y biológicas del suelo, propiciando que exista mayor lixiviación de nitratos contaminando los acuíferos (Ruiz F., 1996).

El desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2016).

5. Conclusiones

Se consiguió un rendimiento de producción de biofertilizante de 24,6 L/ Kg, el mismo que al utilizar una dosificación al 25 % de concentración, aumenta a un rendimiento de 98,36 L/Kg.

El control de calidad microbiológico del biofertilizante cumplió con los límites establecidos por la Organización mundial para la Salud (OMS, 2006), la cual menciona que el número de unidades formadoras de colonia de Coliformes fecales para un líquido utilizado como riego no puede ser mayor a 10 por cada 1 mL; lo que indica que el biofertilizante puede ser utilizado en el sector agrícola sin presentar peligro de contaminación al suelo.

La relación número de hojas y número de yemas para el tratamiento (C) a concentración del 25 % v/v, permitió evidenciar que las plantas de tomate presentan características más fuertes, las mismas que se evidencian con el desarrollo, vigorosidad y estimulación del crecimiento vegetal.

La cosecha de *E. crassipes* seguida de un proceso de biodigestión plantea ser una alternativa sostenible para el control actual de las macrófitas acuáticas, evitando el uso de maquinaria pesada para la remoción, uso de químicos o aplicaciones de biocontroladores; además de disminuir la recirculación de nutrientes en la laguna durante la descomposición.

La producción de biofertilizante a gran escala a partir de *E. crassipes* provee un recurso económico para las comunidades cercanas, debido a que evitaría comprar fertilizantes comerciales o las mismas comunidades se beneficiarían al comercializar este producto.

Por tanto una vez evaluado la eficacia técnica del biofertilizante generado a partir de la especie *E. crassipes* por medio de una biodigestión anaerobia, se ha comprobado que este puede ser aprovechado sustentablemente mitigando impactos ambientales generados por el uso indiscriminado de fertilizantes inorgánicos.

6. Recomendaciones

Se sugiere probar el biofertilizante en otras especies a fin de comprobar sus efectos.

Se sugiere realizar una caracterización de metales en *E. crassipes* procedente de la laguna del Limoncocha, pues por bibliografía (Tabla 1) se ha determinado la concentración de metales presentes en esta especie puede variar de acuerdo al lugar de procedencia. Mediante esta técnica los metales presentes en *E. crassipes* podrían no ser recirculados en la laguna durante su degradación al finalizar su ciclo de vida.

Continuar con los estudios o investigaciones respecto a la utilidad que esta especie pueda tener en la industria, agroindustria o artesanía, pues como se ha determinado posee una alta concentración de proteína, grasa y carbohidratos; lo que dictamina que puede ser utilizada con varios fines agroindustriales.

Se hagan pruebas piloto sobre el producto propuesto a fin de desarrollar los ajustes pertinentes para un aprovechamiento y control, el mismo que puede ser socializado en las comunidades, como una estrategia de control al acelerado crecimiento.

Establecer una investigación del uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el área de influencia a fin de determinar la viabilidad para la comercialización o desarrollo del biofertilizante obtenido.

7. Bibliografía

Baptiste, M. P., Castaño, N., Lasso, C. a., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. D. P., & Gil, D. L. (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. *… . Bogotá, DC, Colombia*. Retrieved from http://www.acictios.org/publi/1.pdf

Bordoli, J. M., & Barbazan, M. (2010). *Aplicación de Fertilizantes A. Curso de fertilidad de suelos, Faculta de agronomia - Universidad de la Republica de Uruguay*.

CABI. (2015). Eichhornia crassipes. In: Invasive Species Compendium. *Wallingford, UK: CAB International.*

Carrión, C., & León, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acu??tico (Eichhornia crassipes) en xochimilco para fitorremediaci??n de metales. *Agrociencia*, *46*(6), 609–620. https://doi.org/10.1300/J144v03n01

Coetzee, J., Hill, M., Hurtado, A., Laranjeira, C., Nang'alelwa, M., Ruíz, T. T., & Schrader, G., Starfinger, U. & J. (2008). Eichhornia crassipes. European and Mediterranean Plant Proteccion Organization. Retrieved from http://www.hear.org/pier/species/eichhornia_crassipes.htm

Dávila, M. B., & Rojas, P. R. (2014). Optimización del proceso de elaboración y el uso de los abonos biofermentados (biol). Retrieved from http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5479

Erazo, H. L., & Ortega, A. (2005). " Evaluación de dos Fertilizantes Orgánicos Formulados y su Efecto en Tres Variedades De Blueberry (Vaccinium corymbosum L .) en el North Willamette Research and Extensión Center , Oregon State University , (2).

Galindo, T., Polanía, J., Sánchez, J., Moreno, N., Vanegas, J., & Holgín, G. (2006). Efecto de inoculantes microbianos sobre la promoción de crecimiento de plántulas de mangle y plantas de Citrullus vulgaris -San Andrés Isla, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, *11*(1), 83–97. https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a02

GISD. (2006). Global Invasive Species Database. Retrieved from http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=70&fr=1&sts=&lang=EN

Guevara, M. F., & Ramírez, L. J. (2015). Eichhornia crassipes, su invasividad y potencial fitorremediador. *Revista de Ciencias de La Vida: La Granja*, *22*(2), 5–11. https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.01

Haritash, A. K., Dutta, S., & Sharma, A. (2017). Phosphate uptake and translocation in a tropical Canna-based constructed wetland. *Ecological Processes*, *6*(1), 12. https://doi.org/10.1186/s13717-017-0079-3

Juárez, N. (2011). *Cambios en la composición del lirio acuático (Eichhornia crassipes) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS.

Labrada, R. (1996). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120)* (ISSN 1014-). Retrieved from https://s0b3945371a06d9a2.jimcontent.com/.../MANEJO DE MALEZAS.pdf

López. (2012). *Aprovechamiento del lechuguín Eichhornia crassipes para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de bodigestores*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos solidos urbanos. Alternativa energética y fuente de trabajo. *Tecnura*, *13*(2), 31–43. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.074

Mamani, M. E., & Lira, M. (2012). Produccion de biofertilizante a partir de residuos organicos mediante la implementacion de un sistema biodisgestor para la aplicacion sobre cultivos en parcela, 1–40. Retrieved from http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto universitario de tecnologia dr delfin mendoza/PROYECTOBIOFERTILIZANTE.pdf

Martelo, Jorge; Lara Borrero, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte Ingeniería y Ciencia. *ISSN: 1794-9165*, *20*, 1–17. https://doi.org/10.5565/rev/athenea.1697

Medina-Morales, M. C., & Cano-Rios, P. (2001). Contaminación por nitratos en agua,

suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, *2*(1), 9–14.

Mellhorn, M. (2014). Water hyacinths (Eichhornia crassipes) and their presence in Shire River , Malawi Problems caused by them and ways to utilize them elsewhere.

OMS. (2006). Guidelines for Drinking-water Quality. *Atención Primaria*, *23*(Vdv), 7. Retrieved from http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigao_e_evoluo.pdf?sequence=1

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2016). *El estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Cambio climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria*. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentanción - FAO*. https://doi.org/0251-1371

Páez, J. (2016). Diseño de un biodigestor para el manejo de residuos orgánicos producidos en el enbalse Daule-Peripa, 54.

PIER (Pacific Island Ecosystems at Risk). (2011). Eichhornia crassipes. Retrieved from http://www.hear.org/pier/species/eichhornia_crassipes.htm

PROMIX. (2018). Relación entre el fertilizante y el estiramiento de las plantas. Retrieved from https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/relacion-entre-el-fertilizante-y-el-estiramiento-de-las-plantas/

Rivera, S. (2003). *Gestión de Residuos Sólidos Gestión de Residuos Sólidos*.

Robles, W., Asistente, P., & Madsen, J. D. (2012). Jacinto de agua, 1–2. Retrieved from http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto de agua-Eichhornia crassipes_0.pdf

Rodríguez, P. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE PERFILES HIDROQUÍMICOS EN EL PERIODO 2015-2017*. UISEK.

Ruiz F. (1996). Fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. *In: 1er Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica*, (Colima, Col. México), 23–47.

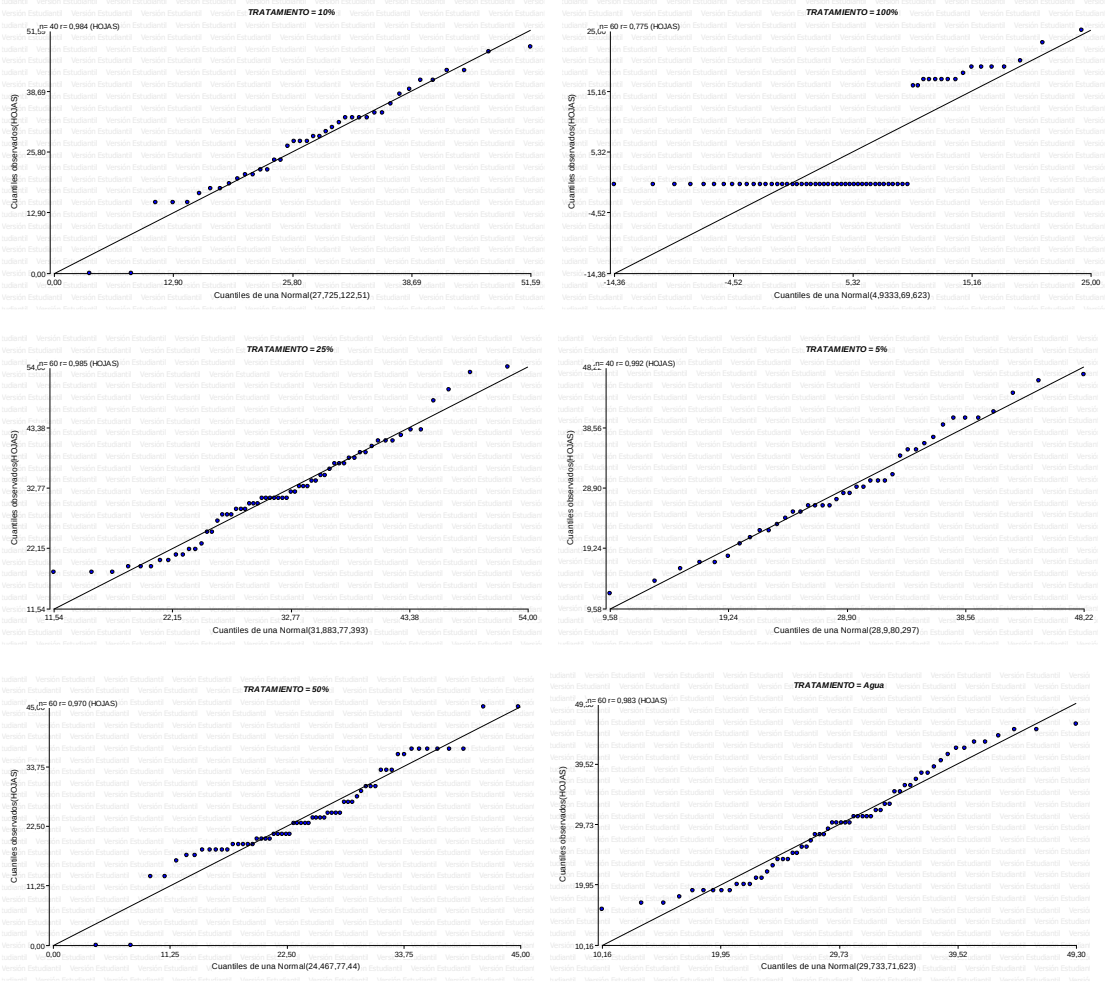
SAGARPA. (2016). Uso de fertilizantes. *Secretaría de Desarrollo Rural*, 11. Retrieved from http://www.sagarpa.gob.mx/

Soto, G. (2003). Agricultura Orgánica: Una Herramienta para el Desarrollo Rural Sostenible y la Reduccion de la Pobreza. *Memoria Del Taller*, (1), 111. Retrieved from http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476_es_RUTAtaller.pdf

Anexos

Anexo A

La validación de los supuestos para la variable número de hojas, realizada mediante la prueba de Shapiro -Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q plot.

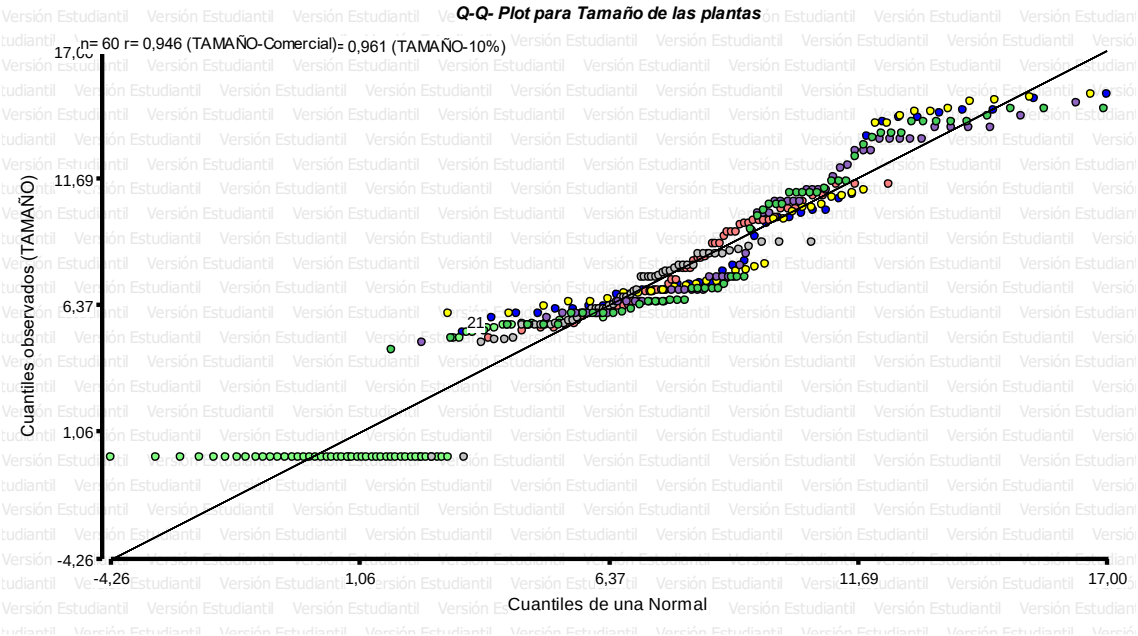


Shapiro-Wilks (modificado)

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
10%	HOJAS	40	27,73	11,07	0,95	0,3825
100%	HOJAS	60	4,93	8,34	0,58	<0,0001
25%	HOJAS	60	31,88	8,80	0,94	0,0483
5%	HOJAS	40	28,90	8,96	0,95	0,3500
50%	HOJAS	60	24,47	8,80	0,94	0,0418
Agua	HOJAS	60	29,73	8,46	0,93	0,0053
Comercial	HOJAS	60	31,33	10,15	0,93	0,0120

Anexo B

La validación de los supuestos para la variable tamaño de la planta, realizada mediante la prueba de Shapiro -Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q plot.

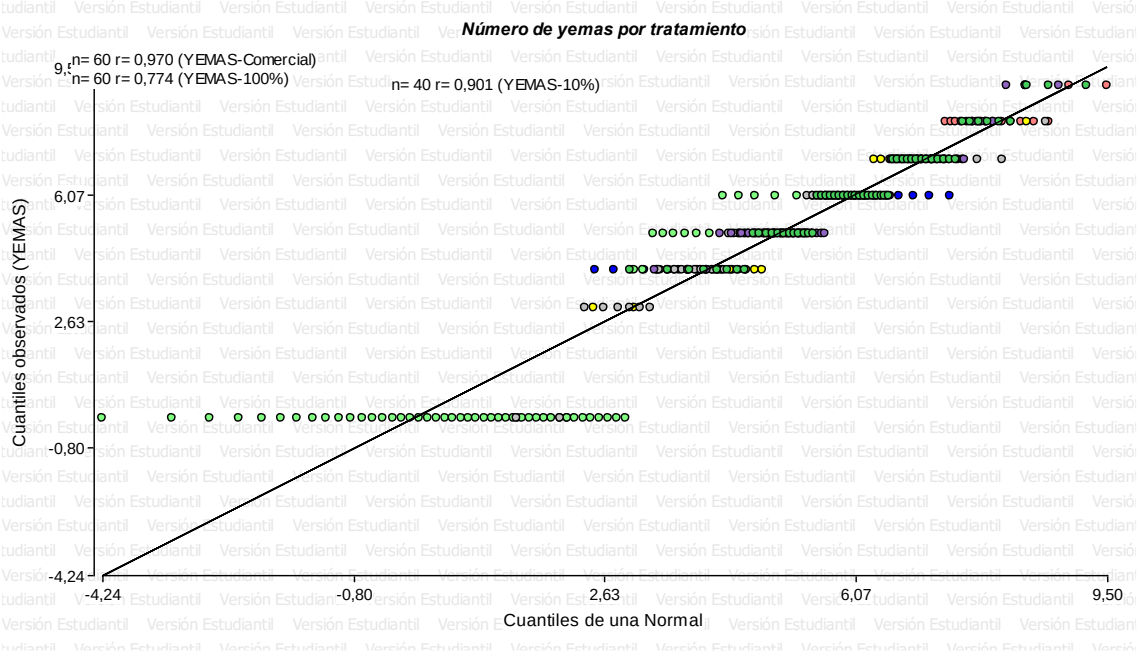


Shapiro-Wilks (modificado)

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
10%	TAMAÑO	40	8,92	3,75	0,90	0,0090
100%	TAMAÑO	60	1,48	2,48	0,56	<0,0001
25%	TAMAÑO	60	8,08	1,85	0,92	0,0023
5%	TAMAÑO	40	9,81	3,19	0,82	<0,0001
50%	TAMAÑO	60	6,66	1,75	0,85	<0,0001
Agua	TAMAÑO	60	9,37	3,02	0,87	<0,0001
Comercial	TAMAÑO	60	9,34	3,29	0,85	<0,0001

Anexo C

La validación de los supuestos para la variable número de yemas, realizada mediante la prueba de Shapiro -Wilks (modificada) y el gráfico Q-Q plot.

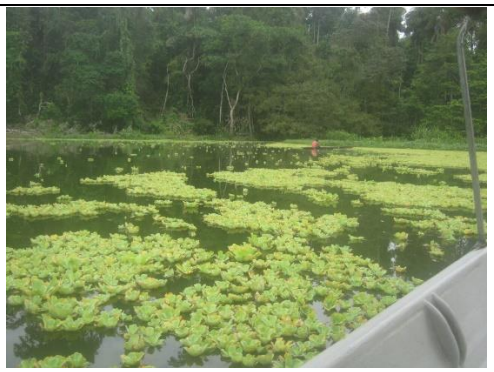


Shapiro-Wilks (modificado)

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
10%	YEMAS	40	4,93	1,61	0,85	<0,0001
100%	YEMAS	60	1,45	2,46	0,58	<0,0001
25%	YEMAS	60	6,45	1,32	0,90	<0,0001
5%	YEMAS	40	5,45	1,38	0,89	0,0030
50%	YEMAS	60	5,05	1,57	0,91	<0,0001
Agua	YEMAS	60	6,08	1,20	0,89	<0,0001
Comercial	YEMAS	60	6,10	1,35	0,91	<0,0001

Anexo D

Recolección de la especie *E. crassipes* en la laguna del Limoncocha.



Anexo E

Fase de preparación, trituración de *E. crassipes*

Anexo F

Fase de biodigestión anaerobia

Anexo G

Preparación de tratamientos generados y evaluación de variables

<table>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td> </td>
</tr>
</table>

Anexo H

Informe de resultados de los análisis microbiológicos.

BIOAGROPEC
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA
INFORME DE RESULTADOS

INF. No. 2017 - 023

CLIENTE:	Edison Cartagena	**TIPO DE MUESTRA:**	Biol
CONTACTO:	Edison Cartagena	**DESCRIPCION DE LA MUESTRA:**	Líquido
DIRECCION:	Quito	**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:**	15/12/2017
FINCA:	NA	**FECHA DE RECEPCION:**	15/12/2017
E-mail:	edisoncartagena88@live.com	**FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:**	8/01/2018
PAIS:	ECUADOR	**NUMERO DE MUESTRAS:**	1
TELEFONO:	0987416612	**CODIGO INTERNO:**	023

RESULTADOS

RECUENTOS			
Determinaciones	**Método**	**Unidades**	**Resultado**
Aerobios totales	NTE INEN 1529-5:2006	UFC / ml	$2,3 \times 10^6$
Mohos y levaduras	NTE INEN 1 529-10:98	UFP /ml	$1,5 \times 10^5$
Coliformes totales	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / ml	< 10
E. coli	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / ml	< 10
Bacterias fijadoras de Nitrógeno	Microbiological Examination 9245	UFC /g	$1,3 \times 10^5$
Bacterias solubilizadores de fósforo	Microbiological Examination 9245	UFC /g	$2,5 \times 10^5$

DATOS ADICIONALES:

UFC: Unidades formadoras de colonia

CONCLUSIONES

Se realizó un control de calidad microbiológico de la muestra de biol. La muestra de biol o también llamado abono líquido si cumple con los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud, la cual menciona que el número de unidades formadoras de colonias de coliformes fecales para un líquido utilizado como riego no puede ser mayor a 10 por cada 1 ml. Se realizó un contaje de bacterias benéficas como fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, las cuales se encuentran dentro del rango para establecerse en suelo.

Ing. Ma. Eugenia Quintana L.
JEFE DE LABORATORIO
BIOAGROPEC

Los resultados presentados en este informe corresponden unicamente a la muestra analizada. Se prohibe la reproducción parcial o total de este documento sin previa autorización del laboratorio de microbiología de BIOAGROPEC.
Rumiñahui, Aurora de Ramirez 506 y Manuela Saenz. Tel.: 2865279/0983313472. Email: bioagropec@gmail.com

Anexo I

Informe de resultados del análisis bromatológico.

CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.

AREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 23541-01-21-11-17-Q

Cliente:	Cartagena Beltran Edison Patricio
Representante:	Edison Cartagena
Dirección:	Panamericana Norte E14A y Simón Bolivar
Teléfono:	0987416612 FAX:
Identificación de la Muestra:	BIOL
Descripción de la Muestra:	Liquido turbio de color café
Contenido declarado:	500mL
No. Lote o código	ND
Fecha de elaboración:	ND
Fecha de caducidad:	ND
Conservación de la Muestra:	Ambiente
Muestreo:	Por el cliente

Fecha de toma de muestra:	ND
Fecha de recepción:	21-nov-2017
Fecha de ensayo:	28-30-nov-2017
Fecha de reporte:	04-dic-2017

Resultados analíticos: Pag.: 1 de 1

ENSAYO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
Humedad	POE: 5.4.93 AOAC 927.05	% p/p	95.41
*Proteína	POE: 5.4.91 AOAC 2001.11	% p/p	0.35
Grasa	POE: 5.4.94 AOAC 2003.06	% p/p	0.11
Ceniza	POE: 5.4.92 AOAC 923.03	% p/p	0.84
Fibra	AOAC 962.09	% p/p	0.04
Carbohidratos Totales	Cálculo	% p/p	3.25
Energía	Cálculo	K cal/ 100g	15.4

POE: (Procedimiento Interno)
AOAC: Association of Official Analytical Communities
*Factor de proteína 6.25

Ing. BQ. Paúl Veintimilla
CENTROCESAL Cía. Ltda.
RESPONSABLE DE ANALISIS

Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cía. Ltda.
RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

CENTROCESAL Cía. Ltda.

Notas:
ND: No declara
NA: No aplica

NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
NOTA 2: Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
NOTA 3: Muestras recibidas en el Laboratorio, CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis.
NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
NOTA 5: Las opiniones/interpretaciones/etc., que se puedan indicar, están FUERA del alcance de acreditación del SAE
NOTA 6: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio, corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 30 días contados desde que se entrega el resultado.

f.ref.:POE:5.10.1 Rev.:09 Anexo 1

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús
Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792
Fax: Ext. 102 Celular: 099649872
e-mail: info@centrocesal.com
www.centrocesal.com
QUITO - ECUADOR