



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN
BIOFERTILIZANTE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA
ESPECIE *Eichhornia crassipes* PROCEDENTE DE LA LAGUNA DE
LIMONCOCHA**

Realizado por:

EDISON PATRICIO CARTAGENA BELTRÁN

Como requisito para la obtención del título de:

MÁSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

OBJETIVOS

GENERAL

Obtener un biofertilizante a partir de la especie *Eichhornia crassipes* procedente de la laguna del Limoncocha, mediante un proceso de digestión anaerobio, para el desarrollo y estimulación del crecimiento vegetal.

ESPECÍFICOS

1. Determinar la cantidad de componentes nutritivos presentes en el biofertilizante, mediante un análisis bromatológico y compararlo con un biofertilizante comercial.
2. Comparar la efectividad del biofertilizante mediante la aplicación del mismo en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*).
3. Promover el uso de productos orgánicos en los procesos agrícolas de la región, mediante la difusión de la información generada en este proyecto.

HIPÓTESIS

Eichhornia crassipes después de ser sometido a un proceso de biodigestión anaerobia permitirá obtener un biofertilizante con alto valor nutritivo (nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos) que permita desarrollar y estimular el crecimiento vegetal (yemas, hojas y tamaño de la planta) promoviendo las actividades fisiológicas de las plantas.

INTRODUCCIÓN

Laguna del Limoncocha

Alta carga de micronutrientes (nitratos y fosfatos).

Aumento de eutrofización.

Especies favorecidas por la fácil asimilación (*E. crassipes*).



Figura Laguna de Limoncocha.

Problemas

- Disminución del intercambio de gases entre la atmósfera y la columna de agua y la intensidad de la luz solar.
- Disminución de niveles de oxígeno.
- Alta mortalidad de la población de especies de peces.
- Afecta la conservación de la biodiversidad.
- Bienestar de las comunidades humanas.

Métodos de control

Métodos inorgánicos (herbicidas)

Mecánicos

Biológicos (Ej. *Neochetina spp.*)

Digestión anaerobia para generación de bioles



Figura *E. crassipes* en la Laguna de Limoncocha.

- Abonos líquidos.
- Resultado de un proceso de biodigestión anaeróbico
- Obtención de biofertilizantes.

La cosecha de *E. crassipes* seguida de un proceso de biodigestión plantea ser una alternativa sostenible para el control actual, 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.



Figura Biofertilizante de *E. crassipes* y comercial.

Biofertilizante

Fertilizante orgánico natural

Mejora la calidad del suelo

Producto de la degradación anaerobia de la materia orgánica

Nutrición biológica de la planta

Eichhornia crassipes

Originaria de América del sur principalmente en las cuencas Amazónicas y de la Plata

Reproducción acelerada por medio de brotes laterales

Temperatura

Macro y micronutrientes

Constituida por el 90,4 % de humedad y alto contenido de nutrientes (N y P) contenido en proteína bruta y tejido fibroso

Tiene capacidad de absorber oligoelementos, propiedad que puede ser útil en diferente áreas.

Tabla 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

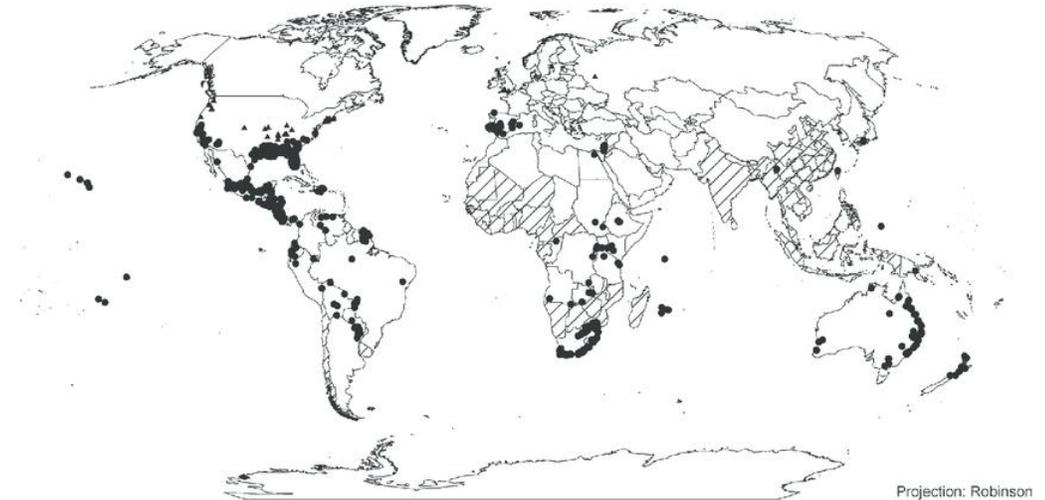


Figura La distribución global de *E. crassipes*, incluidas las poblaciones establecidas y casuales (Mellhorn, 2014).

Proceso de Biodigestión

Es un proceso biológico complejo, el cual es desarrollado por microorganismos anaerobios

El proceso de digestión anaerobia consta de cuatro fases:

- 1, Hidrólisis
- 2, Formación de ácidos
- 3, Formación de ácido acético
- 4, Formación de metano.

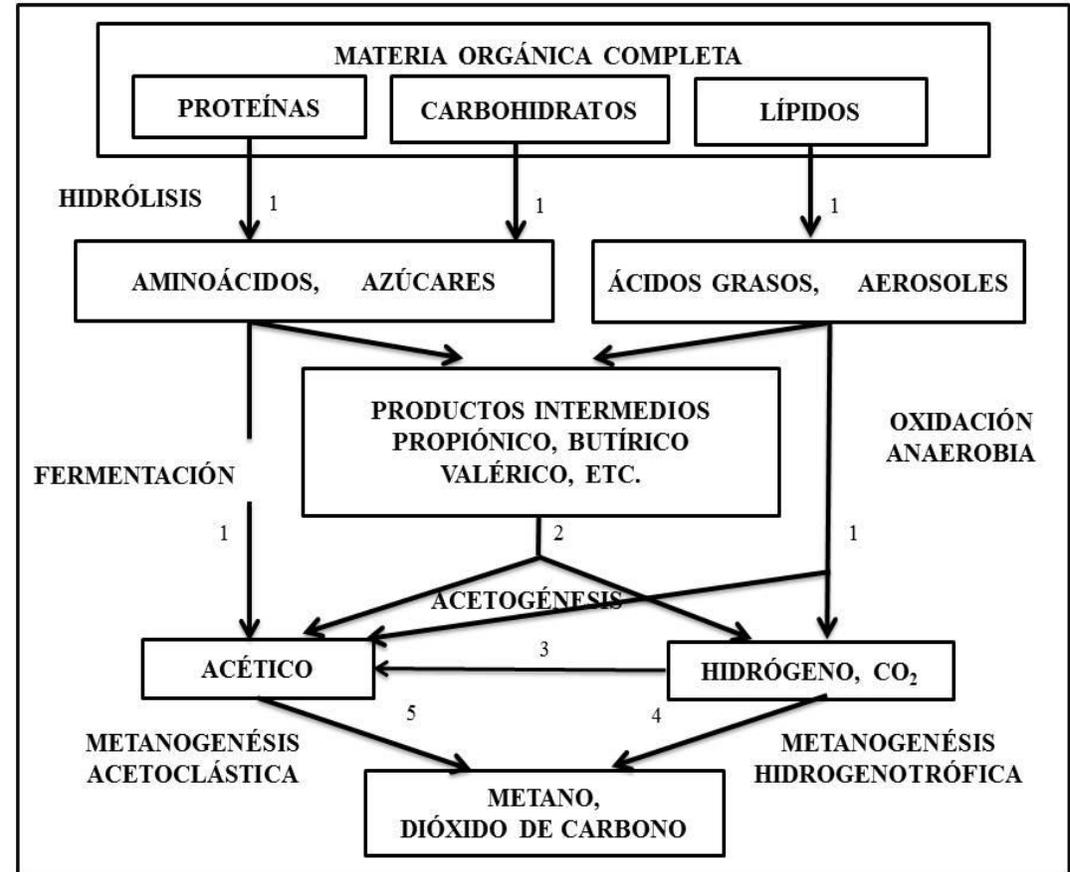


Figura Procesos metabólicos, biodigestión anaerobia (Rivera, 2003).

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 pueden ser absorbidos a través de la pared celular de las plantas (Rivera, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección del material vegetal (*E. crassipes*).

Ubicación:

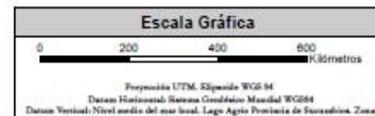
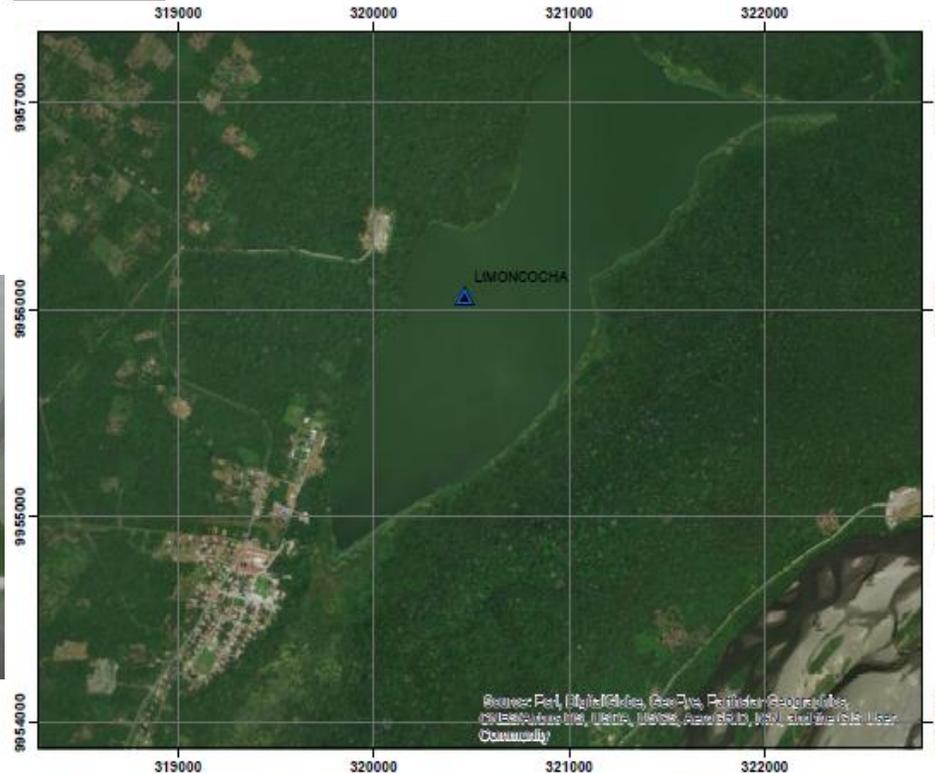
Reserva Biológica Limoncocha, en el sector nororiental de la Amazonía ecuatoriana.



Figura Ubicación de la laguna del Limoncocha, sitio de recolección del material vegetal.

MAPA ÁREA DE MUESTREO DE LA ESPECIE *E. CRASSIPES*.

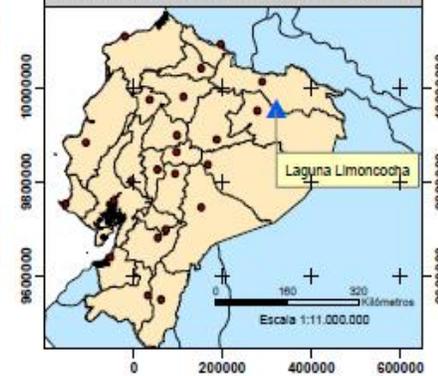
ZONA No: 18 Sur



Leyenda

▲ LIMONCOCHA

Ubicación General del Proyecto



		
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE PRODUCIDO A TRAVÉS DE LA ESPECIE <i>Eichhornia crassipes</i> PROCEDENTE DE LA LAGUNA DEL LIMONCOCHA		
DIRECTOR DEL PROYECTO: Doc. Pablo Castillejo		CODIGO HOJA TOPOGRAFICA IGM: P-III-C2 4292-3
ESCALA: 1:25.000	FECHA: Enero 2018	FUENTE: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014 Instituto Geográfico Militar, 2013.
Nº DE MAPA 01	GIS: Edison Cartagena	
OBSERVACIONES:		

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE LA ESPECIE E. CRASSIPES.

Procesamiento de material vegetal

El estudio se realizó en el laboratorio de la empresa BioAgropec S.A.

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui

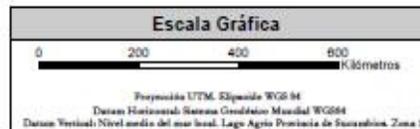
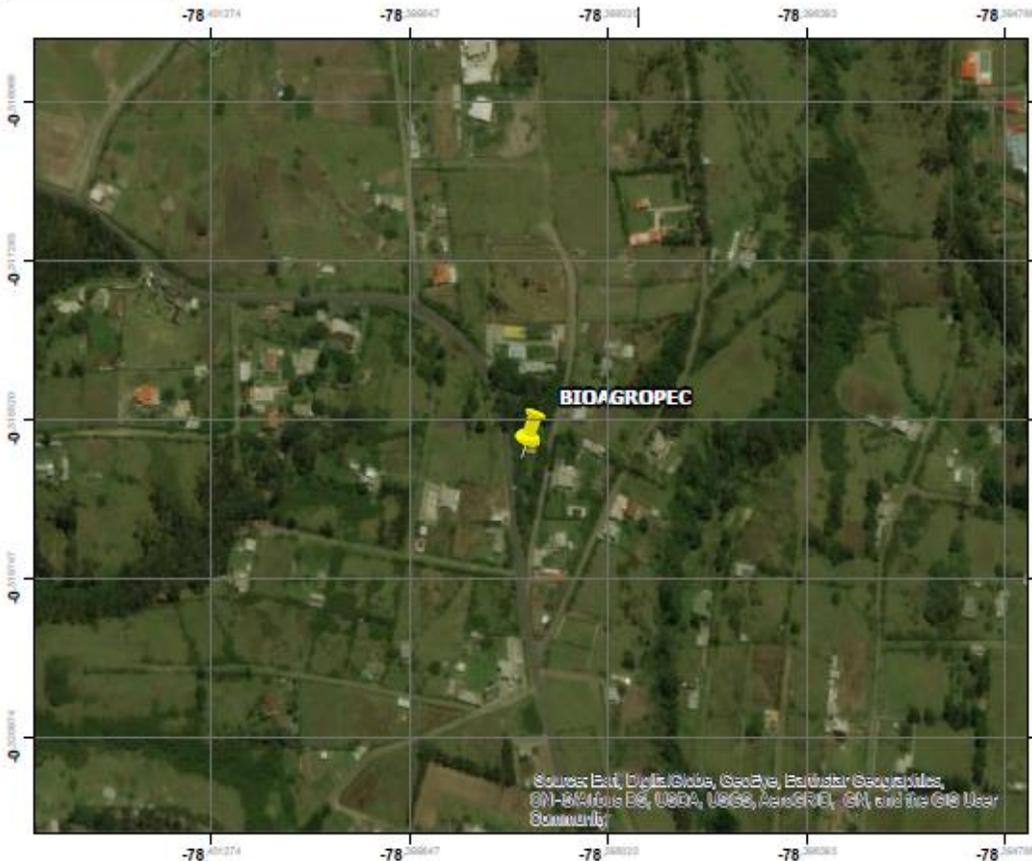
Parroquia: Pintag

Latitud: -0.366667

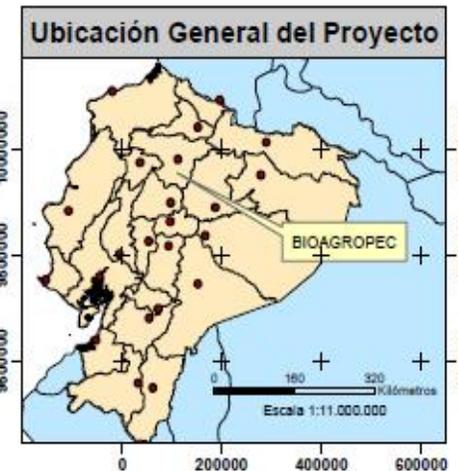
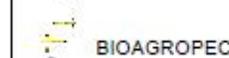
Longitud: -78.3833

Altitud: 2.613 msnm

ZONA No: 17 Sur



Leyenda



UNIVERSIDAD TECNOLOGICA		
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN BROFERTILIZANTE PRODUCIDO A TRAVÉS DE LA ESPECIE <i>Eichhornia crassipes</i> PROCEDENTE DE LA LAGUNA DEL LIMONCOCHA		
DIRECTOR DEL PROYECTO: Doc. Pablo Castillejo		CODIGO HOJA TOPOGRAFICA IGM: N-III-D1 3992-IV
ESCALA: 1:25.000	FECHA: Enero 2018	FUENTE: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014 Instituto Geográfico Militar, 2013.
N° DE MAPA: 02	GIS: Edison Cartagena	
OBSERVACIONES:		

Figura Ubicación del laboratorio de la empresa BioAgropec S.A.

Homogenización



Material
Vegetal



Trituración de material vegetal



Homogenización de material vegetal /
Mezcla inicial



Figura Proceso de trituración y homogenización de *E. crassipes*.

El material vegetal fue triturado y homogenizado en una licuadora industrial marca Camsco.

Biodigestión



Figura Proceso de biodigestión de *E. crassipes*.

La muestra homogenizada fue colocada en un biodigestor de 200 L de capacidad.

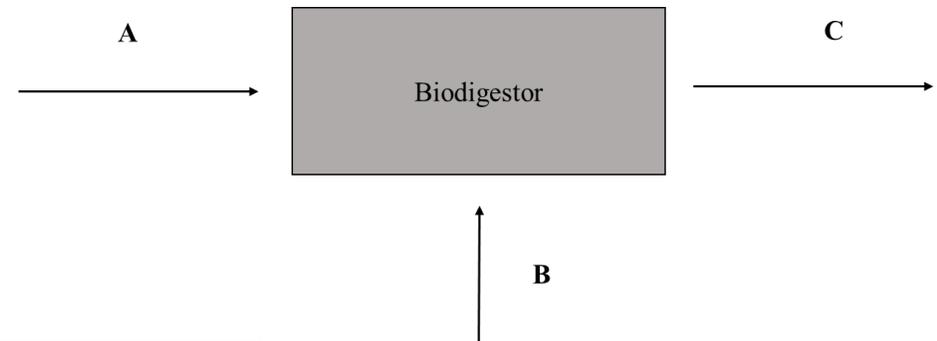
Se realizó el balance de masa para determinar los volúmenes de los insumos.

Se agregó el inóculo bacteriano de (*Lactobacillus* y *Pedicocouspentosaceus*), en volumen de (1.800 mL), correspondiente al 10 % del total aforado.

La mezcla tuvo un tiempo de retención de 21 días hasta su estabilización.

Tabla 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:

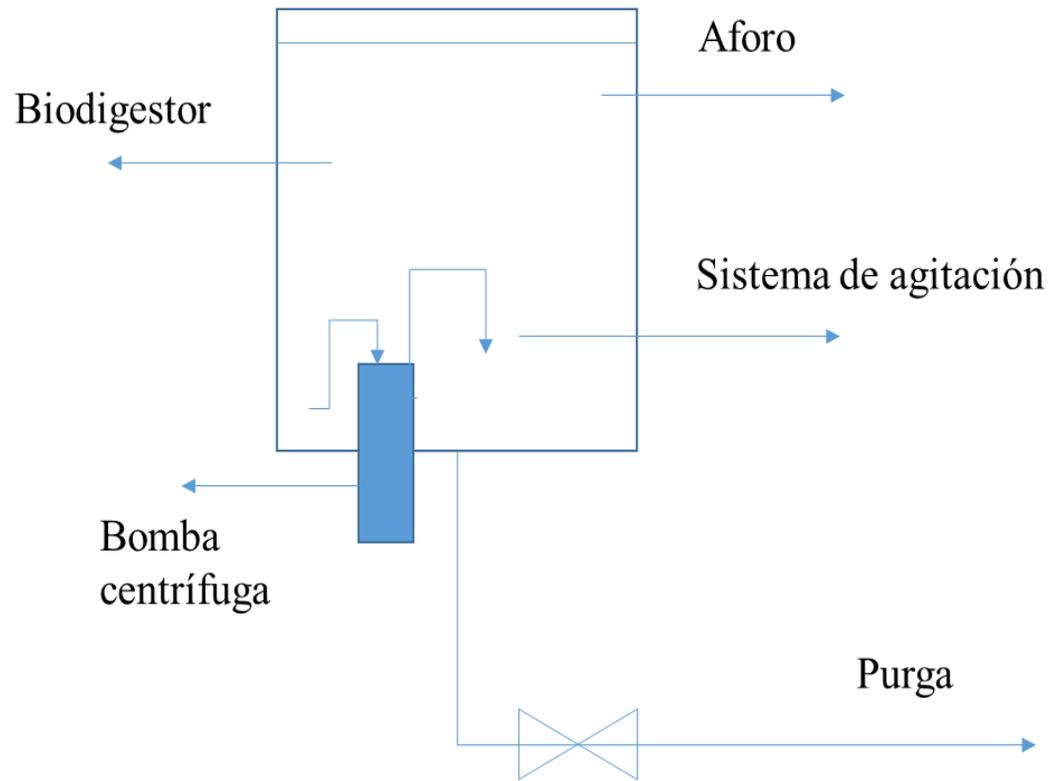
$$A + B \rightarrow C$$

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 Componentes del biodigestor.



Figura Componentes de Bidigestor.

Tiempo de retención de 21 días hasta su estabilización.

Agitación hidráulica de 30 minutos cada 8 horas por medio de una bomba centrífuga marca GOULDS de $\frac{1}{2}$ 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.

Comparación

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

- Número de yemas
- Numero de hojas
- Altura de las plantas



Figura Plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), por tratamiento.

Tabla Tratamientos planteados para determinar la efectividad del biofertilizante.

Biofertilizante	Volumen de biofertilizante (mL)	Volumen de agua (mL)	Aforo (mL)	Concentración (%)	Cod.
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.

Las variables fueron medidas semanalmente.

La unidad experimental estuvo conformada por bolsas negras de polietileno, rellenas con tierra negra y una plántula de tomate (*S. lycopersicum*)

La evaluación y comparación de los resultados fue determinado mediante pruebas paramétricas y no paramétricas.

Caracterización

El biofertilizante fue caracterizado mediante un análisis bromatológico en el Laboratorio de Análisis CentroCesal (SAE).

Los análisis para recuentos microbiológicos fueron realizados en el laboratorio de la empresa BioAgropec mediante el recuento de UFC.



Figura Muestra de biofertilizante de *E. crassipes*.

Aerobios totales	Mohos y levaduras
Coliformes fecales	<i>E. coli</i>
Bacterias fijadoras de nitrógeno	Bacterias solubilizadoras de fósforo

RESULTADOS

Caracterización del biofertilizante

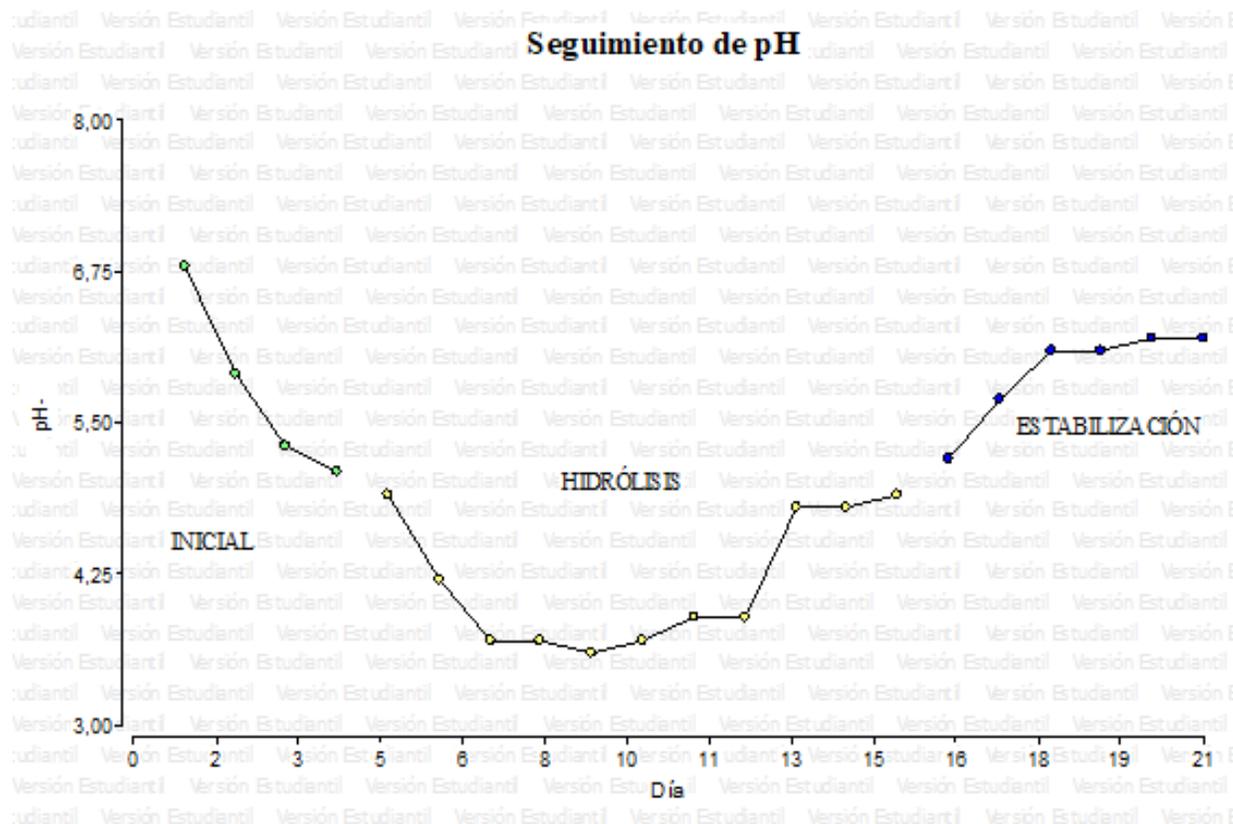


Figura pH durante el proceso de biodigestión para *E. crassipes* en un tiempo de retención de 21 días

Tabla 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)

Caracterización del biofertilizante

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

Tabla 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 x 10 ⁶
Mohos y levaduras	NTE INEN 1529-10:98	UFC / mL	1,5 x 10 ⁵
Coliformes totales	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / mL	<10
<i>E. coli</i>	NTE INEN-ISO 9308-3	UFC / mL	<10
Bacterias fijadoras de nitrógeno	Microbiological Examination 9245	UFC / g	1,3 x 10 ⁵
Bacterias solubilizadoras de fósforo	Microbiological Examination 9245	UFC / g	2,5 x 10 ⁵

UFC. (Unidades formadoras de colonia).

Fuente: Laboratorio de análisis microbiológico BioAgropec S.A.

Comparación de tratamientos

Número de hojas

Tabla Prueba de medias, LSD de Fisher con $\alpha= 0.05$, 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		
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

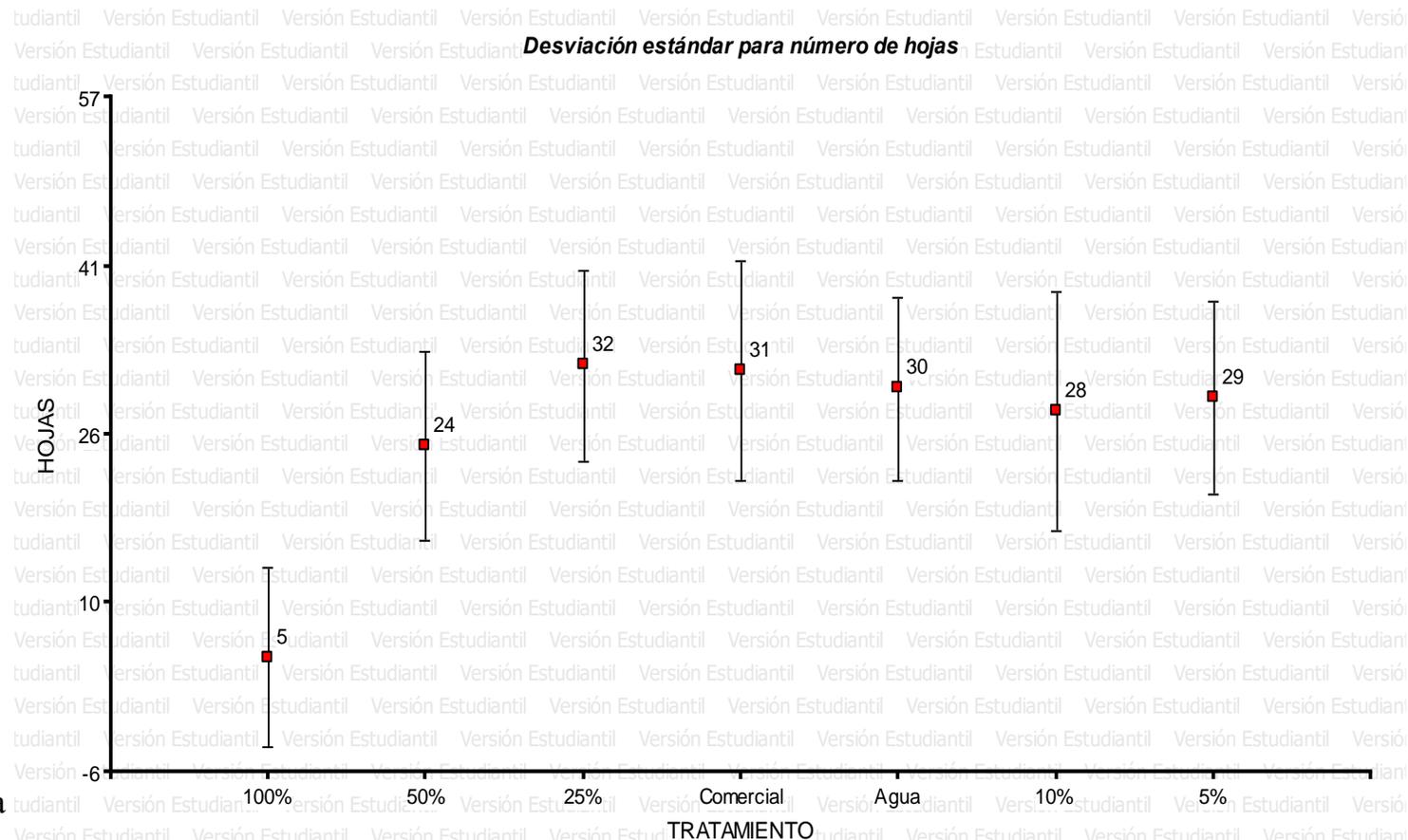


Figura Promedio del número de hojas por tratamiento evaluado. (Infostat estudiantil versión 2018)

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).

Comparación de tratamientos

Tamaño de las plantas

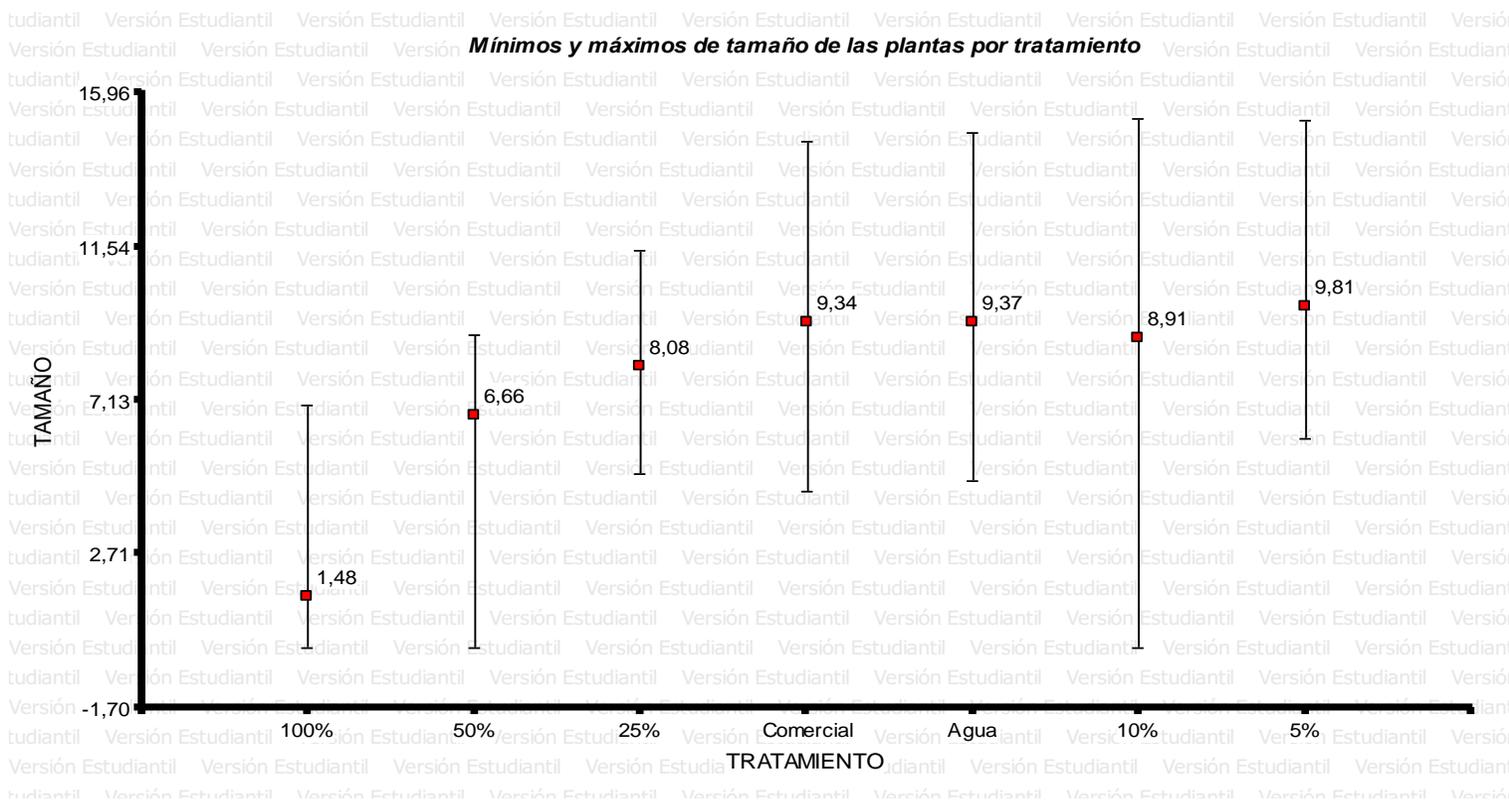


Figura Tamaño medio de las plantas con respecto al tratamiento evaluado.

Tabla Prueba de medias, LSD de Fisher con $\alpha= 0.05$, 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			
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

Se determinó que los tratamientos que presentaron las medias más altas correspondían al grupo A (tratamiento al 5 %, agua y comercial).

Comparación de tratamientos

Número de yemas

Tabla 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	
Comercial	6,1	234,82			C	D
25%	6,45	259,43				D

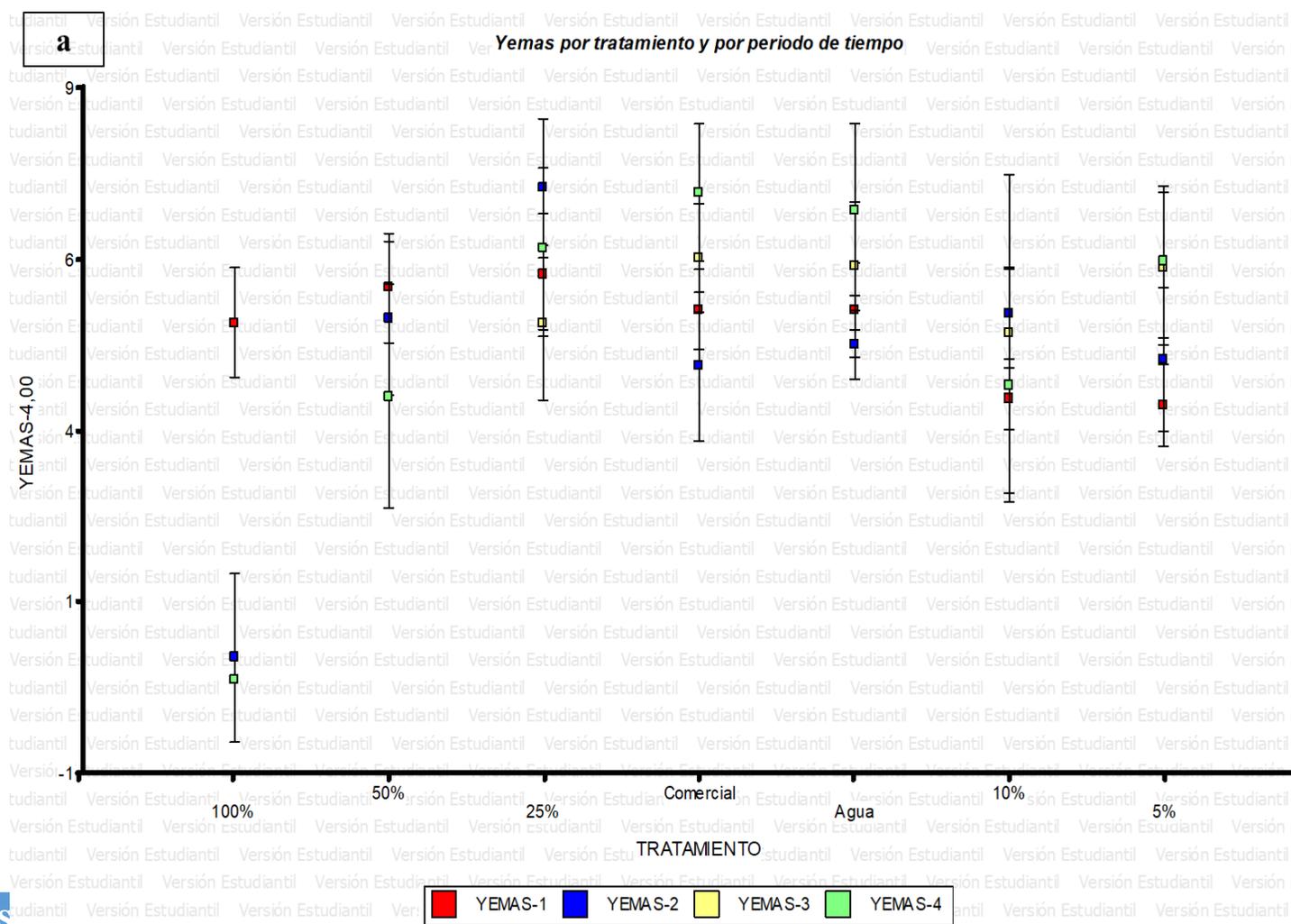


Figura Promedio del número de yemas por tratamiento y por tiempo de evaluación. (a) Desviación estándar para el incremento de yemas por tratamiento

El grupo D con los tratamientos con las medias más altas (agua, comercial y 25 %),



Tratamiento 1
(100 %)



Tratamiento 2
(50 %)



Tratamiento 3
(25 %)



Tratamiento 4
10 %



Comercial

Figura Tratamientos planteados para determinar la efectividad del biofertilizante.

CONCLUSIONES

1. 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.
2. 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.
3. 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.

4. 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.
5. 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.
6. 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.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere probar el biofertilizante en otras especies a fin de comprobar sus efectos.
2. 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.
3. 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.

4. 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.

5. 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.

MUCHAS GRACIAS

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 acuático (*Eichhornia crassipes*) en xochimilco para fitorremediación 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 Protection 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 biodigestores*.

Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos sólidos 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). Producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos mediante la implementación de un sistema biodigestor para la aplicación 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 Alimentación - 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](http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20agua-Eichhornia%20crassipes_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 Reducción de la Pobreza. *Memoria Del Taller*, (1), 111. Retrieved from http://www.fao.org/docs/eims/upload/230027/30476_es_RUTAtaller.pdf