

PRODUCCIÓN DE COMPOST A BASE DE LECHUGUÍN (*Eichornia crassipes*) UTILIZADO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAFARGE CEMENTOS S.A. Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*)

Autor: Edwin Fabián Enríquez Villacorte
Director de Tesis: Ing. Germán Terán
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
Carrera de Ingeniería Agropecuaria
Universidad Técnica del Norte
Ibarra-Ecuador
fabian_enriquez@outlook.com
Teléfono: 2909-075/0990121148

Recibido para evaluación: de Septiembre del 2013

Aceptado para publicación: de Septiembre del 2013

Resumen

La presente investigación se realizó en dos fases en el período 2011 – 2013. La FASE I tuvo lugar en las instalaciones de la empresa Lafarge Cementos S.A., en la comunidad de Perugachi en el km 7 ½ vía Selva Alegre, cantón Otavalo, Provincia de Imbabura. La FASE II tuvo lugar en la Granja Experimental "La Pradera", Parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura. Ante la necesidad de dar tratamiento adecuado al lechuguín contaminado que resulta del tratamiento de aguas residuales de Lafarge Cementos, se plantea esta investigación cuyo objetivo en la FASE I fue producir compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales y en la FASE II, evaluar su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). En la Fase I se puso a prueba tres tratamientos T1 (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, estiércol bovino seco), T2 (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, residuos vegetales (cocina)), T3 (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, paja de páramo). En los resultados obtenidos de esta investigación en la FASE I, se determina que el T1 es el mejor alcanzando una temperatura promedio de 28,83 °C, en rendimiento a la cosecha 0,31 m³, además 1,31% de Ca, 0,17% de P, 0,27% de Mg, 0,3% de K, 3,02% de Na y 0,35% de Nitrógeno. En cuanto a contenido de TPH y metales pesados los resultados fueron que a excepción de As, B y Hg los valores promedio (T1, T2, T3) del compost no sobrepasan los límites máximos permisibles expuestos en el TULSMA. En la FASE II se pusieron a prueba 5 tratamientos resultantes de tres dosis del compost de mejor calidad obtenido en la FASE I más un testigo químico y un testigo absoluto sin fertilización. Se evaluó la sobrevivencia de las plantas de lechuga obteniendo un promedio de 47,65 plantas vivas por unidad experimental. Con la aplicación de 12 tm/ha AO (T3), 9 tm/ha AO (T2), 6 tm/ha AO (T1) y el testigo químico (T4), los rendimientos fueron mejores alcanzando un peso promedio por planta de 1,17 kg, 1,04 kg, 0,94 kg y 0,86 kg respectivamente. Para los contenidos de TPH y metales pesados analizados en las plantas, el T3 es el que menor valor posee, ubicándose por muy debajo de los valores máximo permisible según el TULSMA, siendo este el mejor.

Palabras claves: Lechuguín, Compost, TPH, TULSMA.

Abstract

This research was conducted in two stages over the period 2011-2013. Stage I took place in the premises of the company Lafarge Cementos SA, Perugachi community, at km 7½ on the road to Selva Alegre, Otavalo Canton, Imbabura Province. Stage II took place at the Experimental Farm "La Pradera", San Jose de Chaltura, Antonio Ante Canton, Imbabura Province. Given the need to provide adequate treatment to polluted lechuguín (*Eichornia crassipes*) resulting from wastewater treatment at Lafarge Cement, Inc., this research is proposed with the goal in Stage I of producing compost based in the lechuguín used in the treatment of wastewater, and in Stage II, assess its effect on the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa L.*). In Stage I, three treatments were tested; T1 (lechuguín, deadwood removal and pruning waste, agricultural land, dry cattle manure), T2 (lechuguín, deadwood removal and pruning waste, agricultural soil, plant residues (from cooking)), T3 (lechuguín, deadwood removal and pruning waste, agricultural land, highland moorland's straw). In the results obtained by this research in Stage I, it was determined that T1 is the best, reaching an average temperature of 28.83 °C, yield at harvest of 0.31 m³, and 1.31% Ca, 0.17% of P, 0.27% Mg, 0.3% K, 3.02% Na and 0.35% N. In terms of content of TPH and heavy metals, the results were that, with the exception of As, B and Hg, the average values (T1, T2, T3) of compost do not exceed the maximum permissible limits set in TULSMA. In Stage II, 5 treatments were tested resulting from three doses of the best quality compost obtained in Stage I, plus one chemical control and one absolute control without any fertilization. We assessed the survival of lettuce plants, obtaining an average of 47.65 live plants per experimental unit. With the application of 12 metric tons (mT)/ha AO (T3), 9 mT/ha AO (T2), 6 mT/ha AO (T1) and the chemical control (T4), the yields were best, reaching an average weight per plant of 1.17 kg, 1.04 kg, 0.94 kg and 0.86 kg respectively. For TPH and heavy metals contents in the plants analyzed, the T3 has the lowest value, ranking well below maximum allowable values according to TULSMA, thus being this one the best.

Keywords: Lechuguín, Compost, TPH, TULSMA.

1. Introducción

La contaminación del medio ambiente constituye uno de los problemas más críticos en el mundo actual. El manejo inadecuado de los residuos orgánicos ha provocado impactos ambientales negativos, el incremento de la población humana y el creciente desarrollo industrial ha producido grandes daños al planeta.

Las industrias contribuyen de manera importante a la economía mundial, las actividades que realizan pueden provocar de una u otra forma cambios en el entorno, pero no por ello se debe paralizar el desarrollo ni eliminar la producción, sino por el contrario, existen cada vez mejores opciones para que las industrias sean respetuosas con el medio ambiente.

El agua es una sustancia fundamental en muchos procesos industriales que luego de ser utilizada se convierte en aguas residuales. La depuración de estas aguas se ha transformado en una necesidad imperiosa de la sociedad moderna debido al peligro que significa no tratarlas. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo los métodos convencionales para su tratamiento son impracticables, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, de aquí la necesidad de buscar métodos de bajo costo en los que se pueda obtener algún subproducto.

La mayoría de industrias en el Ecuador han implementado en sus procesos de tratamiento de aguas residuales la utilización de plantas acuáticas buscando reducir los niveles de contaminación. Las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos (Lord, R. 1982). *Eichhornia crassipes* es una planta acuática de raíces sumergidas muy extensas, es conocida más comúnmente con el nombre de “lechuguín”, tiene la capacidad de reproducirse de una manera muy acelerada y abundante y es una de las plantas acuáticas más utilizadas para este propósito.

Eichhornia crassipes es un organismo fitoacumulador de metales pesados en donde la mayor concentración de inorgánicos se localizan en la raíz y hoja. De modo que es posible aprovechar al lechuguín para separar metales tanto en forma natural desde el agua y/o sedimentos, como a través de procesos de bioreducción aprovechando la biomasa de la planta para sintetizar nanopartículas metálicas. Cedeño, Tellez, Pacheco, Rosano & Ascencio (2009).

Lafarge Cementos S.A. una de las grandes industrias ecuatorianas, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, en el cual se utiliza al lechuguín como depurador para reducir los niveles de contaminación. De la misma forma, requiere implementar un manejo adecuado para el lechuguín resultante de este proceso, por lo que financió esta investigación que consistió en aplicar la técnica de compostaje buscando de esta manera transformar al lechuguín contaminado en un recurso.

Es por eso que el objetivo general de esta investigación fue:

Producir compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A., y evaluar su efecto en el cultivo de lechuga.

Los objetivos específicos fueron: 1. Evaluar el proceso de degradación de los diferentes residuos orgánicos (lechuguín), considerando la temperatura y rendimiento a la cosecha. 2. Establecer la calidad del compost obtenido considerando contenido de nutrientes de cada uno de los tratamientos. 3. Determinar y evaluar el contenido de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) de cada tratamiento al final del proceso de descomposición. 4. Evaluar el efecto de la aplicación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga, considerando los contenidos de TPH, metales pesados y rendimiento a la cosecha.

De esta investigación se concluyó que es posible producir compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos y que la aplicación de este compost es adecuado para el cultivo de lechuga. Entregado así, una solución al problema formado por el lechuguín contaminado resultante del tratamiento de aguas residuales.

2. Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en dos fases, la primera tuvo lugar en el área de medio ambiente de la planta industrial Lafarge Cementos S.A., y consistió en la producción del compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.

La segunda fase consistió en evaluar el efecto de la aplicación de este compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Esta fase se ejecutó en los predios de la granja experimental “La Pradera”.

Los materiales utilizados en la primera fase para la producción del compost y materiales usados en la segunda fase durante el cultivo de lechuga fueron: Trinchas, palas, rastrillos, azadones, machetes, carretilla, manguera, bomba, rótulos de identificación, termómetro, Ph-metro, balanza gramera, piola, flexómetro, martillo, regadera, zaranda, cubetas de 20 litros, sacos, báscula, gavetas, navaja. Como insumos: Lechuguín, residuos de animales (estiércol bovino), residuos vegetales (maleza, kikuyo, paja, desperdicios de hortalizas y frutas), biofertilizante (biol modificado), semilla de lechuga, fertilizantes (urea, sulfomag), y productos fitosanitarios. Para la primera fase los factores en estudio estuvieron dados por las tres mezclas de diferentes materiales orgánicos con lechuguín que conformaron cada composta. Se estudiaron tres tratamientos de compostaje, utilizando los sustratos para las mezclas T1- composta a (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, estiércol bovino seco), T2 -composta b (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, residuos vegetales (cocina)), T3 -composta c (lechuguín, residuos de rameo y poda, suelo agrícola, paja de páramo). Se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A.) con tres tratamientos y seis repeticiones con un total de 18 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por una superficie de 104,00 m². Longitud 1,00 m, Ancho 1,00 m, altura 1,00 m, espacio de volteo 1,50 m.

Para la segunda fase los factores en estudio fueron dados por tres dosis del compost de mejor calidad (composta a) obtenido en la primera fase, un testigo químico y un testigo absoluto sin fertilización. Los tratamientos fueron formados de la siguiente manera T1 = 6 tm/ha AO, T2 = 9 tm/ha AO, T3 = 12 tm/ha AO, T4 = Testigo Químico, T5 = Testigo Absoluto: Sin fertilización*

AO = Abono Orgánico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A.) con 4 tratamientos y 5 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 8,4 m^2 (4,2m x 2m), con un total de 20 unidades experimentales, distanciadas a 0,35 m entre plantas y 0,50 m entre surcos, obteniendo así 4 surcos, compuestos de 12 plantas cada uno, dando un total de 48 plantas por cada unidad experimental. La superficie total del experimento fue de 420 m^2 , con un tamaño bloque de 42 m^2 .

3. Resultados

Los resultados obtenidos en la Fase I Producción de compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A., en cuanto a temperatura, rendimiento del compost y contenido de TPH en las composteras tenemos:

El tratamiento uno T1 (composta a) con un promedio de 28,83 °C alcanza el promedio de temperatura más alto debido a que se observó que al usar estiércol bovino en este tratamiento existía una mejor relación C/N. Benzing A. (2001) menciona que, la actividad de los microorganismos del estiércol aumenta, cuando se mezcla con paja, rastrojos y/o forraje desperdiciado, porque de esta manera contiene más carbono orgánico como fuente de energía.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para rendimiento de compost base de lechuguín, se observa que el tratamiento T1 (compost a), ocupa el primer rango con un valor promedio de 0,31 m^3 determinando que la materia orgánica utilizada para esta pila de compostaje proporciona un mayor rendimiento a razón de que el estiércol bovino tuvo un mínimo de contenido de H₂O dejando mayores rendimientos a la cosecha. Tanto el T1 como los demás tratamientos partieron de 1,00 m^3 de materiales a compostar al momento de la formación de la pila de compost.

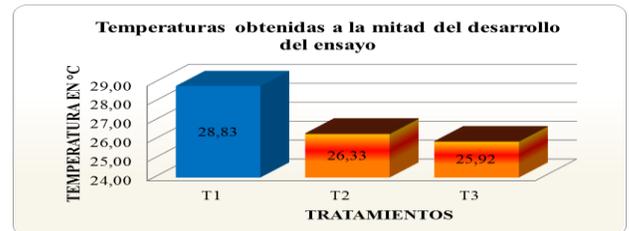


Fig. 1. Promedio de temperaturas obtenidas a la mitad (semana 7 y 8) del proceso de descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

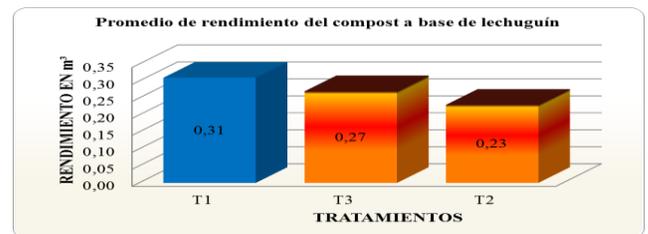


Fig. 2. Promedio de rendimiento del compost a base de lechuguín

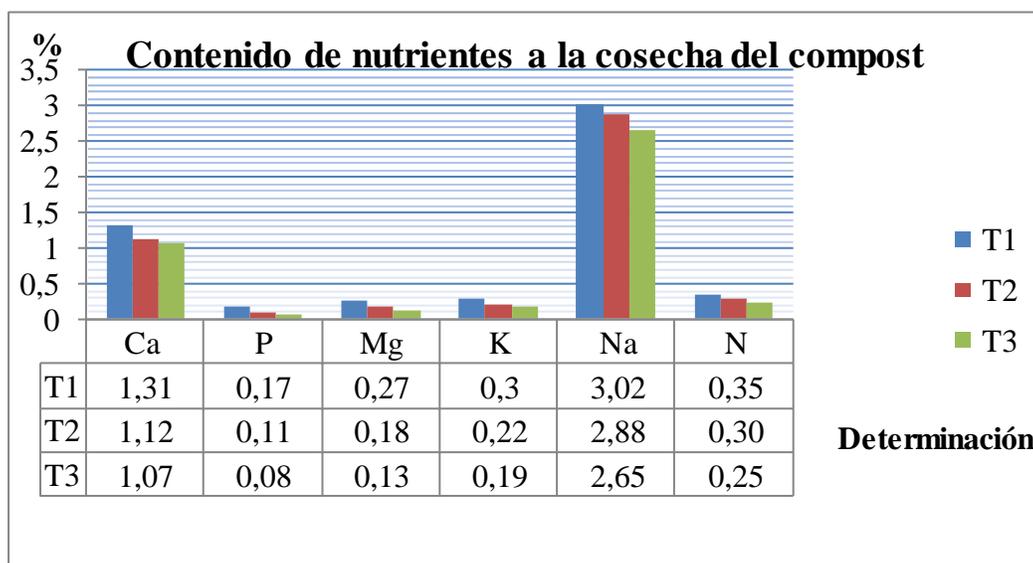


Fig. 3. Resultados de los análisis químicos de % de Ca, P, Mg, K, Na y N en los tres tratamientos a la cosecha del compost.

En la (Figura 3), se muestran los valores en % de contenido de nutrientes de cada una de las tratamientos, siendo el T1 (composta a) el de mejor calidad alcanzando los valores de Ca 1,31 %, P 0,17 %, Mg 2,27%, K 0,3 %, Na 3,02 % y Nitrógeno 0,35 %.

Tabla 1. Nutrientes de los tratamientos y del suelo según análisis químicos y requerimiento nutricional del cultivo de lechuga

ELEM.	T1 COMPOSTA A		T2 COMPOSTA B		T3 COMPOSTA C		REPORTE ANÁLISIS DE SUELO	REQUER. NUTRI. PARA EL CULTIVO DE LECHUGA
	INICIO	COSECHA	INICIO	COSECHA	INICIO	COSECHA		
	Ppm							
N		3500,00		3000,00		2500,00	47,00	66,50
P	2600,00	1700,00	1000,00	1100,00	700,00	800,00	75,00	28,50
K	5200,00	3000,00	2800,00	2200,00	2500,00	1900,00	277,61	144,00
Ca	12800,00	13100,00	18000,00	11200,00	18400,00	10700,00	1940,00	17,50
Mg	4400,00	2700,00	6500,00	1800,00	3200,00	1300,00	425,60

En la (Tabla 1) se muestran los contenidos de nutrientes de las compostas a inicio, a la cosecha y el reporte del suelo, también se observa el requerimiento nutricional del cultivo de lechuga. En el caso del N el contenido del suelo es menor al que requiere el cultivo, por lo que fue necesario incorporar 37 kg/ha (18,50 ppm) de Nitrógeno. Para el P, K, Ca y Mg no se realizaron aplicaciones de los mismos, debido a que los valores de estos nutrientes en el suelo son superiores a los que requiere el cultivo de lechuga.

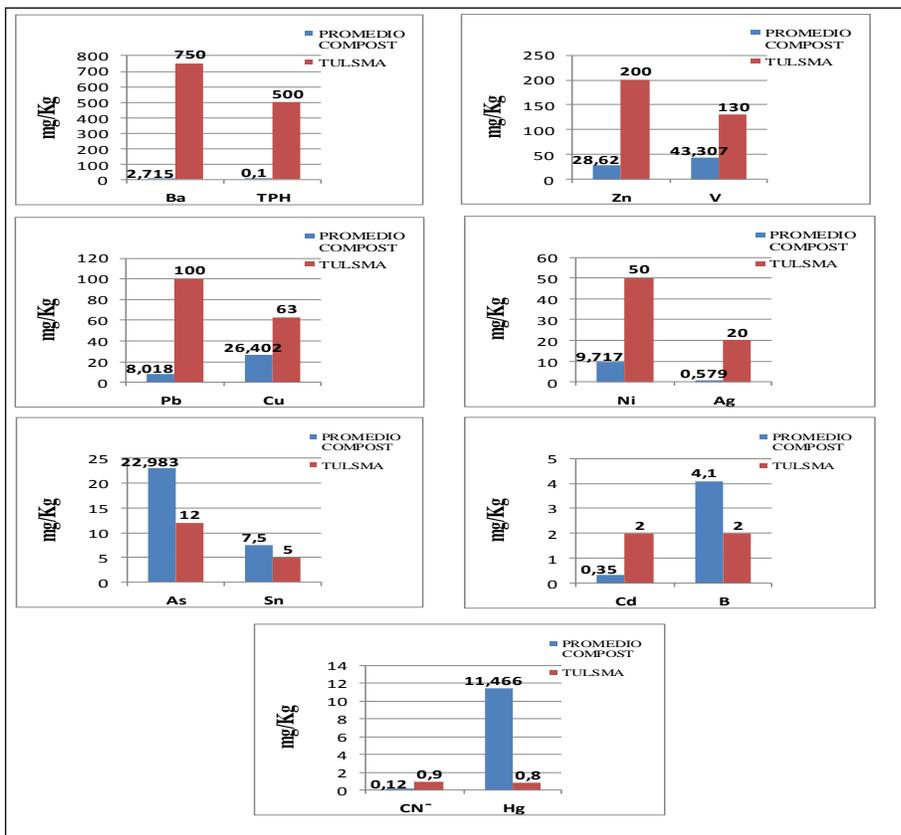


Fig. 4. Comparación del valor promedio resultante de los análisis químicos de las pilas de compostajes con los límites máximos permisibles según el TULSMA.

En la (Figura 4), se muestran los contenidos de TPH y metales pesados de las compostas a base de lechuguín comparados con los límites máximos permisibles según el TULSMA, logrando determinar que a excepción del As, B y Hg los valores promedio del compost (suelo) no sobrepasan los límites máximos permisibles expuestos en el TULSMA.

Tabla 2. Contenido de As, Sn, B y Hg en el agua antes y después del tratamiento de aguas residuales y en el lechuguín resultante de este proceso.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO				RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LECHUGUÍN UTILIZADO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		
DETARMINACIÓN (mg/l)	PROMEDIO AGUA AT	PROMEDIO AGUA DT	TULSMA	DETARMINACIÓN (mg/kg)	PROMEDIO LM	TULSMA
Arsénico	< 0,03	< 0,03	0,1	Arsénico	0,036	12
Estaño	< 0,15	< 0,15	5,0	Estaño	< 5	5
Boro	< 0,1	< 0,1	2,0	Boro	< 3,16	2
Mercurio	< 0,05	< 0,05	0,005	Mercurio	< 0,006	0,8

En la (Tabla 2) se observa que los contenidos de As, Sn, B y Hg en el agua residual no sobrepasan los límites máximos permisibles según el TULSMA. De igual manera los valores de contaminantes en el lechuguín resultante de este proceso se muestran por debajo de los límites. En base a estos resultados se determina que el lechuguín utilizado en el tratamiento de aguas residuales no es el causante de que en el compost obtenido se presenten valores de contaminantes elevados.

Los resultados obtenidos en la FASE II. Evaluación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*), en cuanto al promedio de peso de las plantas de lechuga.

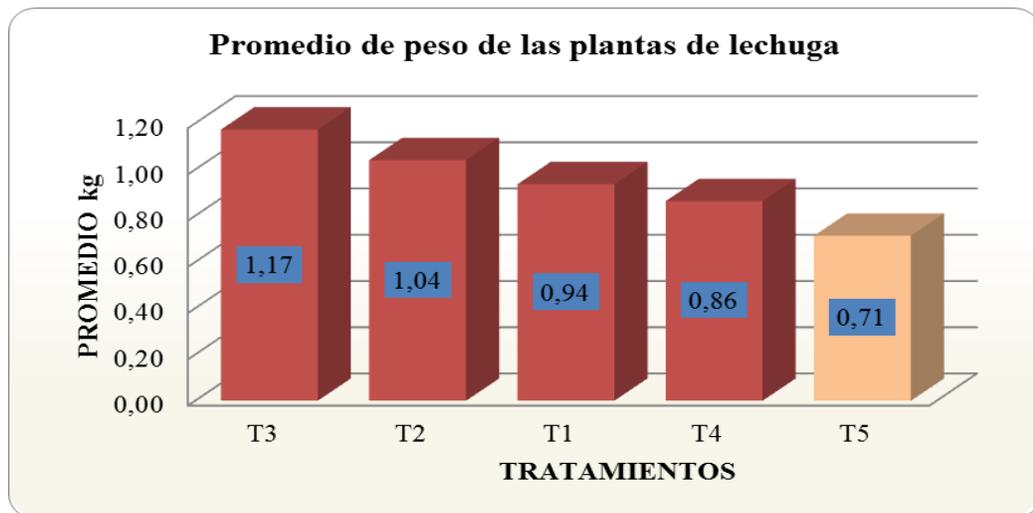


Fig. 5. Promedio de peso de las plantas de lechuga a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín.

4. Conclusiones

FASE I: Producción del compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.

- ✓ El tratamiento uno T1 (composta a), es el mejor, pues alcanzó una temperatura de 28,83 °C en el segundo mes de descomposición. En cuanto al rendimiento a la cosecha del compost, el T1 obtuvo el promedio más alto de 0,31 m³.

Asimismo, en contenidos de nutrientes el tratamiento uno T1, presenta valores de Ca 1,31 %, P 0,17 %, Mg 0,27 %, K 0,3 %, Na 3,02 % y Nitrógeno 0,35 %.

- ✓ Siendo los contenidos de TPH y metales pesados uno de los factores más relevantes en esta investigación los resultados expuestos por los análisis determinan que, a excepción de As, B y Hg los valores promedio (T1, T2, T3) del compost (suelo) no sobrepasan los límites máximos permisibles expuestos en el libro VI del TULSMA.
- ✓ En base a los estudios y análisis realizados a cada uno de los tratamientos y haciendo referencia a los contenidos de As, B y Hg determinados en el lechuguín (Cuadro 20), donde se observa que el lechuguín no es el factor que eleva los valores de estos contaminantes en el compost y se comprueba la hipótesis alternativa demostrando que es posible producir compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.

FASE II: Luego de la aplicación del abono orgánico (compost) a base de lechuguín en el cultivo de lechuga, se concluye:

- ✓ Con la aplicación de T3 (12 tm/ha AO), T2 (9 tm/ha AO), T1 (6 tm/ha AO) y el T4 (testigo químico), los rendimientos fueron los mejores, alcanzando un peso promedio por planta de 1,17 kg, 1,04 kg, 0,93 kg y 0,86 kg respectivamente, en cuanto al diámetro de la cabeza de la lechuga no se detectó diferencia entre tratamientos, obteniendo un promedio de 12,42 cm. Así mismo, para la sobrevivencia de las plantas de lechuga no existió diferencia entre tratamientos, consiguiendo un promedio de 47,65 plantas de lechuga vivas por unidad experimental.
- ✓ Para los contenidos de TPH y metales pesados analizados en las plantas de lechuga al momento de la cosecha se determinó que el T3 (12 t/ha AO) es el mejor, pues contiene 0,303 mg/kg de As, 0,9 mg/kg de P y 67,88 mg/kg de TPH, ubicándose por muy debajo de los valores máximo permisible según el libro VI del TULSMA.
- ✓ De los estudios y análisis realizados a cada uno de los tratamientos se comprobó la hipótesis alternativa demostrando que la aplicación del compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A, es adecuado para el cultivo.

5. Agradecimientos

6. Referencias Bibliográficas

- ✓ Coronado, M. (1998). Manual de prevención y minimización de la contaminación industrial. Panorama editorial. México. P. 53-69, 105-115
- ✓ Cedeño, P.; Tellez, D; Pacheco, F.; Rosano, G.; Ascencio, J. (2009). Química y fitoremediación de la presa Manuel Ávila Camacho “Valsequillo”, Puebla, PUE. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de Puebla, A.C.
- ✓ Fernández, R. Gómez, J. Estrada, I. (2004). Compost legislation: Sanitation vs. Biological quality. I International Conference Soil and Compost Eco-biology, P. 167-183.
- ✓ INCA-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (2012). Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. Cultivos Tropicales. Cuba, no. 2, P. 5-12
- ✓ León, M; Lucero, A. (2008). Estudio de *Eichhornia crassipes* y *Azolla foliculoides* en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón Cotacachi. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte Ibarra – Ecuador. P. 92 – 94
- ✓ Rodríguez, F. (2005). Biotecnología ambiental, degradación natural. Editorial TEBER, S.L. Madrid. P. 127
- ✓ Solms, M. (1883). Instituto de Biología. *Eichhornia crassipes*. Colecciones Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

LINCOGRAFÍA

- ✓ ATSDR (2002). Contaminación por THP. Recuperado el 2012 de http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html
- ✓ Díaz, A. (2003). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. CATICE de Gandía. Secretaría General de Comercio Exterior. Secretaria de estado de turismo y comercio Union Europea.
- ✓ TULSMA (2003) Tratado unificado de Legislación secundaria de medio ambiente. Libro VI. Anexo II. Recuperado el 2011 de <http://www.basf.com.ec/pdf/DOCFINAL2008.pdf>
- ✓ UNIVERSIDAD DEL VALLE (2006). Estanques de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para tratamiento de residuos industriales. Recuperado el 2011 de <http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-de-jacinto/estanques-de-jacinto2.shtml>