



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

## **ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**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.)**

**Tesis previa a la obtención del Título de:**

**Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR: Edwin Fabián Enríquez Villacorte**

**DIRECTOR: Ing. Germán Terán**

**Ibarra – Ecuador**

**2013**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

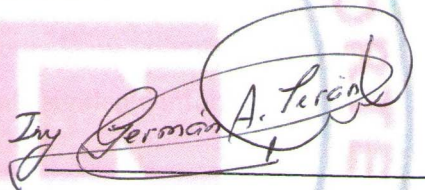
**PRODUCCIÓN DE COMPOST A BASE DE LECHUGUÍN (*Eichornia  
crassipes*) UTILIZADO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
EN LAFARGE CEMENTOS S.A. Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

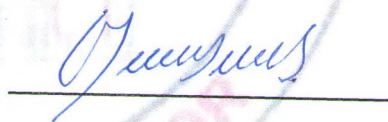
**APROBADA**

Ing. Germán Terán  
Director de Tesis



Handwritten signature of Ing. Germán Terán in black ink, with a horizontal line underneath.

Ing. Raúl Castro  
Tribunal de Grado



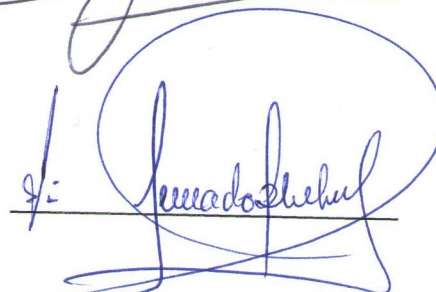
Handwritten signature of Ing. Raúl Castro in blue ink, with a horizontal line underneath.

Dr. Marcelo Dávalos  
Tribunal de Grado



Handwritten signature of Dr. Marcelo Dávalos in black ink, with a horizontal line underneath.

Dr. Amado Ayala  
Tribunal de Grado.



Handwritten signature of Dr. Amado Ayala in blue ink, with a horizontal line underneath.

**Ibarra – Ecuador  
2013**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO 1         |                                                  |                        |            |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|------------|
| <b>Cédula de identidad:</b> | 100276503-8                                      |                        |            |
| <b>Apellidos y nombres:</b> | Enríquez Villacorte Edwin Fabián                 |                        |            |
| <b>Dirección:</b>           | Atuntaqui, Av. Luis Leoro Franco 15-28 y Salinas |                        |            |
| <b>Email:</b>               | Fabian_enriquez@outlook.com                      |                        |            |
| <b>Teléfono fijo:</b>       | 062909-075                                       | <b>Teléfono móvil:</b> | 0990121148 |

| DATOS DE LA OBRA                   |                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título:</b>                     | “Producción de compost a base de lechuguín ( <i>eichornia crassipes</i> ) utilizado en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A. y su efecto en el cultivo de lechuga ( <i>lactuca sativa l.</i> )”. |
| <b>Autor:</b>                      | Enríquez Villacorte Edwin Fabián                                                                                                                                                                                    |
| <b>Fecha:</b>                      | 27 de junio del 2013                                                                                                                                                                                                |
| <b>Solo para trabajos de grado</b> |                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Programa:</b>                   | Pregrado                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Título por el que opta:</b>     | Ing. Agropecuario                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Director:</b>                   | Ing. Germán Terán                                                                                                                                                                                                   |

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Enríquez Villacorte Edwin Fabián, con cédula de ciudadanía Nro. **100276503 - 8**; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 143.

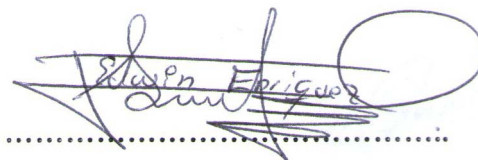
## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 27 de Junio del 2013

**EL AUTOR:**

**ACEPTACIÓN:**



Edwin Fabián Enríquez Villacorte  
C.I.: 100276503-8

.....  
Ing. Betty Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Edwin Fabián Enríquez Villacorte**, con cédula de identidad Nro. 100276503-8; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada **“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.)”**, que ha sido desarrolla para optar por el título de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Edwin Fabián Enríquez Villacorte

C.I.: 100276503-8

Ibarra, a los 27 días del mes de Junio del 2013

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

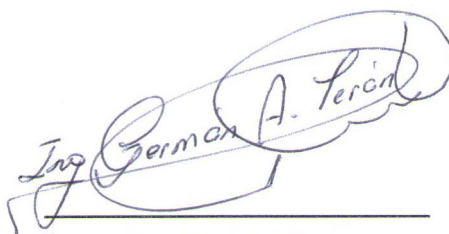
Fecha: 27 de Junio del 2013

**ENRÍQUEZ VILLACORTE EDWIN FABIÁN:** “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.)” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria Ibarra. EC. Junio del 2013. 113 páginas y 9 anexos.

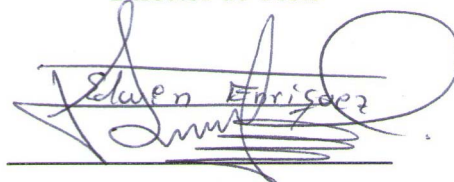
**DIRECTOR: Ing. Germán Terán**

El objetivo principal de la presente investigación fue: producir compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A., y evaluar su efecto en el cultivo de lechuga. Entre los objetivos específicos se encuentra: el evaluar la relación calidad del agua tratada vs producción de lechuguín. Además, se determinó y evaluó el contenido de nutrientes y de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) de cada tratamiento al inicio y al final del proceso de descomposición, determinando cuál de las combinaciones dio como resultado un compost adecuado para el uso agrícola; igualmente, se evaluó el rendimiento y calidad del compost obtenido de las diferentes combinaciones; Asimismo, se evaluó el efecto de la aplicación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga.

Fecha: 27 de Junio del 2013



Ing. Germán Terán  
Director de Tesis



Enríquez Villacorte Edwin Fabián  
Autor

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres que con mucho esfuerzo e infinito amor supieron guiarme en el camino del estudio, por ser el pilar que me ha sostenido para alcanzar todos mis objetivos y metas.*

*A mi amada esposa gracias por su comprensión apoyo y amor incondicional. A mis hermanos y familiares que han sabido apoyarme día tras día con paciencia y sabiduría en mi anhelo de superación. A ellos dedico esta investigación, fruto del trabajo y esfuerzo constante.*

**Fabián Enríquez**

## AGRADECIMIENTO

*A Dios que bajo su voluntad me brindó la oportunidad de cumplir con mi más anhelado sueño; a mis padres por estar siempre a mi lado; A mi amada compañera de vida, mi esposa y amiga mil gracias por acompañarme en este proceso, por todo tu amor, tu comprensión, paciencia y fortaleza.*

*Mi eterna gratitud a la empresa Lafarge Cementos S.A. por brindarme su confianza y financiar esta investigación; A la Universidad Técnica del Norte de quién me llevo los más gratos recuerdos.*

**Fabián Enríquez**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|                                                  | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------------|-------------|
| DEDICATORIA                                      | Vii         |
| AGRADECIMIENTO                                   | Viii        |
| LISTA DE CUADRO                                  | Xv          |
| LISTA DE GRÁFICOS                                | Xviii       |
| ANEXOS                                           | Xix         |
| LISTA DE FOTOGRAFÍAS                             | Xx          |
| RESUMEN                                          | Xxi         |
| ABSTRACT                                         | Xxii        |
| <br><b>CAPÍTULO I</b>                            |             |
| 1. <b>INTRODUCCIÓN</b>                           | 1           |
| <br><b>CAPÍTULO II</b>                           |             |
| 2. <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>                 | 5           |
| 2.1. Abonos Orgánicos                            | 5           |
| 2.2. Importancia de los abonos orgánicos         | 6           |
| 2.3. Propiedades de los abonos orgánicos         | 6           |
| 2.3.1. Propiedades físicas                       | 7           |
| 2.3.2. Propiedades químicas                      | 7           |
| 2.3.3. Propiedades biológicas                    | 8           |
| 2.4. Composición química de los abonos orgánicos | 9           |
| 2.5. El compostaje                               | 9           |
| 2.5.1. Factores de control técnico               | 10          |
| 2.6. Materiales a compostar                      | 12          |
| 2.6.1. Sustratos o fuentes para el compostaje    | 12          |
| 2.6.2. Biofertilizante (biol)                    | 12          |
| 2.6.3. Estiércol                                 | 13          |
| 2.7. Proceso de compostaje                       | 14          |
| 2.7.1. Mesolítico                                | 14          |
| 2.7.2. Termofílico                               | 14          |
| 2.7.3. De enfriamiento                           | 14          |
| 2.7.4. De maduración                             | 14          |
| 2.8. El compost                                  | 15          |
| 2.8.1. Propiedades del compost                   | 16          |
| 2.8.2. Fabricación del compost                   | 16          |
| 2.9. El lechuguín                                | 19          |
| 2.9.1. Taxonomía                                 | 19          |
| 2.9.2. Identificación y descripción              | 20          |
| 2.9.3. Hábitat                                   | 21          |
| 2.9.4. Usos                                      | 21          |

|           |                                    |    |
|-----------|------------------------------------|----|
| 2.9.5.    | Propagación                        | 23 |
| 2.10.     | La lechuga                         | 23 |
| 2.10.1.   | Taxonomía                          | 23 |
| 2.10.2.   | Generalidades                      | 23 |
| 2.10.3.   | Descripción de la planta           | 24 |
| 2.10.4.   | Suelo y clima                      | 25 |
| 2.10.5.   | Propagación y prácticas culturales | 26 |
| 2.10.6.   | Fitosanidad                        | 26 |
| 2.10.6.1. | Trozadores                         | 26 |
| 2.10.6.2. | Chupadores                         | 26 |
| 2.10.6.3. | Pudrición basal                    | 27 |
| 2.10.6.4. | Mildiú vellosa                     | 27 |
| 2.10.7.   | Manejo de cosecha                  | 27 |
| 2.10.8.   | Valor nutritivo y usos             | 27 |
| 2.11.     | TULSMA                             | 28 |

### **CAPÍTULO III**

|            |                                                                                                                                                             |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.         | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>                                                                                                                                 | 29 |
| 3.1.       | FASE I. Producción del compost a base de lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A. | 29 |
| 3.1.1.     | Ubicación                                                                                                                                                   | 29 |
| 3.1.2.     | Materiales para la FASE I y FASE II                                                                                                                         | 30 |
| 3.1.3.     | Métodos                                                                                                                                                     | 32 |
| 3.1.3.1.   | Factores en estudio                                                                                                                                         | 32 |
| 3.1.3.2.   | Tratamientos                                                                                                                                                | 32 |
| 3.1.4.     | Diseño experimental                                                                                                                                         | 33 |
| 3.1.4.1.   | Características del experimento                                                                                                                             | 33 |
| 3.1.4.2.   | Características de la unidad experimental                                                                                                                   | 33 |
| 3.1.5.     | Manejo del experimento                                                                                                                                      | 33 |
| 3.1.5.1.   | Selección del terreno                                                                                                                                       | 33 |
| 3.1.5.2.   | Limpieza del terreno                                                                                                                                        | 33 |
| 3.1.5.3.   | Recolección del material                                                                                                                                    | 34 |
| 3.1.5.4.   | Demarcación de la pila                                                                                                                                      | 34 |
| 3.1.5.5.   | Preparación del sitio demarcado                                                                                                                             | 34 |
| 3.1.5.6.   | Elaboración de las compostas                                                                                                                                | 35 |
| 3.1.5.6.1. | Mezclas                                                                                                                                                     | 35 |
| 3.1.5.7.   | Riego                                                                                                                                                       | 35 |
| 3.1.5.8.   | Aireación                                                                                                                                                   | 36 |
| 3.1.5.9.   | Volteo                                                                                                                                                      | 36 |
| 3.1.5.10.  | Obtención del compost                                                                                                                                       | 36 |
| 3.1.6.     | Descripción de las variables evaluadas                                                                                                                      | 37 |
| 3.1.6.1.   | Temperatura                                                                                                                                                 | 37 |

|                        |                                                                                                                                                           |    |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.6.2.               | Rendimiento en volumen del compost obtenido                                                                                                               | 37 |
| 3.1.6.3.               | Valor nutricional y contenidos de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) del compost base de lechuguín                                                   | 37 |
| 3.2.                   | FASE II. Evaluar el efecto de la aplicación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> )”                        | 38 |
| 3.2.1.                 | Ubicación                                                                                                                                                 | 38 |
| 3.2.2.                 | Factores en estudio                                                                                                                                       | 39 |
| 3.2.3.                 | Tratamientos                                                                                                                                              | 39 |
| 3.2.4.                 | Diseño experimental                                                                                                                                       | 39 |
| 3.2.5.                 | Características del experimento                                                                                                                           | 39 |
| 3.2.6.                 | Características de la unidad experimental                                                                                                                 | 40 |
| 3.2.7.                 | Manejo del experimento                                                                                                                                    | 40 |
| 3.2.7.1.               | Preparación del almácigo                                                                                                                                  | 40 |
| 3.2.7.2.               | Toma de muestra del suelo                                                                                                                                 | 40 |
| 3.2.7.3.               | Preparación del terreno                                                                                                                                   | 40 |
| 3.2.7.4.               | Delimitación del ensayo                                                                                                                                   | 41 |
| 3.2.7.5.               | Riegos                                                                                                                                                    | 41 |
| 3.2.7.6.               | Trasplante                                                                                                                                                | 41 |
| 3.2.7.7.               | Incorporación del compost y fertilizante químico de acuerdo a cada tratamiento                                                                            | 41 |
| 3.2.7.8.               | Labores culturales                                                                                                                                        | 42 |
| 3.2.8.                 | Descripción de las variables evaluadas                                                                                                                    | 42 |
| 3.2.8.1.               | Sobrevivencia                                                                                                                                             | 42 |
| 3.2.8.2.               | Rendimiento en peso kg. de cada planta de lechuga                                                                                                         | 43 |
| 3.2.8.3.               | Diámetro en cm. de la cabeza de la lechuga                                                                                                                | 43 |
| 3.2.8.4.               | Toma de muestras para análisis de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) y metales pesados de la lechuga                                                 | 43 |
| <br><b>CAPÍTULO IV</b> |                                                                                                                                                           |    |
| 4.                     | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                                                                                                             | 45 |
| 4.1.                   | FASE I. Producción de compost a base de lechuguín ( <i>Eichornia crassipes</i> ) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A. | 45 |
| 4.1.1.                 | Temperatura en las composteras                                                                                                                            | 45 |
| 4.1.1.1.               | Temperatura en °C al inicio (semana 1 y 2) del desarrollo del ensayo                                                                                      | 45 |

## LISTA DE CUADROS

|           | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                          | <b>Pág.</b> |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Cuadro 1  | Composición química de diferentes enmiendas orgánicas                                                                                                                     | 9           |
| Cuadro 2  | Relación C/N de algunas materias orgánicas                                                                                                                                | 11          |
| Cuadro 3  | Producción y composición química de estiércoles                                                                                                                           | 13          |
| Cuadro 4  | Composición química del lechuguín                                                                                                                                         | 22          |
| Cuadro 5  | Ubicación geográfica del ensayo FASE I                                                                                                                                    | 30          |
| Cuadro 6  | Condiciones climáticas                                                                                                                                                    | 30          |
| Cuadro 7  | Materiales utilizados en la primera fase para la producción del compost y materiales usados en la segunda fase durante el cultivo de lechuga                              | 31          |
| Cuadro 8  | Relación carbono / nitrógeno (C/N) de los materiales a ser mezclados en las compostas                                                                                     | 32          |
| Cuadro 9  | Porcentajes de material a utilizar en cada tratamiento                                                                                                                    | 34          |
| Cuadro 10 | Ubicación geográfica del ensayo FASE II                                                                                                                                   | 38          |
| Cuadro 11 | Condiciones climáticas                                                                                                                                                    | 38          |
| Cuadro 12 | Análisis de varianza para las temperaturas obtenidas al inicio (semana 1 y 2) de la formación de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012   | 45          |
| Cuadro 13 | Análisis de varianza para temperaturas obtenidas durante (semana 7 y 8) la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012       | 46          |
| Cuadro 14 | Prueba de Tukey al 5% para temperaturas obtenidas durante (semana 7 y 8) la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012      | 47          |
| Cuadro 15 | Análisis de varianza para temperaturas obtenidas al final (semana 13 y 14) de la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012 | 48          |
| Cuadro 16 | Prueba de Tukey al 5% para temperaturas al final (semana 13 y 14) de la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012          | 49          |

|           |                                                                                                                                                                                  |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 17 | Análisis de varianza para el promedio de rendimiento (m <sup>3</sup> ) del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012                                                | 50 |
| Cuadro 18 | Prueba de Tukey al 5% para promedio de rendimiento (m <sup>3</sup> ) del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012                                                  | 51 |
| Cuadro 19 | Nutrientes de los tratamientos y del suelo según análisis químicos y requerimiento nutricional del cultivo de lechuga                                                            | 53 |
| Cuadro 20 | 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                                          | 55 |
| Cuadro 21 | Análisis de varianza para la sobrevivencia (unidades) a la cosecha de plantas de lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012       | 57 |
| Cuadro 22 | Análisis de varianza para peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012     | 58 |
| Cuadro 23 | Prueba de Tukey al 5% para el peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012 | 59 |
| Cuadro 24 | Análisis de varianza para el diámetro de la lechuga (cm) a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012                          | 60 |
| Cuadro 25 | Valores promedio de temperatura °C al inicio del desarrollo del ensayo (semana 1 y 2)                                                                                            | 73 |
| Cuadro 26 | Valores promedio de temperatura °C a la mitad del desarrollo del ensayo (semana 7 y 8)                                                                                           | 73 |
| Cuadro 27 | Valores promedio de temperatura °C al final del desarrollo del ensayo (semana 13 y 14)                                                                                           | 73 |
| Cuadro 28 | Valores promedio de rendimiento (m <sup>3</sup> ) del compost a base de lechuguín                                                                                                | 74 |
| Cuadro 29 | Valores promedio de sobrevivencia de las plantas de lechuga a los 60 días del trasplante                                                                                         | 75 |

|           |                                                                         |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 30 | Valores promedio de peso (kg) de cada planta de lechuga por tratamiento | 75 |
| Cuadro 31 | Rendimiento en peso (tn/ha) de cada tratamiento del cultivo de lechuga  | 76 |
| Cuadro 32 | Valores promedio de diámetro (cm) del repollo de la lechuga             | 76 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|           | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                  | <b>Pág.</b> |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Gráfico 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                              | 47          |
| Gráfico 2 | Promedio de temperaturas obtenidas al final (semana 13 y 14) del proceso de descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín                                                         | 49          |
| Gráfico 3 | Promedio de rendimiento del compost a base de lechuguín                                                                                                                                           | 51          |
| Gráfico 4 | Resultados de los análisis químicos de % de Ca, P, Mg, K, Na y N en los tres tratamientos a la cosecha del compost.                                                                               | 52          |
| Gráfico 5 | Comparación del valor promedio resultante de los análisis químicos de las pilas de compostajes con los límites máximos permisibles según el TULSMA                                                | 54          |
| Gráfico 6 | Promedio de peso de las plantas de lechuga a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín.                                                                                   | 59          |
| Gráfico 7 | Contenidos de TPH y metales pesados de las plantas de lechuga a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín comparados con los límites máximos permisibles según el TULSMA. | 61          |

## LISTA DE ANEXOS

|         | <b>Contenido</b>                                                                                                                                                                                                | <b>Pág.</b> |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Anexo 1 | Esquema como fue distribuida el área del experimento FASE I<br>Producción del compost a base de lechuguín (Eichhornia<br>crassipes) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en<br>Lafarge Cementos S.A. | 71          |
| Anexo 2 | Esquema del área del experimento FASE II Evaluación del<br>compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (Lactuca<br>sativa L.) en la granja experimental “la Pradera” de la UTN                         | 72          |
| Anexo 3 | Datos recopilados durante la investigación                                                                                                                                                                      | 73          |
| Anexo 4 | Análisis químico de nutrientes de materiales a compostar                                                                                                                                                        | 77          |
| Anexo 5 | Análisis químico de nutrientes a la cosecha de las<br>composteras                                                                                                                                               | 78          |
| Anexo 6 | Análisis químico de contenido de TPH y metales pesados a la<br>cosecha del compost                                                                                                                              | 79          |
| Anexo 7 | Análisis químico de suelo para el cultivo de lechuga                                                                                                                                                            | 83          |
| Anexo 8 | Análisis químico de contenido de TPH y metales pesados en el<br>cultivo de lechuga frente a la aplicación de compost a base de<br>lechuguín                                                                     | 84          |
| Anexo 9 | El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del<br>Ministerio del Ambiente (TULSMA). Libro VI Anexo2                                                                                                        | 85          |

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

|               | <b>Contenido</b>                                                            | <b>Pág.</b> |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fotografía 1  | Selección del terreno                                                       | 86          |
| Fotografía 2  | Limpieza del terreno                                                        | 86          |
| Fotografía 3  | Recolección de materiales                                                   | 86          |
| Fotografía 4  | Demarcación de la pila                                                      | 86          |
| Fotografía 5  | Aflojamiento del suelo y colocación de plástico                             | 87          |
| Fotografía 6  | Mezclas                                                                     | 87          |
| Fotografía 7  | Elaboración de las compostas                                                | 87          |
| Fotografía 8  | Riego                                                                       | 88          |
| Fotografía 9  | Aireación                                                                   | 88          |
| Fotografía 10 | Volteo                                                                      | 88          |
| Fotografía 11 | Obtención del compost                                                       | 88          |
| Fotografía 12 | Temperatura                                                                 | 89          |
| Fotografía 13 | Muestras para análisis de valor nutricional y contenidos de TPH del compost | 89          |
| Fotografía 14 | Preparación del almácigo                                                    | 90          |
| Fotografía 15 | Preparación del terreno                                                     | 90          |
| Fotografía 16 | Delimitación del ensayo                                                     | 90          |
| Fotografía 17 | Riegos                                                                      | 90          |
| Fotografía 18 | Trasplante                                                                  | 91          |
| Fotografía 19 | Aplicación de tratamientos al cultivo de lechuga                            | 91          |
| Fotografía 20 | Cosecha                                                                     | 91          |
| Fotografía 21 | Sobrevivencia de la lechuga                                                 | 92          |
| Fotografía 22 | Rendimiento en peso (kg) de plantas de lechuga                              | 92          |
| Fotografía 23 | Toma de muestras de la lechuga para su análisis                             | 92          |

**TÍTULO: “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:** Enríquez Villacorte Edwin Fabián

**Director de tesis:** Ing. Germán Terán

**Año:** 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 m<sup>3</sup>., 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.

**TITLE: "PRODUCTION OF COMPOST BASED ON LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*) USED IN WASTEWATER TREATMENT AT LAFARGE CEMENT S.A. AND ITS EFFECT ON LETTUCE (*Lactuca sativa L.*) CULTIVATION".**

**Author:** Edwin Enriquez Fabian Villacorte

**Thesis director:** Ing. Germán Teran

**Year:** 2013

**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 (*Eichhornia 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.



## **CAPITULO I**

### **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). *Eichornia 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.

*Eichornia 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 (*Eichornia 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:

- Evaluar el proceso de degradación de los diferentes residuos orgánicos (lechuguín), considerando la temperatura y rendimiento a la cosecha.
- Establecer la calidad del compost obtenido considerando contenido de nutrientes de cada uno de los tratamientos.
- Determinar y evaluar el contenido de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) de cada tratamiento al final del proceso de descomposición.
- 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 (*Eichornia 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.



## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Abonos orgánicos**

Suquilanda, M. (1996) menciona que: “El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad y estructura del suelo, retiene humedad, activa su capacidad biológica y por consiguiente mejora la producción y productividad de los cultivos”.

Según SAGARPA (2010): “Los abonos son todos aquellos residuos de origen animal, vegetal u otras fuentes orgánicas y naturales de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas”.

Por otro lado Padilla, W. (2002) señala que: “El abono orgánico es el proceso de la descomposición de materia vegetal, animal y residuos industriales. Los abonos orgánicos constituyen una buena alternativa para el manejo adecuado de los desechos que resultan de la producción diaria. La incorporación de estos abonos orgánicos incrementa la cantidad de microorganismos generando un suelo equilibrado”.

Trinidad, A. (2008) reporta que: “Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico que mejora sus características físicas, químicas y biológicas. El uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas”.

## **2.2. Importancia de los abonos orgánicos**

Según Cervantes, M. (2009): “La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos”.

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha causado muchos problemas en la agricultura, entre ellos se mencionan: la contaminación del medio ambiente, fuga de divisas, aumento de costos en la producción y salinización de los suelos. Muchos agricultores se han vuelto dependientes de estos productos porque desconocen la eficacia de los abonos orgánicos y sus beneficios.

## **2.3. Propiedades de los abonos orgánicos**

Ariza, J. (2012) dice que, los abonos orgánicos tienen propiedades que ejercen determinados efectos sobre el suelo, aumentando la fertilidad de éste. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

### **2.3.1. Propiedades físicas**

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto por el agua como el viento.

Trinidad, A. (2008) indica que: “Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo: estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener el agua, incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo. Tal efecto es de la mayor importancia en los terrenos con desnivel donde el agua por escurrir superficialmente, no es eficientemente aprovechada”.

Una mayor porosidad está relacionada inversamente con la densidad aparente del suelo y con aspectos de compactación del mismo. Es evidente que la aplicación de estiércoles, con el tiempo tendrá efecto positivo en las propiedades físicas de los suelos; sin embargo, habrá que estar pendientes de algún incremento en la conductividad eléctrica, relacionando con el grado de salinidad de los suelos.

### **2.3.2. Propiedades químicas**

Cervantes, M. (2009) muestra que: “Los abonos orgánicos cambian las propiedades químicas del suelo, aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad”.

Cruz, M. (2008) comunica que: “La composición química de los abonos orgánicos variará de acuerdo al origen de estos. Las plantas, residuos de cosecha, estiércoles, etc., difieren grandemente en cuanto a los elementos que contienen. Las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de los abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales”.

### **2.3.3. Propiedades biológicas**

Cervantes, M. (2009) señala que: Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios, y que constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente”.

Según Trinidad, A. (2008): “Los estiércoles contienen grandes cantidades de compuestos de fácil descomposición, cuya adición casi siempre resulta en un incremento de la actividad biológica. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también en efectos directos en el crecimiento de las plantas”.

En la mayoría de los casos, el resultado del incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo, por efecto de la agregación que los productos de la descomposición caen sobre las partículas del suelo; las condiciones de fertilidad aumentan lo cual hace que el suelo tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable. Asimismo, se logra tener un medio biológicamente activo, en donde existe una correlación positiva entre el número de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo. En relación con la disponibilidad de nutrimentos, la actividad biológica del suelo, juega un papel importante en la oxidación de reducción de los elementos esenciales; convirtiendo las formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas.

## 2.4. Composición química de los abonos orgánicos

Coronado, M. (1998) reporta que: “Los abonos orgánicos también se los conoce como: enmiendas orgánicas, fertilizantes orgánicos, fertilizantes naturales, entre otros. Asimismo, existen diversas fuentes orgánicas como por ejemplo: abonos verdes, estiércoles, compost, humus de lombriz, bioabonos, los cuales varían su composición química de acuerdo con el proceso de preparación e insumos que se empleen”.

**Cuadro 1.** Composición química de diferentes enmiendas orgánicas

| Enm. Org.     | N-total % | P2O5 % | K2O % | m.o % | CE mmhos/cm | Ph 1:1 |
|---------------|-----------|--------|-------|-------|-------------|--------|
| Estiércol     | 1,64      | 0,96   | 4,92  | 49,09 | 19,65       | 7,60   |
| Compost       | 1,39      | 0,67   | 0,69  | 45,10 | 8,60        | 6,40   |
| Humus Lombriz | 1,54      | 0,21   | 0,46  | 49,44 | 3,80        | 4,60   |

**Fuente:** Coronado, M. (1998). Manual de prevención y minimización de la contaminación industrial.

## 2.5. El compostaje

INFOAGRO (2010) señala que: “El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura”.

Moreno, C.; Moral, J. & Herrero, R. (2008) mencionan que: “El proceso de compostaje se define como una descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos, semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio”.

Por otro lado Fiabane y Meléndez. (1997) indican que: “El compostaje es un proceso que supone una serie de transformaciones de los residuos orgánicos, mejorando las propiedades físicas y químicas del material original, aumenta la fertilidad potencial y simultáneamente la cantidad de humus estable”.

### **2.5.1. Factores de control técnico**

Según Moreno, C. (1993): “El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. Los factores más importantes son:

❖ **Temperatura.-** Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55°C., para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

❖ **Humedad.-** En el proceso de compostaje es importante que la humedad, alcance niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, produciendo la putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja, se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento.

❖ **pH.-** Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8; mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).

❖ **Oxígeno.-** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

❖ **Relación C/N equilibrada.-** El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad, es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 20-30 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica; una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco.

**Cuadro 2.** Relación C/N de algunas materias orgánicas

| <b>Materia Prima</b>                    | <b>C / N</b> | <b>Materia Prima</b>      | <b>C / N</b>  |
|-----------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------|
| Alfalfa                                 | 16-20 : 1    | Orina                     | 0,8 : 1       |
| Bagazo de caña                          | 150:01:00    | Paja de arroz             | 100:01:00     |
| Basuras                                 | 35:01:00     | Paja de fréjol            | 40:01:00      |
| Cáscara de maní                         | 55:01:00     | Paja de maní              | 20:01         |
| Corteza                                 | 120:01:00    | Paja, paja de trigo       | 60-110 : 1    |
| Estiércol de gallina                    | 10:01        | Papeles, cartón           | 350:01:00     |
| Estiércol de la vaca                    | 18 - 25 : 1  | Residuos de la cocina     | 20:01         |
| Heno fresco                             | 12:01        | Residuos del jardín       | 40:01:00      |
| Hierbas cortadas                        | 20:01        | Serrín                    | hasta 500 : 1 |
| Hojas de yuca                           | 12:01        | Serrín descompensado      | 200:01:00     |
| Hojas secas                             | 45:01:00     | Serrín fresco             | 500-800 : 1   |
| Jacinto de agua (lechuguín)             | 20:01        | Tallo de mijo             | 70:01:00      |
| Mezcla de estiércol, orina+agua de vaca | 10:01        | Tallos de yuca            | 40:01:00      |
| Mezcla de orina y agua de la vaca       | 15:01        | Troncos de maíz con hojas | 55-70 : 1     |

**Fuente:** <http://www.ethno-botanik.org/Sonstiges/Compostero/Compostero.html>

❖ **Población microbiana.**- Rodríguez, F. (2005) expone que: “El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos”.

Los principales organismos degradadores del petróleo son: las bacterias, las levaduras y en menor cantidad los hongos oxidantes de los hidrocarburos. Entre los organismos degradadores del petróleo destacan: *Pseudomonas putida* y *oleovorans*, la levadura del género *Candida* y diversos géneros de hongos tales como *Aspergillus* y *Fusarium*.

También agrega que estos organismos existen en residuos orgánicos de forma natural, aunque en pequeñas cantidades y mediante el proceso de compostaje en condiciones óptimas, éstas se reproducen aumentando la actividad microbiana y descomponiendo materia orgánica.

## **2.6. Materiales a compostar**

### **2.6.1. Sustratos o fuentes para el compostaje**

El MANUAL AGROPECUARIO (2002) expone que: “Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, generalmente estas materias primas proceden de restos de cosechas, abonos verdes, siegas de césped, malas hierbas, las ramas de poda de los frutales, hojas, restos urbanos, estiércol animal, complementos minerales, plantas marinas, algas, etc”.

### **2.6.2. Biofertilizante (Biol)**

INFORED (2013) describe que: Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos (bacterias y hongos), que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores del suelo”.

Estos microorganismos se encuentran de forma natural en suelos que no han sido afectados, por el uso excesivo de fertilizantes químicos u otros agroquímicos, que disminuyen o eliminan dicha población.

El biofertilizante es fabricado a base de: estiércol bovino, sulfato de magnesio, melaza, leche fresca o suero de leche, plantas picadas y agua sin clorar. Para su uso debe disolverse 5 litros de biofertilizante en 100 litros de agua natural sin clorar.

### 2.6.3. Estiércol

Suquilanda, M. (1996) expresa que: “Los estiércoles son los excrementos de los animales, que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que éstos consumen. El estiércol como toda materia orgánica cumple un papel de vital importancia en el mejoramiento de los suelos, pues su presencia en los mismos aporta nutrientes esenciales(N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu...), activa población biológica heterótrofa, mejora la estructura del suelo, incrementa capacidad de retención del agua, entre otras”.

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”.

**Cuadro 3.** Producción y composición química de estiércoles

| Clase de ganado | %N     |       | %P     |       | %K    |       |
|-----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                 | Sólid. | Líqu. | Sólid. | Líqu. | Sólid | Líqu. |
| Vacas           | 0,5    | 0,25  | 0,11   | 0,06  | 0,41  | 0,21  |
| Cerdos          | 0,5    | 0,1   | 0,13   | 0,42  | 0,47  | 0,09  |
| Gallina         | 1,5    |       | 0,43   |       | 0,41  |       |
| Cama            | 0,5    |       | 0,125  |       | 0,4   |       |

**Fuente:** Biblioteca de la Agricultura (2003)

## **2.7. Proceso de compostaje**

Según INFOAGRO (2010): “El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

**2.7.1. Mesolítico.-** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

**2.7.2. Termofílico.-** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

**2.7.3. De enfriamiento.-** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

**2.7.4. De maduración.-** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus”.

## **2.8. El compost**

Ramírez, M. (1998) explica que: “El compost es el proceso de transformación de elementos que se encuentran en algunos materiales orgánicos, así como también la integración de minerales a la materia a través de los microorganismos”.

Suquilanda, M. (1996) indica que: “El compost es un material orgánico resultado de la descomposición aeróbica de restos vegetales y animales. La descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura controladas”.

EL MANUAL AGROPECUARIO (2002) expone que: “El compost es un material orgánico, resultado de la descomposición aerobia de restos vegetales y animales, el cual, cuando se produce y mantiene en condiciones apropiadas, aporta al suelo nutrientes y factores que activan las funciones biológicas de suelos, microorganismos y plantas”.

Fernández, R., Gómez, J., Estrada, I. (2004) comenta que: “El compost es considerado como un alimento para la cadena trófica del suelo, como una “siembra” promotora de la actividad biológica de los microorganismos del suelo, como un sustrato con propiedades de control de enfermedades de las plantas cultivadas. En suma el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos”.

### **2.8.1. Propiedades del compost**

ORGÁNICOS GASÁN (2002) explica que: “Las propiedades del compost son:

#### **❖ Mejora las propiedades físicas del suelo**

La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

#### **❖ Mejora las propiedades químicas**

Aumenta el contenido en macronutrientes N.P.K. y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

#### **❖ Mejora la actividad biológica del suelo**

Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización”.

### **2.8.2. Fabricación del compost**

Según INFOAGRO (2010), se puede producir compost de las siguientes maneras:

#### **❖ “Compostaje en montón**

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante:

### **A. Realizar una mezcla correcta**

Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje.

### **B. Formar el montón con las proporciones convenientes**

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y debe estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil.

La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.

### **C. Manejo adecuado del montón**

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. El montón debe airearse frecuentemente, para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores.

El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme.

La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60%. Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas.

#### ❖ **Compostaje en silos**

Se emplea en la fabricación de compost poco voluminosos. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 o 3 metros de altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están calados para permitir la aireación.

#### ❖ **Compostaje en superficie**

Consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo las pérdidas de N son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico”.

## 2.9. El lechuguín

### 2.9.1. Taxonomía

Solms, M. (1883) menciona que: “El lechuguín se clasifica de la siguiente forma:

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Reino</b>             | Plantae                        |
| <b>División</b>          | Magnoliophyta                  |
| <b>Clase</b>             | Liliopsida                     |
| <b>Subclase</b>          | Liliidae                       |
| <b>Orden</b>             | Cominelinales                  |
| <b>Familia</b>           | Pontederiaceae                 |
| <b>Género</b>            | Eichhornia                     |
| <b>Especie</b>           | Crassipes                      |
| <b>Nombre científico</b> | <i>Eichhornia crassipes</i> ”. |

Novelo & Ramos, (1998) indica que: “El jacinto de agua, nombre común de una hierba acuática vivaz tropical de origen sudamericano que ha sido introducida en Europa y en muchas regiones tropicales y subtropicales, en donde se la conoce como cucharilla, camalote, flor de agua, flor de huauchinango, jacinto, jacinto de agua, lagunera, lechuguilla, lirio acuático, lechuguín.

El color, verde brillante oscuro y lustroso de esta planta de hojas acorazonadas, contrasta durante la época de floración con el tallo espigado que porta las bellísimas flores malva claro, que sólo duran dos o tres días; la masa radicular, espesa, de color marrón azulado, presenta un espectacular desarrollo en anchura y longitud superior en muchos casos los 30 cm”.

### **2.9.2. Identificación y descripción**

#### **❖ Hábito y forma de vida**

Planta acuática libremente flotadora o fija al sustrato, perenne.

#### **❖ Tamaño**

Muy variable en tamaño, normalmente alrededor de 30 cm. Puede formar matas flotantes grandes.

#### **❖ Tallo**

Reducido, estolonífero, aunque un tallo horizontal (rizoma) alargado conecta a diferentes individuos.

#### **❖ Hojas**

Formando una roseta basal, los pecíolos largos y cilíndricos en las plantas fijas al sustrato (de 3 a 60 cm de largo), cortos y globosos en las plantas flotantes, las láminas de las hojas casi circulares o más anchas que largas, de 2,5 a 16 cm de largo y 3 a 12 cm de ancho, ápice truncado, redondeado a ligeramente obtuso, base truncada a algo cordada.

#### **❖ Inflorescencia**

Espiciforme, con 4 a 16 flores solitarias y alternas a lo largo del pedúnculo, sésiles, pedúnculo de 6 a 26 (33) cm de largo, grueso, glabro a ligeramente pubescente.

### ❖ Flores

Grandes (hasta de 5 cm de largo) de color lila, variando del azul a morado, rara vez blanca, con pelillos, con la base tubulosa y hacia el ápice dividida en 6 segmentos desiguales, 3 externos y 3 internos, uno de éstos más ancho y con una mancha amarilla; 6 estambres con pelos glandulares en los filamentos, 3 de ellos más largos, las anteras aflechadas, de un tono azul.

### ❖ Frutos y semillas

El fruto es una cápsula elíptica, de más o menos 1.5 cm de largo, con 3 ángulos. Las semillas numerosas, de poco más de 1 mm de largo, con 10 costillas longitudinales, de color negruzco.

### ❖ Raíz

Fibrosa, comúnmente coloreada.

#### 2.9.3. Hábitat

El hábitat del lechuguín está en aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento, como zanjas, canales, presas, arroyos, ríos y pantanos; es considerada como maleza acuática.

#### 2.9.4. Usos

León, M. y Lucero, A. (2008) manifiestan que: “*Eichhornia crassipes* es una de las plantas que más nutrientes remueve, por lo que es utilizado en tratamiento de aguas como depurador de aguas residuales, como abono verde, fertilizante, forraje y ornamental”.

Rzedowski & Rzedowski. (2004) mencionan que: “El lechuguín es usado normalmente como planta ornamental y comestible, como abono verde, fertilizante y forraje”.

Cunningham y Berti (1993) y Lutts et al., (2004), citados por (Cedeño, et al., 2009) mencionan que: “Las plantas son consideradas para propósitos de fitoextracción, sí es que éstas contienen más de 10.000 mg de elementos tóxicos por kilogramo de materia seca. En el caso del *Eicchornia crassipes* de la presa de Valsequillo, el contenido total de los metales pesados es de alrededor de 10.089,18 mg/Kg d. w., lo cual indica que esta planta puede ser considerada un organismo hiperacumulador y por lo tanto puede ser utilizada para propósitos de fitoremediación.

Cedeño, et al., (2009) muestra contenido inorgánico del *Eichhornia crassipes* de la presa de Valsequillo. Concentración en mg/kg peso d.w.

|           |           |           |       |
|-----------|-----------|-----------|-------|
| <b>Na</b> | 19450,71  | <b>Ni</b> | 164   |
| <b>Mg</b> | 17000,53  | <b>Cu</b> | 60    |
| <b>K</b>  | 255932,72 | <b>Zn</b> | 260   |
| <b>Ca</b> | 121025    | <b>As</b> | 2,798 |
| <b>Cr</b> | 290       | <b>Se</b> | 1,4   |
| <b>Mn</b> | 6608,3    | <b>Br</b> | 13,1  |
| <b>Fe</b> | 1770      | <b>Pb</b> | 0     |
| <b>Co</b> | 13,26     | <b>Hg</b> | 3,1   |

**Cuadro 4.** Composición química del lechuguín

|             | <b>% Contenido de Agua</b> | <b>% Materia Seca</b> | <b>% Nitrógeno de sustancia seca</b> | <b>% Ceniza de sustancia seca</b> |
|-------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>N° 1</b> | 93,0                       | 7,0                   | 1,33                                 | 23,17                             |
| <b>N° 2</b> | 93,4                       | 6,6                   | 2,01                                 | 23,9                              |

**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-de-jacinto/estanques-de-jacinto2.shtml>

### 2.9.5. Propagación

INFOAGRO (2010) indica que: “El lechuguín se reproduce vegetativamente por medio de estolones que, junto con las plantas solitarias o esteras flotantes, son fácilmente distribuidas por las corrientes de agua, el viento, los barcos y balsas. La planta también produce grandes cantidades de semilla de larga duración”.

## 2.10. La lechuga

### 2.10.1. Taxonomía

UNET (2007) explica que: “La lechuga se clasifica de la siguiente forma:

|                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| <b>Reino</b>             | Plantae                    |
| <b>División</b>          | Magnoliophyta              |
| <b>Clase</b>             | Magnoliopsida              |
| <b>Orden</b>             | Asterales                  |
| <b>Familia</b>           | Asteraceae                 |
| <b>Género</b>            | Lactuca                    |
| <b>Especie</b>           | sativa L                   |
| <b>Nombre científico</b> | <i>Lactuca sativa L</i> ”. |

### 2.10.2. Generalidades

INFOAGRO (2010) dice que: “La lechuga es una planta herbácea que pertenece a la familia *Asteraceae*, cuyo ciclo vegetativo es de 3 a 4 meses en general, alcanzando una altura entre los 10 y 20 centímetros”.

Suquilanda, M. (2003) expresa que: “La lechuga se debe rotar con gramíneas y leguminosas, siendo su época de siembra y de cosecha durante todo el año. La cantidad de semilla que se requiere para un semillero, que produzca planta para una hectárea, es de 280 g en 70 m<sup>2</sup> de semillero. En promedio un gramo de semilla contiene 750 semillas.

### 2.10.3. Descripción de la planta

Según Suquilanda, M. (1995): “El origen de la lechuga probablemente es de Asia menor, clasificada como una maleza, se empezó a distribuir en Europa Central y del Sur. La lechuga es una planta herbácea anual que posee una raíz de crecimiento rápido y puede llegar a una profundidad de 60 cm.

La raíz de la lechuga es de tipo pivotante, en el tallo se encuentra un jugo lechoso presenta hojas numerosas y grandes en densa roseta, las flores de la lechuga son amarillas y los granos alargados, las semillas de las mismas son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema.

#### ❖ **Raíz**

UNET (2007) expone que: “La raíz de la lechuga es de tipo pivotante, pudiendo llegar a medir hasta 30 cm; esta hortaliza posee un sistema radicular bien desarrollado, estando de acuerdo la ramificación a la compactación del suelo; así un suelo suelto tendrá lechugas con un sistema radicular más denso y profundo, que un suelo compacto”.

#### ❖ **Tallo**

El tallo de la lechuga se encuentra un jugo lechoso al interior del tallo, que da el nombre del género *Lactuca* al cual pertenece la lechuga; que viene de la palabra latina “*lac*”, que se refiere a dicho jugo.

#### ❖ **Hojas**

Sus hojas numerosas y grandes en densa roseta (hojas caulineas alternas, más pequeñas). Además son ovales, oblongas, brillantes y opacas, dependiendo del tipo y variedad, Es así que, en variedades de repollo las hojas bajas son grandes y alargadas, que se van apretando hasta tomar forma de repollo o cabeza.

### ❖ Flores

Las flores de la lechuga son amarillas y los granos alargados, con una fisura longitudinal blanca, negra o rojiza; el tallo floral de la lechuga termina en numerosos capítulos con 7 a 15 flores liguladas de color amarillo; el conjunto de capítulos forma una inflorescencia en panícula corimbosa; las flores de la lechuga se auto polinizan, función que realizan antes que las flores se abran; en la lechuga también es posible la polinización cruzada.

### ❖ Semillas

Las semillas de lechuga son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas; se estima que en 1 gramo de semillas de lechuga existen entre 1000 a 1200 semillas. Para inducir su germinación se puede utilizar temperaturas ligeramente elevadas de 20 a 30°C.

#### **2.10.4. Suelo y clima**

Según el MANUAL AGROPECUARIO (2002): “La lechuga se puede adaptar a suelos arenosos y arcillosos, pero los ideales son los franco arenosos, con suficiente contenido de materia orgánica y buen drenaje; el rango de PH es de 6,0 a 6,8 aunque tolera cierta acidez (PH 5,0). Es una especie que no demanda grandes cantidades de macroelementos, pero esto no es razón para dejar de fertilizar”.

El óptimo de temperatura para su mejor desarrollo va de 16°C. a 22°C., tiene grandes exigencias respecto a la luz; con la escases de esta, las hojas son delgadas y en ocasiones las cabezas se sueltan; por eso hay que tener cuidado con la densidad de siembra para evitar el sombreamiento de plantas entre sí.

#### **2.10.5. Propagación y prácticas culturales**

Suquilanda, M. (1995) señala que: “Se puede sembrar directamente y se recomienda utilizar de 2 a 3 kg/ha; para la siembra indirecta o de trasplante (lo más utilizado a nivel comercial), se sugiere un almacigo de 50 m<sup>2</sup> distribuyendo de 200 a 300 g de semilla para una hectárea comercial; las semillas tardan entre 5 a 6 semanas para germinar y se pueden trasplantar cuando tiene de 4 a 6 hojas verdaderas. La distancia de siembra puede ser de 30 a 35 cm entre plantas y 25 cm. entre hileras; se deben manejar las malezas para evitar daños a la planta.

#### **2.10.6. Fitosanidad**

El MANUAL AGROPECUARIO (2002) manifiesta que: “Los cultivos se afectan por:

##### **2.10.6.1. Trozadores**

Los trozadores (*Agrotis sp.*), atacan gravemente las hojas; el control se hace mediante preparaciones adecuadas del suelo para eliminar larvas y pupas, aplicaciones de hidrolatos de altamiza o helecho marranero al suelo, además de un adecuado manejo de las plantas hospederas de estos insectos.

##### **2.10.6.2. Chupadores**

Los chupadores (*Empoasca kraemeri*), atacan las partes aéreas de la planta; se controlan con hidrolatos de ají y cilantro, y con las decocciones de crisantemo en las raíces.

#### **2.10.6.3. Pudrición basal**

La pudrición basal (*Sclerotinia sclerotiorum*), provoca el marchitamiento de las hojas viejas; el control se realiza con el manejo de la humedad del cultivo, la aplicación de cocciones de cola de caballo, espolvoreos de ceniza bajo la planta y retiro de plantas afectadas.

#### **2.10.6.4. Mildíu vellosa**

El mildíu vellosa (*Bremia lactucae*), causa manchas en las hojas; la prevención se ejerce con el control de la humedad y densidad del cultivo, aplicaciones de caldo bordelés y biofertilizantes.

#### **2.10.7. Manejo de cosecha**

El tiempo de la siembra a la cosecha puede estar entre los 90 a 100 días, dependiendo de la variedad; se puede hacer de 3 a 4 pases buscando siempre que la mayoría haya alcanzado el tamaño deseado (lo más sólida posible).

#### **2.10.8. Valor nutritivo y usos**

La lechuga es rica en calcio y fibra. Se utiliza en fresco en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina. El aporte de calorías de esta verdura es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica. Está compuesta en un 94% de agua y aporta mucho potasio, y fósforo. La lechuga es rica en calcio, hierro y vitamina A; proporciona poca energía, proteína, ácido ascórbico (vitamina C), tiamina (vitamina B), riboflavina (vitamina B2) y niacina

La ciencia médica ha determinado que la mayoría de lechugas, provee una reacción alcalina al organismo humano acompañada de un alto contenido de celulosa, carbohidratos y proteínas en poca cantidad y calidad.

### **2.11. TULSMA (TULAS)**

En esta investigación fue necesario utilizar el Libro VI del TULSMA (TULAS), siendo la norma de control de los niveles de contaminación que rige en el país.

El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), constituye un documento de textos unificados de legislación secundaria, con el objeto de contribuir a la seguridad jurídica del país, en la medida en que tanto el sector público cuanto los administrados, sabrán con exactitud la normatividad vigente en cada materia, este documento ha sido elaborado para facilitar a los ciudadanos el acceso a la normativa requerida. Contiene normas técnicas dictadas bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental, para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Edición Especial del 31 de Marzo del 2003.

El Libro VI del TULSMA (TULAS) menciona: “los criterios de remediación o restauración del suelo se establecen de acuerdo al uso que den del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial) y tiene el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración”. (Anexo 9)

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente 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”.

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

##### **3.1.1. Ubicación**

Este ensayo se instaló en un lote ubicado en la comunidad de Perugachi Km 7 ½, vía Selva Alegre, planta industrial Lafarge Cementos S.A.

**Cuadro 5.** Ubicación geográfica del ensayo FASE I.

| <b>Ubicación</b>  | <b>Localidad</b>                     |
|-------------------|--------------------------------------|
| <b>Provincia:</b> | Imbabura                             |
| <b>Cantón:</b>    | Otavalo                              |
| <b>Comunidad:</b> | Perugachi Km. 7 1/2 Vía Selva Alegre |
| <b>Altitud:</b>   | 2955 m.s.n.m.                        |
| <b>Latitud:</b>   | 9922472 Norte                        |
| <b>Longitud:</b>  | 733768 Este                          |

**Fuente:** Documentos Internos Lafarge Cementos. Dto. Medio Ambiente

**Cuadro 6.** Condiciones Climáticas.

|                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Temperatura Media Anual:</b>    | 15°C                               |
| <b>Precipitación Media Anual:</b>  | 1200 mm – (Meses secos 700 mm.)    |
| <b>Meses Secos:</b>                | Junio – Septiembre                 |
| <b>Clasificación Bioclimática:</b> | Templado Húmedo                    |
| <b>Clasificación Ecológica:</b>    | Bosque muy húmedo montano (bm.h.M) |

**Fuente:** Documentos Internos Lafarge Cementos. Dto. Medio Ambiente

### **3.1.2. Materiales para la FASE I y FASE II**

Los materiales utilizados para la ejecución de la primera y segunda fase de esta investigación, están mostrados en el siguiente cuadro:

**Cuadro 7.** Materiales utilizados en la primera fase para la producción del compost y materiales usados en la segunda fase durante el cultivo de Lechuga.

| <b>FASE I</b>                                                                  | <b>FASE II</b>                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>HERRAMIENTAS AGRÍCOLAS</b>                                                  |                                               |
| Trinches                                                                       | Rastrillos                                    |
| Palas                                                                          | Palas                                         |
| Azadones                                                                       | Azadones                                      |
| Machetes                                                                       | Bomba                                         |
| Carretilla                                                                     | Manguera                                      |
| Manguera                                                                       | Rótulos de identificación                     |
| <b>INSUMOS</b>                                                                 |                                               |
| Lechuguín                                                                      | Semillas de lechuga                           |
| Residuos de animales (estiércol bovino)                                        | Fertilizantes (Urea, Sulfomag)                |
| Residuos vegetales (maleza, kikuyo, paja, desperdicios de hortalizas y frutas) |                                               |
| Biofertilizante (Biol modificado)                                              | Productos fitosanitarios                      |
| <b>MATERIALES DE LABORATORIO</b>                                               |                                               |
| Termómetro                                                                     | Balanza gramera                               |
| Ph-metro                                                                       |                                               |
| <b>OTROS</b>                                                                   |                                               |
| Piola                                                                          | Piola                                         |
| Flexómetro                                                                     | Flexómetro                                    |
| Martillo                                                                       | Martillo                                      |
| Regadera                                                                       | Zaranda                                       |
| Zaranda                                                                        | Cubetas de 20 litros (5 galones de capacidad) |
| Cubetas de 20 litros (0,02m3)                                                  | Báscula                                       |
| Sacos                                                                          | Gavetas                                       |
|                                                                                | Navaja                                        |

### 3.1.3. Métodos

#### 3.1.3.1. Factores en estudio

Los factores en estudio estuvieron dados por las tres mezclas de diferentes materiales orgánicos, con lechuguín que conformaron cada composta.

#### 3.1.3.2. Tratamientos

Se estudiaron tres tratamientos de compostaje, utilizando los sustratos para las mezclas como se muestran en el cuadro 8. Es importante observar que además del material o sustrato que cambia en cada tratamiento, la relación C/N también es diferente en cada uno de ellos.

**Cuadro 8.** Relación carbono / nitrógeno (C/N) de los materiales a ser mezclados en las compostas.

| TRATAMIENTOS Y<br>CÓDIGOS | SUSTRATOS                   | RELACIÓN<br>C/N DE LOS<br>SUSTRATOS | PROMEDIO<br>DE C/N EN LA<br>MEZCLA |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| T1 (composta a)           | Lechuguín                   | 20/1                                | 20,5                               |
|                           | Residuos de rameo y poda    | 25/1                                |                                    |
|                           | Suelo agrícola              | 15/1                                |                                    |
|                           | Estiércol bovino seco       | 22/1                                |                                    |
| T2 (composta b)           | Lechuguín                   | 20/1                                | 20                                 |
|                           | Residuo de rameo y poda     | 25/1                                |                                    |
|                           | Suelo agrícola              | 15/1                                |                                    |
|                           | Residuos vegetales (Cocina) | 20/1                                |                                    |
| T3 (composta c)           | Lechuguín                   | 20/1                                | 30                                 |
|                           | Residuos de rameo y poda    | 25/1                                |                                    |
|                           | Suelo agrícola              | 15/1                                |                                    |
|                           | Paja de páramo              | 60/1                                |                                    |

**Fuente:** <http://www.ethno-botanik.org/Sonstiges/Compostero/Compostero.html>

#### **3.1.4. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A.) con tres tratamientos y seis repeticiones.

##### **3.1.4.1. Características del Experimento**

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Tratamientos            | 3  |
| Repeticiones            | 6  |
| Unidades experimentales | 18 |

##### **3.1.4.2. Características de la unidad experimental**

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Longitud:                     | 1,00 m       |
| Ancho:                        | 1,00 m       |
| Altura:                       | 1,00 m       |
| Espacio de volteo:            | 1,50 m       |
| Superficie total comporteras: | 104,00 $m^2$ |

#### **3.1.5. Manejo del experimento**

##### **3.1.5.1. Selección del terreno**

Para la selección del terreno se consideró la pendiente y dirección del viento; las pilas se construyeron en un terreno de topografía plana, con fuentes de agua y vías de acceso en buen estado. (Fotografía 1)

##### **3.1.5.2. Limpieza del terreno**

Una vez ubicado el terreno se procedió a eliminar la vegetación espontánea y residuos vegetales que se encontraron en el área; se realizó la limpieza y eliminación de malezas en forma periódica. (Fotografía 2)

### 3.1.5.3. Recolección del material

Se recolectó y trasladó el material vegetal, animal y suelo agrícola hasta el lugar de la investigación; conformándose cada compostera con los siguientes porcentajes de los materiales utilizados. (Cuadro 9 y Fotografía 3)

**Cuadro 9.** Porcentajes de material a utilizar en cada tratamiento.

| TRATAMIENTOS | MATERIAL                     | Número de cubetas/capa | Número de capas | Total cubetas/tratamiento | (%)   |
|--------------|------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-------|
| T1           | Lechuguín                    | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Residuos de rameo y poda     | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Suelo agrícola               | 0,5                    | 12              | 6                         | 20,00 |
|              | Estiércol bovino seco        | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
| T2           | Lechuguín                    | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Residuos de rameo y poda     | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Suelo agrícola               | 0,5                    | 12              | 6                         | 20,00 |
|              | Residuos vegetales de cocina | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
| T3           | Lechuguín                    | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Residuos de rameo y poda     | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |
|              | Suelo agrícola               | 0,5                    | 12              | 6                         | 20,00 |
|              | Paja de páramo               | 2                      | 4               | 8                         | 26,67 |

**Fuente:** Fabián Enríquez V.

### 3.1.5.4. Demarcación de la pila

Mediante el uso de cuatro estacas se señaló el área donde se ubicó cada una de las pilas de compostaje del ensayo; las dimensiones de cada composta fueron: 1 m de largo por 1 m de ancho y por 1 m de alto. (Anexo 1 y Fotografía 4)

### 3.1.5.5. Preparación del sitio demarcado

- A. Aflojamiento del suelo.-** Se realizó manualmente utilizando un azadón y una pala recta, aflojando los primeros 10 cm, solamente en el área o base donde se construyó la pila.

**B. Colocación de plástico.-** Se colocó plástico bajo los 10 cm. aflojados del suelo, esto ayudó a evitar lixiviación de nutrientes al suelo, permitiéndonos obtener datos más reales del compost. (Fotografía 5)

#### **3.1.5.6. Elaboración de las compostas**

Para la construcción de las pilas de compostaje se procedió a trabajar de la siguiente manera; los materiales utilizados fueron medidos en volumen, no en peso, por la diferencia que presentan estos en cuanto a: contenidos de humedad, materia seca y para la facilidad de cálculos de rendimiento a la cosecha del compost. Para lo cual se utilizó cubetas de  $0,02 \text{ m}^3$  (balde de 20 litros). (Fotografía 7)

##### **3.1.5.6.1. Mezclas**

Para la formación de estas compostas se creó una empalizada de ramas gruesas como base y se humedeció. Sobre esta base se colocó los materiales de forma alternada y proporcional de cada insumo, correspondientemente a las diferentes mezclas detalladas en el cuadro 9, colocando una capa de suelo luego de cada capa de material orgánico. Una vez formada la pila se tomó 500 g de los materiales orgánicos utilizados, en cantidades proporcionales a lo colocado en cada compostera, agrupándolo como material fresco y seco para su análisis. (Fotografía 6)

##### **3.1.5.7. Riego**

El riego se realizó con una regadera imitando la forma de lluvia, esto para tener facilidad de medir el volumen de agua que se ocupó en cada compostera. El riego durante la formación de la pila y su proceso de descomposición se realizó de la manera más uniforme en todas las pilas, tomando en cuenta que se mantenga el porcentaje de humedad óptimo (40-60%), para el proceso de compostaje. (Moreno, C. 1.993)

En el agua se agregó una dosis recomendada de biol (250 ml biol/10 litros de H<sub>2</sub>O) para bioestimular la actividad microbiana. (INFORED, 2013, fotografía 8)

#### **3.1.5.8. Aireación**

Se realizó a los 25 días de formada la pila de compost, para lo cual se utilizó una barra metálica, formando orificios en la parte superior de cada tratamiento de 5 cm. de diámetro aproximadamente; esta aireación se realizó cada mes, con el fin de dar condiciones óptimas a la pila de compost, para el mejor desarrollo de la actividad microbiana. (Fotografía 9)

#### **3.1.5.9. Volteo**

A los dos meses y medio de construida la compostera se realizó un primer volteo, tiempo en el que se detectó un descenso en la temperatura. Al realizar el volteo se colocó el material menos descompuesto, en la parte media de la nueva pila de compostaje; humedeciendo de forma uniforme durante todo el proceso, tratando de tener el porcentaje de humedad adecuado (40-60%). (Moreno, C. 1993)

Se realizó un segundo volteo de las composteras a los cuatro meses, con el fin de uniformizar el material para la última fase de compostaje (De maduración). (Fotografía 10)

#### **3.1.5.10. Obtención del compost**

Se realizó la cosecha del compost a los 7 meses de formación de la pila de compostaje. Esto es 5 meses hasta la etapa de enfriamiento y 2 meses de la etapa de maduración. (Fotografía 11)

### **3.1.6. Descripción de las variables evaluadas**

#### **3.1.6.1. Temperatura**

Las mediciones de temperatura se realizaron: al inicio (semana 1 y 2), a la mitad (semana 7 y 8) y al final (semana 13 y 14) del desarrollo del ensayo; la temperatura se midió entre las 14h00 y 15h00, en el centro del montículo, utilizando un termómetro con aproximación a 100°; luego, en base a todas las lecturas de temperatura obtenidas durante cada semana, se calculó un promedio para la semana (1 y 2) (7 y 8) (13 y 14), reportando un valor de temperatura de cada unidad experimental. (Fotografía 12, anexo 3, cuadro 25, 26, 27)

#### **3.1.6.2. Rendimiento en volumen $m^3$ del compost obtenido**

La cosecha del compost se realizó de forma manual midiendo la cantidad del producto final en cubetas de  $0,02 m^3$  (baldes de 20 litros) determinado de esta manera el rendimiento de cada unidad experimental. (Anexo 3, cuadro 28)

#### **3.1.6.3. Valor nutricional y contenidos de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) del compost base de lechuguín**

Al inicio se tomó una muestra de 1 kg de los materiales utilizados para el compostaje, en cantidades proporcionales a los colocados en cada compostera, que se les agrupó para su análisis de nutrientes; los mismos que fueron realizados en los laboratorios del departamento de suelos de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP. (Anexo 4)

De igual manera, al final del ensayo se tomó dos muestras de cada tratamiento de 1 kg c/u; una de las muestras fue enviada a la estación experimental Santa Catalina, para determinar contenidos de nutrientes (Anexo 5) y otra a la facultad de ingeniería química de la Universidad Central del Ecuador, en donde se determinaron los contenidos de TPH y metales pesados. (Anexo 6 y fotografía 13)

### **3.2. FASE II. Evaluar el efecto de la aplicación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga.**

#### **3.2.1. Ubicación**

La segunda fase de este ensayo se instaló en la granja experimental “La Pradera”.

**Cuadro 10.** Ubicación geográfica del ensayo FASE II.

| <b>Ubicación</b>  | <b>Localidad</b>                 |
|-------------------|----------------------------------|
| <b>Provincia:</b> | Imbabura                         |
| <b>Cantón:</b>    | Antonio Ante                     |
| <b>Parroquia:</b> | San José de Chaltura             |
| <b>Lugar:</b>     | Granja experimental “La Pradera” |
| <b>Altitud:</b>   | 2267 m.s.n.m.                    |
| <b>Latitud:</b>   | 00° 21’ 32,37” Norte             |
| <b>Longitud:</b>  | 78° 12’ 14,95” Oeste             |

**Fuente:** INAMHI, 2008 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

**Cuadro 11.** Condiciones Climáticas.

|                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| <b>Temperatura Media Anual:</b>    | 17,1 °C                  |
| <b>Precipitación Media Anual:</b>  | 597,2 mm                 |
| <b>Clasificación Bioclimática:</b> | Sud-húmedo, Templado     |
| <b>Clasificación Ecológica:</b>    | Bosque seco montano bajo |

**Fuente:** INAMHI, 2008 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

### 3.2.2. Factores en Estudio

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.

### 3.2.3. Tratamientos

Los tratamientos fueron formados como se detallan a continuación:

- 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

### 3.2.4. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A.) con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

### 3.2.5. Características del Experimento

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Tratamientos            | 5  |
| Repeticiones            | 4  |
| Unidades experimentales | 20 |

### **3.2.6. Características de la unidad experimental**

El tamaño de la unidad experimental fue de  $8,4 \text{ m}^2$  (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  $420 \text{ m}^2$ , con un tamaño bloque de  $42 \text{ m}^2$ . (Anexo 2)

### **3.2.7. Manejo del Experimento**

#### **3.2.7.1. Preparación del almácigo**

El semillero para la producción de plántulas de lechuga se realizó en la granja experimental “La Pradera”, se utilizó la variedad “Luana”, que se cultiva en la zona por su demanda y adaptabilidad. (Fotografía 14)

#### **3.2.7.2. Toma de muestra del suelo**

Antes de realizar la instalación del ensayo, con el fin de establecer la cantidad de nutrimentos que requiera el cultivo de lechuga para el T4 (testigo químico), se tomó una muestra de suelo para el análisis químico completo (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B, pH y materia orgánica), el mismo que se realizó en la estación experimental Santa Catalina. (Anexo 7)

#### **3.2.7.3. Preparación del terreno**

El lote donde se instaló el ensayo estuvo en descanso de un cultivo de alfalfa y poblado de kikuyo; el suelo fue preparado con maquinaria agrícola (tractor), utilizando arada y rastra para el aflojamiento y nivelación del terreno. (Fotografía 15)

#### **3.2.7.4. Delimitación del Ensayo**

Inicialmente se procedió a la delimitación e instalación del ensayo, utilizando estacas, con la ayuda de un flexómetro, se señaló las unidades experimentales de 4,2 m de largo por 2 m de ancho, con azadón se procedió al surcado cada 0,50 m, para luego ubicar los tratamientos al azar en cada bloque dejando 1 m de camino entre bloques y tratamientos. (Fotografía 16)

#### **3.2.7.5. Riegos**

Una vez trazados los surcos, se dio el primer riego con poco caudal, para evitar dañar los surcos y poder plantar la lechuga; los riegos posteriores se realizaron dos veces por semana, hasta que la planta estuvo totalmente plantada (2 semanas aprox.), luego el riego pasó a ser cada 8 días. (Fotografía 17)

#### **3.2.7.6. Trasplante**

Con la ayuda de estacas de 3 cm de diámetro, se realizaron orificios a los costados del surco, sobre el nivel marcado por el agua de riego, se realizó el trasplante cuando las plantas de lechuga adquirieron entre 3 y 4 hojas verdaderas, estas fueron plantadas a una distancia de 0,35 m entre plantas y 0,50 m entre surcos. (Fotografía 18)

#### **3.2.7.7. Incorporación del compost y fertilizante químico de acuerdo a cada tratamiento**

La aplicación del compost para el T1, T2, T3 y el fertilizante químico para el T4, se realizó en la formación del surco antes del primer riego y a los 20 días de trasplantada la lechuga; estos fueron incorporados al fondo del surco y entre cada planta en forma de sembrado de acuerdo a las dosis establecidas en el detalle de los tratamientos. (Fotografía 19)

### **3.2.7.8. Labores culturales**

#### **a.- Deshierbas**

Con la ayuda de una pala recta se realizó dos deshierbas, la primera a los 35 días y la segunda a los 60 días del trasplante.

#### **b.- Control de plagas y enfermedades**

Para las plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, se realizó controles fitosanitarios: minador de la hoja y gusano trozador y se controló con acefato 75 PS a una dosis de 1,5 g /lt de agua y cipermetrina 250 EC a una dosis de 1,5 ml / lt de agua. En cuanto a enfermedades no se aplicó ningún producto, con el fin de observar efectos posiblemente negativos a causa de la aplicación del compost en el cultivo de lechuga.

#### **c.- Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual, a los 71 días de trasplantada la lechuga, momento en que la planta llegó a su estado de madurez fisiológica; esto es cuando al presionar con los dedos la cabeza de la lechuga presenta dureza. (Fotografía 20)

### **3.2.8. Descripción de las variables evaluadas**

#### **3.2.8.1. Supervivencia**

A los 60 días del trasplante se evaluó la supervivencia de las plantas de lechuga por parcela, con la finalidad de determinar el número de plantas vivas que presentó cada tratamiento. (Fotografía 21)

#### **3.2.8.2. Rendimiento en peso kg de cada planta de lechuga**

En la cosecha se tomó cuatro submuestras por cada unidad experimental, las cuales fueron pesadas (kg), obteniendo un valor promedio por planta de lechuga de cada unidad experimental. (Fotografía 22)

#### **3.2.8.3. Diámetro en cm de la cabeza de la lechuga**

Una vez que el repollo o cabeza de la lechuga alcanzó la madurez fisiológica, luego de tomar el peso y con la ayuda de dos escuadras y una regla, se determinó el diámetro en cm. de cuatro repollos de lechuga, obteniendo un promedio por unidad experimental.

#### **3.2.8.4. Toma de muestras para análisis de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) y metales pesados de la lechuga**

Luego de realizada la cosecha del cultivo, se procedió a la toma de muestras de la lechuga, utilizando una pala y fundas plásticas se tomaron tres submuestras por cada unidad experimental, teniendo como resultado doce submuestras por cada tratamiento, las cuales fueron picadas y mezcladas sacando una muestra homogénea de 1,00 kg; esta muestra fue enviada al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas, Oferta de Servicios y Productos (OSP) de la Universidad Central, con el fin de determinar el efecto del compost en el cultivo de lechuga. (Anexo 8 y fotografía 23)



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan a continuación:

#### 4.1. FASE I. Producción de compost a base de lechuguín (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.

##### 4.1.1. Temperatura en las composteras

##### 4.1.1.1. Temperatura en °C al inicio (semana 1 y 2) del desarrollo ensayo

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para las temperaturas obtenidas al inicio (semana 1 y 2) de la formación de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.               | G.L.  | S.C   | C.M  | F. Cal.            | F tab. |      |
|--------------------|-------|-------|------|--------------------|--------|------|
|                    |       |       |      |                    | 5%     | 1%   |
| Total              | 17    | 15,57 |      |                    |        |      |
| Tratamientos       | 2     | 3,53  | 1,76 | 2,20 <sup>ns</sup> | 3,68   | 6,36 |
| Error Experimental | 15    | 12,04 | 0,80 |                    |        |      |
| Promedio °C        | 22,31 |       |      |                    |        |      |
| CV %               | 4,02  |       |      |                    |        |      |

ns: no significativo

En el análisis de varianza para las temperaturas obtenidas al inicio (semana 1 y 2) de la formación de las pilas de compostaje a base de lechuguín, (cuadro 12), se observa que, no existe significación estadística para tratamientos; es decir todos los tratamientos son iguales. La media general fue de 22,31 °C, el coeficiente de variación de 4,02 %.

#### 4.1.1.2. Temperatura en °C a la mitad (semana 7 y 8) del desarrollo del ensayo

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para temperaturas obtenidas durante (semana 7 y 8) la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.               | G.L.  | S.C   | C.M   | F. Cal.  | F tab. |      |
|--------------------|-------|-------|-------|----------|--------|------|
|                    |       |       |       |          | 5%     | 1%   |
| Total              | 17    | 33,74 |       |          |        |      |
| Tratamientos       | 2     | 29,86 | 14,93 | 57,80 ** | 3,68   | 6,36 |
| Error Experimental | 15    | 3,88  | 0,26  |          |        |      |
| Promedio °C        | 27,03 |       |       |          |        |      |
| CV %               | 1,88  |       |       |          |        |      |

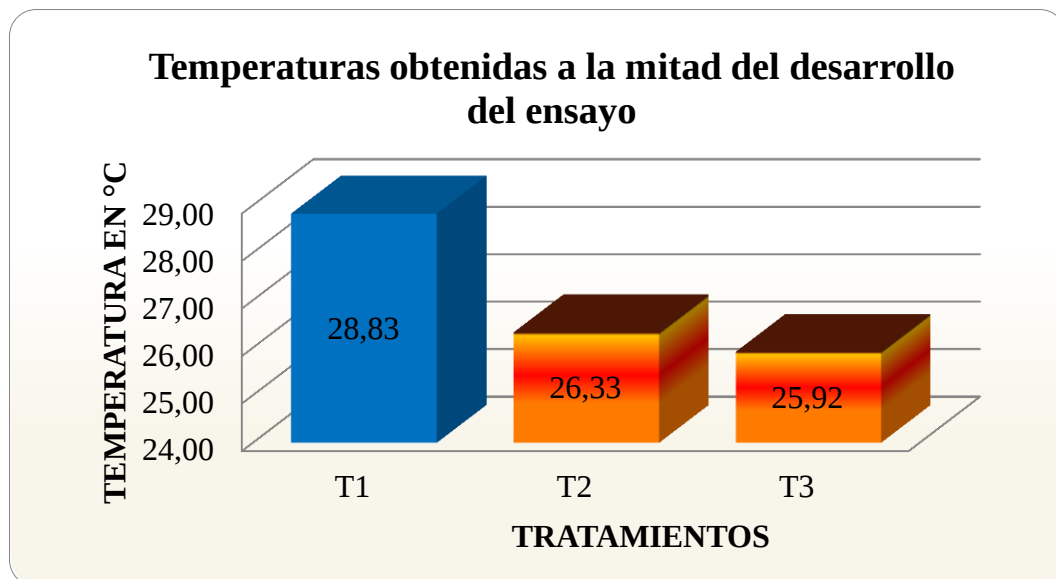
\*\*: Significativo al 1%

En el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza, para temperaturas obtenidas durante el proceso de descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín, donde se muestra diferencia significativa al 1% entre tratamientos. La media general fue de 27,03°C, con un coeficiente de variación de 1,88 %.

**Cuadro 14.** Prueba de Tukey al 5%, para temperaturas obtenidas durante (semana 7 y 8) la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| Tratamientos | Promedio °C | Tukey 5% |
|--------------|-------------|----------|
| T1           | 28,83       | a        |
| T2           | 26,33       | b        |
| T3           | 25,92       | c        |

En la prueba de Tukey al 5%, (Cuadro 14), se observa tres rangos, siendo el T1 (composta a) quien ocupa el primer rango con un promedio de 28,83°C; el segundo rango lo ocupa el T2 (composta b) con un promedio de 26,33°C y el tercer rango ocupa el T3 (composta c) con un promedio de 25,92°C.



**Gráfico 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.

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.

#### 4.1.1.3. Temperatura en °C obtenidas al final (semana 13 y 14) del desarrollo del ensayo

**Cuadro 15.** Análisis de varianza para temperaturas obtenidas al final (semana 13 y 14) de la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.               | G.L.  | S.C  | C.M  | F. Cal. | F tab. |      |
|--------------------|-------|------|------|---------|--------|------|
|                    |       |      |      |         | 5%     | 1%   |
| Total              | 17    | 4,13 |      |         |        |      |
| Tratamientos       | 2     | 1,75 | 0,88 | 5,53 *  | 3,68   | 6,36 |
| Error Experimental | 15    | 2,38 | 0,16 |         |        |      |
| Promedio °C        | 20,75 |      |      |         |        |      |
| CV %               | 1,92  |      |      |         |        |      |

\*: Significativo al 5%

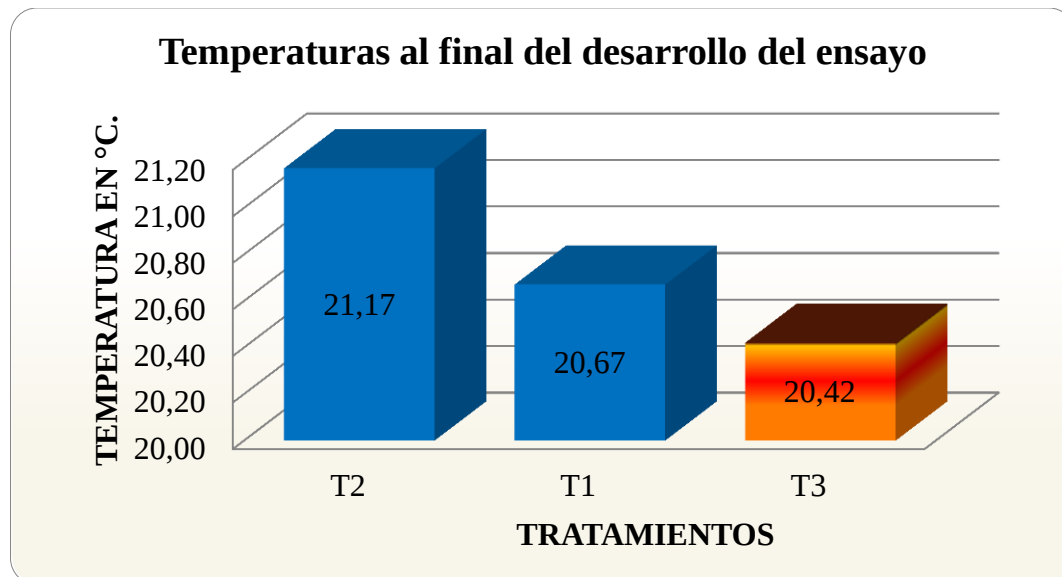
En el cuadro 15, se presenta el análisis de varianza, para temperaturas obtenidas al final de la descomposición de las pilas de compostaje, donde se detecta diferencia significativa al 5% entre tratamientos. La media general fue de 20,75°C, con un coeficiente de variación de 1,92 %.

**Cuadro 16.** Prueba de Tukey al 5%, para temperaturas al final (semana 13 y 14) de la descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| Tratamientos | Promedio °C | Tukey 5% |
|--------------|-------------|----------|
| T2           | 21,17       | <b>a</b> |
| T1           | 20,67       | <b>a</b> |
| T3           | 20,42       | <b>b</b> |

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

En la prueba de Tukey al 5%, (Cuadro 16), se observa que los tratamientos T2 (composta b), T1 (composta a), ocupan el rango “a”, con valores promedio de 21,17°C y 20,67°C son los que proporcionan temperaturas más altas.



**Gráfico 2.** Promedio de temperaturas obtenidas al final (semana 13 y 14) del proceso de descomposición de las pilas de compostaje a base de lechuguín.

El tratamiento dos T2 (composta b) compuesto de lechuguín, residuo de rameo y poda, suelo agrícola, y residuos vegetales (cocina) y el T1 (composta a) compuesto de lechuguín, residuo de rameo y poda, suelo agrícola, y estiércol bovino seco, son los mejores; debido a que los componentes de estos tratamientos retienen de mejor manera humedad, proporcionando una mayor temperatura.

#### 4.1.2. Rendimiento (m<sup>3</sup>) del compost a base de lechuguín

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para el promedio de rendimiento (m<sup>3</sup>) del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.                    | G.L. | S.C    | C.M    | F. Cal.  | F tab. |      |
|-------------------------|------|--------|--------|----------|--------|------|
|                         |      |        |        |          | 5%     | 1%   |
| Total                   | 17   | 0,02   |        |          |        |      |
| Tratamientos            | 2    | 0,02   | 0,01   | 76,35 ** | 3,68   | 6,36 |
| Error Experimental      | 15   | 0,0017 | 0,0001 |          |        |      |
| Promedio m <sup>3</sup> | 0,27 |        |        |          |        |      |
| CV %                    | 3,97 |        |        |          |        |      |

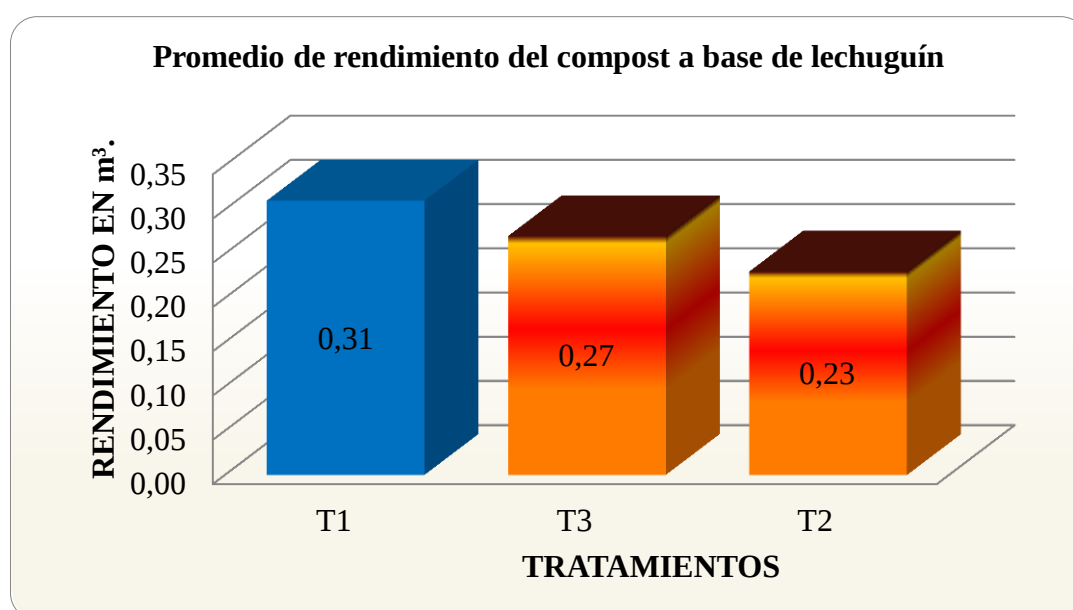
\*\*: Significativo al 1%

En el análisis de varianza (Cuadro 17), se observa que existen diferencias significativas al 1% para tratamientos, determinando que la materia orgánica utilizada en cada una de las pilas de compostaje, influye en lo que se refiere al rendimiento. El CV es de 3,97 %, con un promedio en rendimiento de 0,27 m<sup>3</sup>.

**Cuadro 18.** Prueba de Tukey al 5% para promedio de rendimiento ( $\text{m}^3$ ) del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| Tratamientos | Promedio $\text{m}^3$ | Tukey 5% |
|--------------|-----------------------|----------|
| <b>T1</b>    | 0,31                  | <b>a</b> |
| <b>T3</b>    | 0,27                  | b        |
| <b>T2</b>    | 0,23                  | c        |

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para rendimiento de compost base de lechuguín (Cuadro 18), se observa que el tratamiento T1 (compost a), ocupa el primer rango con un valor promedio de  $0,31 \text{ m}^3$ ; 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  $\text{H}_2\text{O}$ , dejando mayores rendimientos a la cosecha; tanto el T1 como los demás tratamientos partieron de  $1,00 \text{ m}^3$  de materiales a compostar al momento de la formación de la pila de compost.

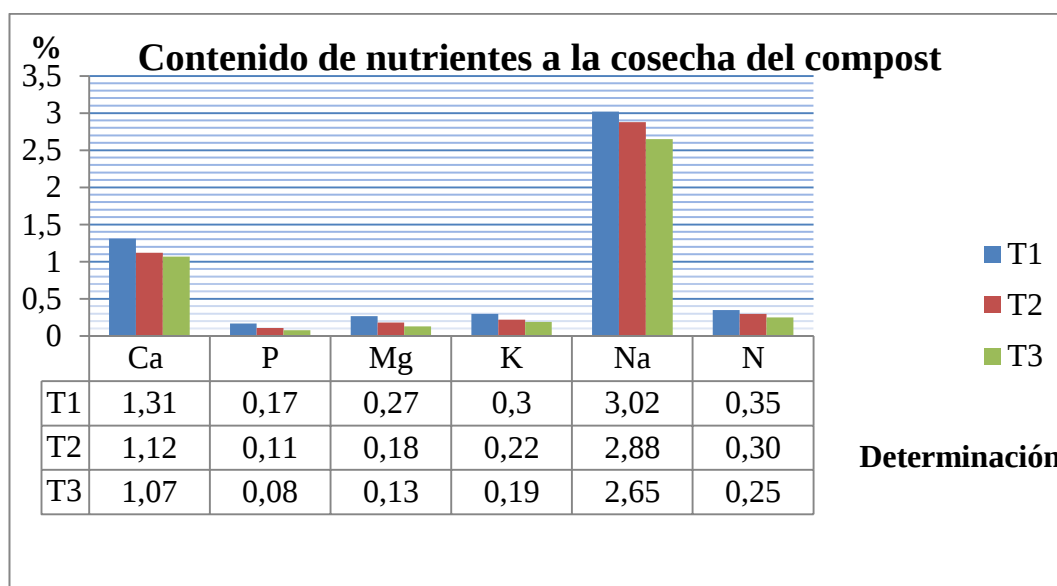


**Gráfico 3.** Promedio de rendimiento del compost a base de lechuguín.

### 4.1.3. Valor nutricional y contenidos de TPH del compost a base de lechuguín

#### 4.1.3.1. Valor de nutrientes de las compostas a base de lechuguín

En el gráfico 4, 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 %.



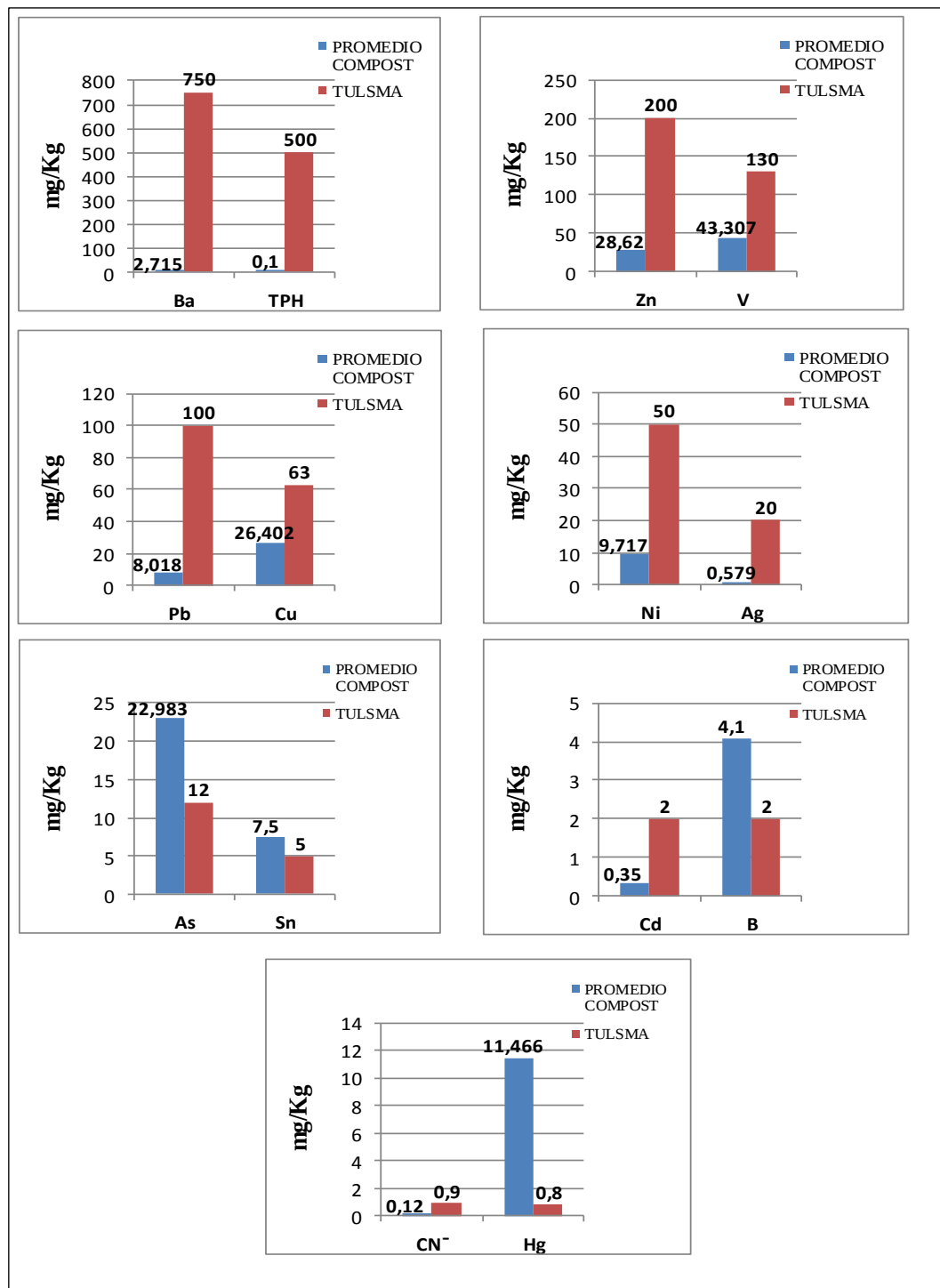
**Gráfico 4.** Resultados de los análisis químicos de % de Ca, P, Mg, K, Na y N en los tres tratamientos a la cosecha del compost.

**Cuadro 19.** Nutrientes de los tratamientos y del suelo, según análisis químicos y requerimiento nutricional del cultivo de lechuga

| ELEM. | T1<br>COMPOSTA A |          | T2<br>COMPOSTA B |          | T3<br>COMPOSTA C |          | REPORTE<br>ANÁLISIS<br>DE<br>SUELO | REQUER.<br>NUTRI.<br>PARA EL<br>CULTIVO<br>DE<br>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 el cuadro 19 se muestran los contenidos de nutrientes de las compostas: al 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.

**4.1.3.2. Contenido de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) y metales pesados de las compostas a base de lechuguín comparados con los  mites máximos permisibles según el TULSMA**



**Gráfico 5.** Comparación del valor promedio resultante de los análisis químicos de las pilas de compostajes con los  mites máximos permisibles según el TULSMA.

En el gráfico 5, 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. (Anexo 9)

**Cuadro 20.** 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 el cuadro 20 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 como se muestra en el gráfico 5.

Además, WHO, ILO. (2001) citado por Calzada, J. 2007 menciona que: “Las concentraciones de As en varios tipos de rocas ígneas van de < 1 a 15 mg As/kg, con valores medios de 2 mg As/kg, concentraciones similares (<1 – 20 mg As/Kg) se encuentran en areniscas y calizas y se pueden hallar concentraciones mayores en rocas sedimentarias arcillosas (> 900 mg As/kg)”.

El uso de los compuestos de arsénico incluye pesticidas, conservadores de madera, vidrio, aleaciones y componentes electrónicos, entre otros; los compuestos como son el metilarsenato monosódico ( $\text{NaCH}_3\text{HAsO}_3$ ), metilarsenato disódico ( $\text{Na}_2\text{CH}_3\text{AsO}_3$ ) y el ácido dietilarsenico ( $((\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH}))$ ), se usan ampliamente en la agricultura como fungicidas, insecticidas y herbicidas; El  $\text{As}_2\text{O}_3$  se emplea para decolorar el vidrio en la manufactura de fármacos y el arsénico elemental con las aleaciones de Pb, Cu, Sb, Sn, Al y Ga.

## 4.2. FASE II. Evaluación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

### 4.2.1. Análisis de la variable sobrevivencia (unidades) a la cosecha de la lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín

**Cuadro 21.** Análisis de varianza para la sobrevivencia (unidades) a la cosecha de plantas de lechuga, frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.               | G.L.  | S.C  | C.M  | F. Cal. |    | F tab. |      |
|--------------------|-------|------|------|---------|----|--------|------|
|                    |       |      |      |         |    | 5%     | 1%   |
| Total              | 19    | 6,55 |      |         |    |        |      |
| Tratamientos       | 4     | 1,3  | 0,33 | 0,76    | ns | 3,26   | 5,41 |
| Bloques            | 3     | 0,15 | 0,05 | 0,12    | ns | 3,59   | 5,95 |
| Error Experimental | 12    | 5,1  | 0,42 |         |    |        |      |
| Promedio unidades  | 47,65 |      |      |         |    |        |      |
| CV %               | 1,37  |      |      |         |    |        |      |

ns: No Significativo

En el análisis de varianza (Cuadro 21), para sobrevivencia de plantas de lechuga, a los 60 días después del trasplante, se observa que no existe significación estadística para tratamientos y bloques; es decir las plantas de lechuga tienen el mismo comportamiento frente a esta variable. El CV fue de 1,37 % con un promedio de 47,65 plantas vivas pro unidad experimental.

#### 4.2.2. Análisis de la variable peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas de lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín

**Cuadro 22.** Análisis de varianza para peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas lechuga frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.                   | G.L.  | S.C  | C.M  | F. Cal. |    | F tab. |      |
|------------------------|-------|------|------|---------|----|--------|------|
|                        |       |      |      |         |    | 5%     | 1%   |
| Total                  | 19    | 0,78 |      |         |    |        |      |
| Tratamientos           | 4     | 0,48 | 0,12 | 5,56    | ** | 3,26   | 5,41 |
| Bloques                | 3     | 0,03 | 0,01 | 0,51    | ns | 3,59   | 5,95 |
| Error Experimental     | 12    | 0,26 | 0,02 |         |    |        |      |
| Peso Promedio en kilos | 0,94  |      |      |         |    |        |      |
| CV %                   | 15,92 |      |      |         |    |        |      |

\*\* : Significativo al 1%

ns: No Significativo

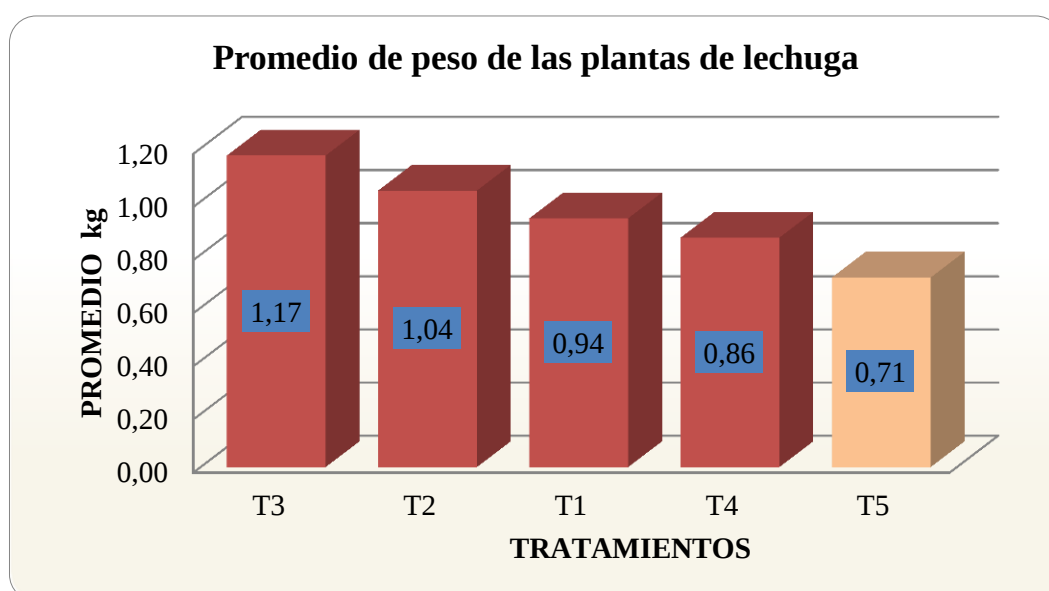
En el análisis de varianza (Cuadro 22), se observa que existe alta significación estadística para tratamientos; es decir todos los valores son diferentes debido a las condiciones de cada uno de los compost, deduciendo que el contenido de cada uno de estos, influyen en el peso de la lechuga. El CV es de 15,92 %, con un promedio de 0,94 kg de peso por cada planta de lechuga.

**Cuadro 23.** Prueba de Tukey al 5% para el peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas lechuga, frente a la aplicación del compost a base de lechuguín. Imbabura, Perugachi, 2012.

| Tratamientos | Promedio kg | Tukey 5% |
|--------------|-------------|----------|
| T3           | 1,17        | a        |
| T2           | 1,04        | a        |
| T1           | 0,93        | a        |
| T4           | 0,86        | a        |
| T5           | 0,71        | b        |

Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5%, para el peso a la cosecha en kilos de las plantas de lechuga, frente a la aplicación de compost a base de lechuguín (Cuadro 23), se observa que los tratamientos T3, T2, T1, T4, ocupan el rango “a”.



**Gráfico 6.** Promedio de peso de las plantas de lechuga a la cosecha, frente a la aplicación del compost a base de lechuguín.

En el gráfico 6, se observa que los tratamientos T3, T2, T1 y T4 ocupan el rango “a”, y al analizar los valores matemáticamente, vemos que al aumentar la cantidad de compost a base de lechuguín, incrementa el rendimiento a la cosecha.

#### 4.2.3. Análisis de variable diámetro de la cabeza de la lechuga (cm) a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín

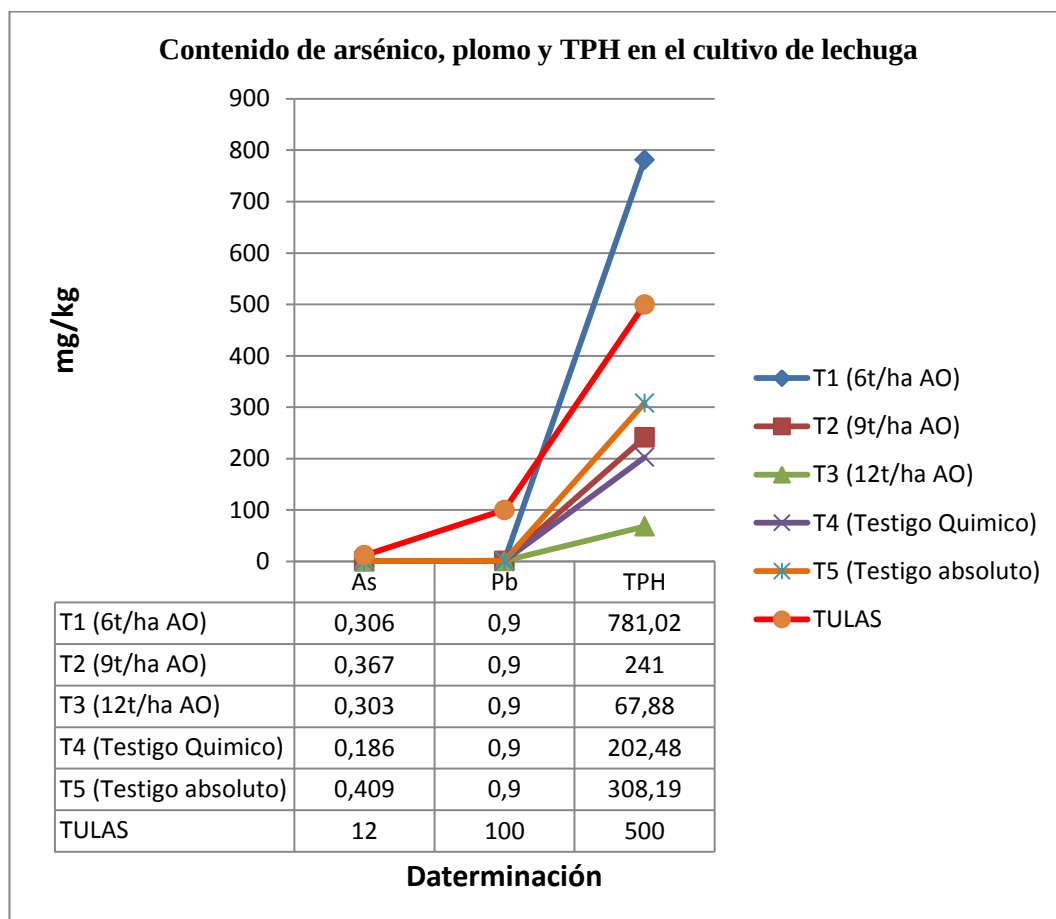
**Cuadro 24.** Análisis de varianza para el diámetro de la lechuga (cm) a la cosecha frente a la aplicación del compost a base de lechuguín; Imbabura, Perugachi, 2012.

| F.V.                    | G.L.  | S.C   | C.M  | F. Cal. | F tab. |      |
|-------------------------|-------|-------|------|---------|--------|------|
|                         |       |       |      |         | 5%     | 1%   |
| Total                   | 19    | 22,87 |      |         |        |      |
| Tratamientos            | 4     | 10,76 | 2,69 | 2,85 ns | 3,26   | 5,41 |
| Bloques                 | 3     | 0,79  | 0,26 | 0,28 ns | 3,59   | 5,95 |
| Error Experimental      | 12    | 11,32 | 0,94 |         |        |      |
| Diámetro del repollo cm | 12,42 |       |      |         |        |      |
| CV %                    | 7,82  |       |      |         |        |      |

ns: No significativo

En el análisis de varianza para diámetro del repollo de la lechuga a la cosecha del cultivo (cuadro 24), se observa que no existe significación estadística para tratamientos y bloques. El CV es de 7,82 % con un promedio de 12,42 cm de diámetro por cada planta de lechuga.

#### 4.2.4. Resultados de análisis de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) y metales pesados de la lechuga



**Gráfico 7.** Contenidos de TPH y metales pesados de las plantas de lechuga a la cosecha, frente a la aplicación del compost a base de lechuguín, comparados con los límites máximos permisibles según el TULSMA.

En el gráfico 7, se muestran los contenidos de TPH y metales pesados en las plantas de lechuga, frente a la aplicación de compost a base de lechuguín; Los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos, comparados con los límites máximos permisibles según el TULSMA; expresan que el tratamiento T3 (12 tm/ha AO) es el que menor contenido de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) tiene; colocándose, por muy debajo de los límites máximos permisibles expuestos en el libro VI del TULSMA. (Anexo 9)

Díaz, A. (2003), recoge datos sobre los contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios emitidos por la Secretaria General de Comercio Exterior, Gandia, España.

Tomando como referencia los contaminantes analizados en el cultivo de lechuga (Pb y As) tenemos que en Japón el contenido máximo de Pb en espinaca, pera, manzana, es 5,00 mg/kg, de igual manera para patata, tomate, uva, fresa, el contenido máximo de Pb es 1,00 mg/kg.; en el caso de As, el contenido máximo permisible en Sudáfrica es 1,00 mg/kg, para carne y chocolate y 3,00 mg/kg de As. en pescados.

Haciendo referencia entre los contenidos de As y Pb analizados en el cultivo de lechuga y los límites máximos permisibles que rigen en Japón y Sudáfrica; observamos que se encuentran bajo los contenidos máximos en metales pesados, en productos alimenticios.

Por otro lado, INCA (2012), menciona que: “Los compost obtenidos a partir de la basura doméstica extraída de los vertederos sin previa clasificación y los sustratos preparados a partir de estos, presentan contenidos de metales pesados, especialmente Cd. y Pb., por encima de los límites máximos permisibles, por lo que no deben ser empleados para la producción de alimentos; ya que estos metales se traslocan a los órganos comestibles de las hortalizas cultivadas en ellos, en cantidades perjudiciales para la salud humana; una alternativa sería el posible uso de estos materiales en la producción de forestales y plantas ornamentales.

Es importante observar que el contenido de TPH en el cultivo de lechuga, como se muestra en el gráfico 7, pudo haberse dado por algunos factores:

Los TPH abarcan una gran cantidad de derivados de hidrocarburos, ya sean estos de fácil o difícil degradación, y no sabemos cuáles específicamente detectan el análisis realizado.

El método de análisis y el tipo de reactivo utilizado en cada uno de ellos, pueden arrojar datos menos o más precisos.

En este estudio fue necesario analizar elementos orgánicos; como es el carbono en otro material orgánico, como es la lechuga o el lechuguín; siendo complicado obtener resultados más puntuales.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizado los análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación a través de los objetivos planteados se emite las siguientes 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 0,31m<sup>3</sup>. 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 %. (Anexo 5, Gráfico 4)
- 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.(Anexo 9)

- 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 (*Eichornia 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. (Anexo 9)
- 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 (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A, es adecuado para el cultivo de lechuga.

## 5.2. RECOMENDACIONES

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

- En base a los resultados obtenidos de la presente investigación, se recomienda a Lafarge Cementos S.A. disponer de este compost, para la reforestación de capas vegetales, recuperación de áreas verdes; además de prácticas agrícolas con la comunidad.
- Es recomendable realizar otras investigaciones donde se ponga en práctica la técnica del compostaje, utilizando al lechuguín resultante del tratamiento de aguas residuales con diferentes sustratos o realizando esta práctica a diferentes m.s.n.m., con la idea de bajar al máximo los niveles de contaminación en el compost.
- Se recomienda también realizar otros estudios, donde se analice químicamente cada material o sustrato por separado, antes de formar las pilas de compost; con el fin de identificar los elementos que contengan cada uno de los sustratos utilizados.

**FASE II:** Mediante la aplicación del abono orgánico a base de lechuguín en el cultivo de lechuga, se recomienda:

- De los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda utilizar el T3 (12 t/ha de compost a base de lechuguín) para el cultivo de lechuga; siendo este el tratamiento donde se obtuvo los mejores rendimientos.
- Todos estamos expuestos a la contaminación por TPH provenientes de diferentes fuentes; por lo que es recomendable, no usar aguas residuales o contaminadas para el riego de hortalizas, por ser de consumo fresco. (ATSDR, 2002)

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ariza, J. (2012). Abonos orgánicos. Propiedades de los abonos orgánicos-slideshare.net
- Benzing, A. (2001). Agricultura orgánica. Fundamentos para la región andina. Neckar - Verlag, Villingen Schwenningen, Alemania. P. 682
- Calzada, J. (2007). Mapas geoquímicos de metales pesados del Estado de Tlaxcala, México. Centro de Geociencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cervantes, M. (2009). Abonos Orgánicos. Profesor Titular del Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A.  
Campomar.[http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)
- Coronado, M. (1998). Manual de prevención y minimización de la contaminación industrial. Panorama editorial. México. P. 53-69, 105-115
- Cruz, M. (2008). Evaluación del potencial forrajero del pasto maralfalfa *Pennisetum violaceum* con diferentes niveles de fertilización y fósforo con una base estándar de potasio. Tesis de grado. Facultad de ciencias pecuarias. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba-Ecuador. P. 58
- 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.

Documentos Internos (2011). Departamento de Medio Ambiente. Base de datos Lafarge Cementos S.A. km 71/2 vía Selva Alegre.

Fernández, R. Gómez, J. Estrada, I. (2004). Compost legislation: Sanitation vs. Biological quality. I International Conference Soil and Compost Ecology, P. 167-183.

Fiabane, C y Meléndez, L. (1997). Elaboración de compost utilizando aserrín de pino (*Pinus radiata* D. Don) y su evaluación como fertilizante en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Memoria de ingeniero agrónomo. Universidad Santiago de Chile. Facultad de agronomía. P.112

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

Lord, R. (1982). Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Serie bibliográfica, C.P.E.H.S., OPS, OMS.

Manual agropecuario, (2002). Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Limerin S.A. Bogotá, Colombia. El Compost P. 532-546. La lechuga P. 705-707

Moreno, C.; Moral, J.; Herrero, R. (2008). Compostaje. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España P. 85-182

Padilla, W. (2002). Libro de Suelos pdf. Adobe Reader. CD – 1ra Edición 2002. Quito Ecuador

- Rodríguez, F. (2005). Biotecnología ambiental, degradación natural. Editorial TEBER, S.L. Madrid. P. 127
- Rzedowski & Rzedowski, (2004). Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Centro regional del Bajío Fascículo 121, San Luis, Missouri, Estados Unidos
- Suquilanda, M. (1995). Minilechugas: Manual para la producción orgánica. FUNDAGRO. P. 497-549
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura orgánica alternativa tecnológica del Futuro. Quito – Ecuador.
- Suquilanda, M. (2003). Producción orgánica de cinco hortalizas en la Sierra Centro Norte del Ecuador. Editorial Universidad Central. Quito-Ecuador. La Lechuga P.147-164
- Solms, M. (1883). Instituto de Biología. *Eichhornia crassipes*. Colecciones Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Trinidad, A. (2008). Abonos orgánicos. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación SEGARPA México. Archivo de internet 06-1 pdf.

## LINCOGRAFÍA

ATSDR (2002). Contaminación por THP. Recuperado el 2012 de [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs123.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html)

Biblioteca de la agricultura (2003). Biblioteca Agraria. Boletín Agrario. Recuperado el 2011 de <http://www.boletinagrario.com/ap-22,libro-blanco-agricultura-espana,31.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 Unión Europea. Recuperado el 2011 de <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>

Ethno-botanik.org (2006). Información sobre compost y compostero. Recuperado el 2011 de <http://www.ethnobotanik.org/Sonstiges/Compostero/Compostero.html>

INAMHI (2008). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Ubicación Geográfica. Recuperado el 2012 de <http://www.inamhi.gob.ec/>

INFOAGRO (2010). Abonos orgánicos y compostaje. Parte 1 y 2. Recuperado el 2011 de [www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp](http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp)

INFOAGRO (2010). El cultivo de lechuga. Recuperado el 2012 de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

INFORED (2013). Biofertilizantes de última generación. Recuperado el 2013 de [http://guanoextraplus.infored.mx/751495\\_Que-son-los-Biofertilizantes-.html](http://guanoextraplus.infored.mx/751495_Que-son-los-Biofertilizantes-.html)

Instituto de Biología (2008). *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms, 1883 - IBUNAM: MEXU:PA101667. UNIBIO: Colecciones Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 2012 de <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PA101667>

ORGÁNICOS GASÁN (2002). Fabricación de abonos orgánicos y proceso de compostaje. Recuperado el 2012 de [www.organicogasan.com/compostaje.html](http://www.organicogasan.com/compostaje.html)

Ramírez, M. (1998). EL Compost. Recuperado el 2011 de [www.googlebooks.com/ramirez1998.htm](http://www.googlebooks.com/ramirez1998.htm)

SAGARPA- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación México (2010). Abonos orgánicos. Recuperado el 2012 de [www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA)

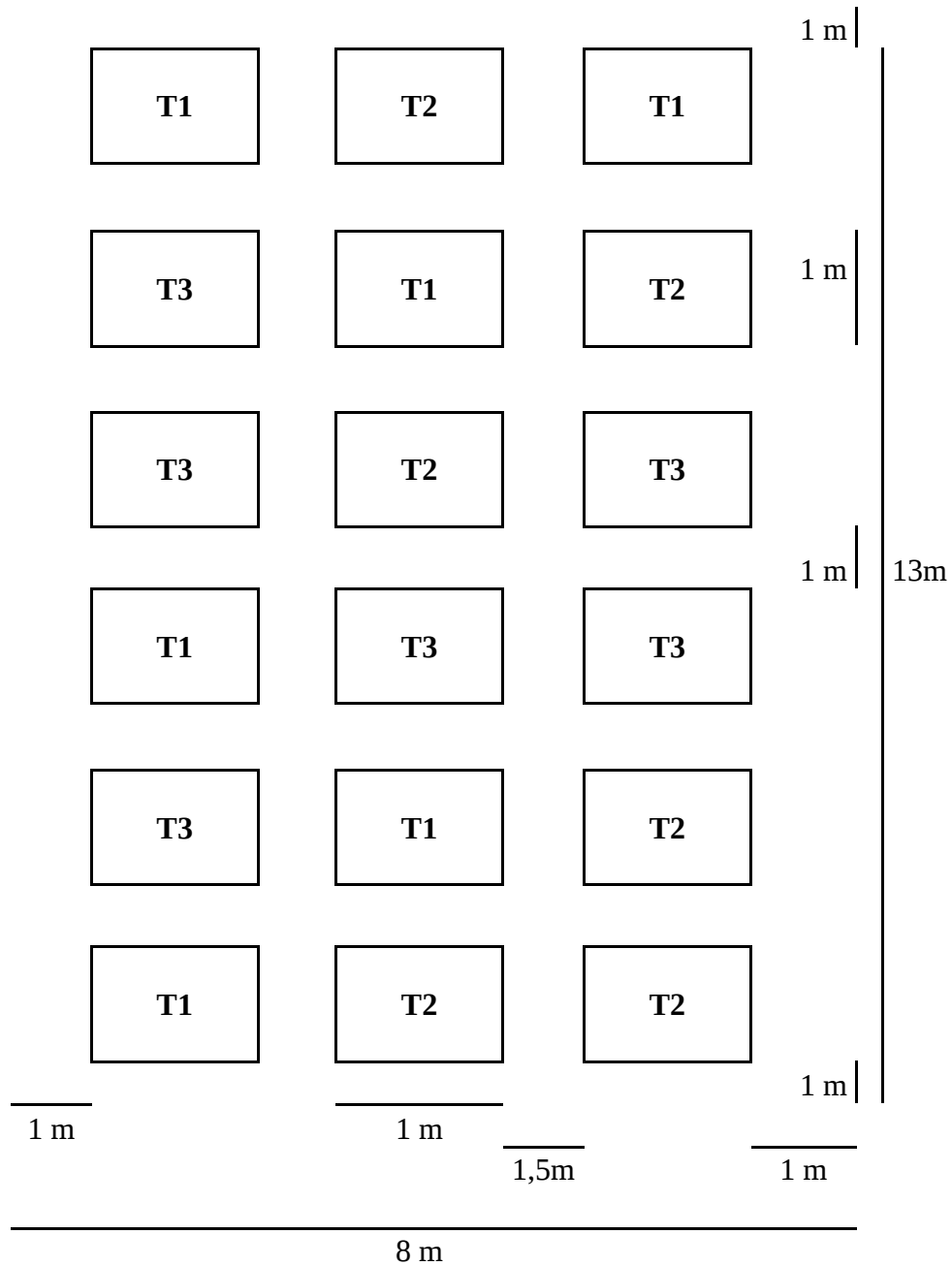
TULSMA (2003) Tratado unificado de Legislación secundaria de medio ambiente. Libro VI. Anexo II. Recuperado el 2011 de <http://www.basf.com.ec/pdf/DOCFINAL2008.pdf>

UNET (2007). Generalidades de la lechuga (*Lactuca sativa*). Revisión bibliográfica. Recuperado el 2012 de [http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2007/pregrado/Agronomia/MartinezI\\_JesusJ/CapituloIII.pdf](http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2007/pregrado/Agronomia/MartinezI_JesusJ/CapituloIII.pdf)

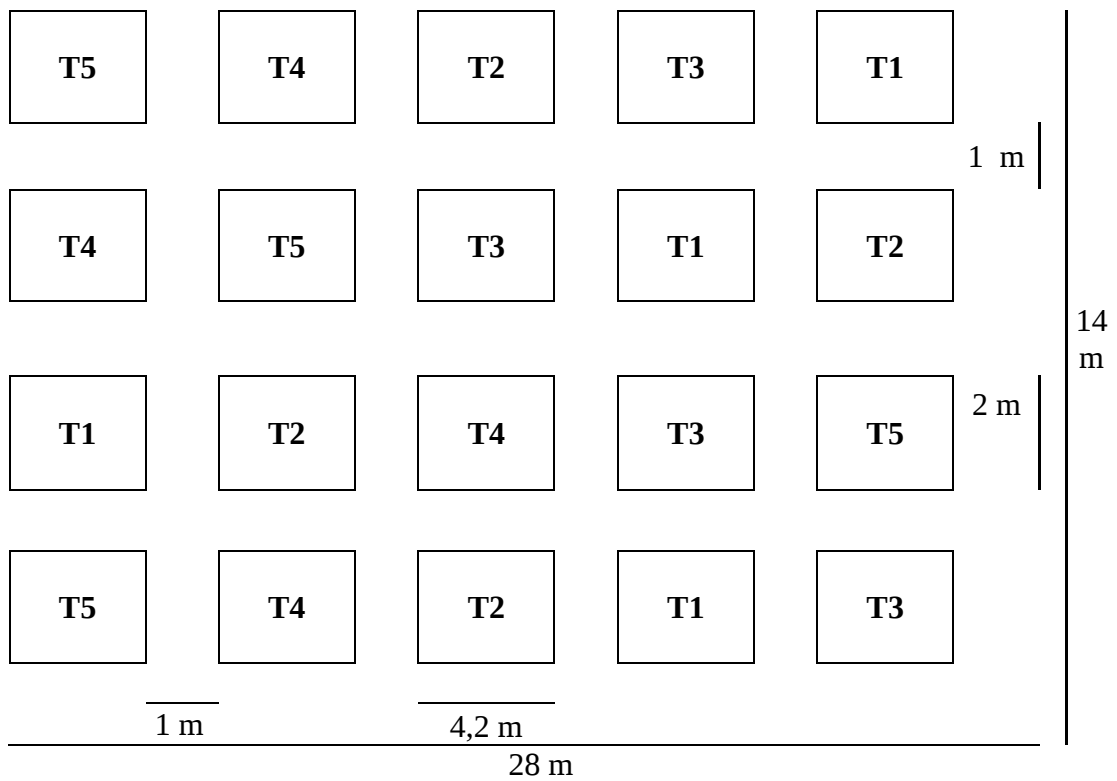
UNIVERSIDAD DEL VALLE (2006). Estanques de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para tratamiento de residuos industriales. Recuperado el 2011 de <http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-de-jacinto/estanques-de-jacinto2.shtml>

## ANEXOS

**ANEXO 1.** Esquema como fue distribuida el área del experimento FASE I; producción del compost a base de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A.



**ANEXO 2.** Esquema del área del experimento FASE II; evaluación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en la granja experimental “la Pradera” de la UTN.



### ANEXO 3. Datos recopilados durante la investigación

#### FASE I

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

#### Temperatura en las composteras

**Cuadro 25.** Valores promedio de temperatura °C al inicio del desarrollo del ensayo (semana 1 y 2)

| Nº / REP | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1       | 21,50 | 23,00 | 24,00 | 23,00 | 23,00 | 22,50 | 137,00     | 22,83 |
| T2       | 22,50 | 21,50 | 22,50 | 23,00 | 22,00 | 22,50 | 134,00     | 22,33 |
| T3       | 22,00 | 22,00 | 22,50 | 23,00 | 21,50 | 19,50 | 130,50     | 21,75 |
| Suma Rep | 66,00 | 66,50 | 69,00 | 69,00 | 66,50 | 64,50 | 401,50     | 22,31 |

**Cuadro 26.** Valores promedio de temperatura °C a la mitad del desarrollo del ensayo (semana 7 y 8)

| Nº / REP | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1       | 29,00 | 29,00 | 29,00 | 28,50 | 28,50 | 29,00 | 173,00     | 28,83 |
| T2       | 26,00 | 26,00 | 26,50 | 26,50 | 26,00 | 27,00 | 158,00     | 26,33 |
| T3       | 26,50 | 26,00 | 25,00 | 25,00 | 26,50 | 26,50 | 155,50     | 25,92 |
| Suma Rep | 81,50 | 81,00 | 80,50 | 80,00 | 81,00 | 82,50 | 486,50     | 27,03 |

**Cuadro 27.** Valores promedio de temperatura °C al final del desarrollo del ensayo (semana 13 y 14)

| Nº / REP | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1       | 21,00 | 20,50 | 21,50 | 20,50 | 20,00 | 20,50 | 124,00     | 20,67 |
| T2       | 21,50 | 21,50 | 21,00 | 21,00 | 20,50 | 21,50 | 127,00     | 21,17 |
| T3       | 20,50 | 20,50 | 20,50 | 20,50 | 20,00 | 20,50 | 122,50     | 20,42 |
| Suma Rep | 63,00 | 62,50 | 63,00 | 62,00 | 60,50 | 62,50 | 373,50     | 20,75 |

### **Rendimiento (m<sup>3</sup>) del compost a base de lechuguín**

**Cuadro 28.** Valores promedio de rendimiento (m<sup>3</sup>) del compost a base de lechuguín

| <b>N° / REP</b> | <b>I</b> | <b>II</b> | <b>III</b> | <b>IV</b> | <b>V</b> | <b>VI</b> | <b>Suma Trat.</b> | <b>MEDIA</b> |
|-----------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|-------------------|--------------|
| T1              | 0,30     | 0,30      | 0,32       | 0,32      | 0,30     | 0,32      | 1,86              | 0,31         |
| T2              | 0,22     | 0,24      | 0,24       | 0,22      | 0,24     | 0,24      | 1,40              | 0,23         |
| T3              | 0,28     | 0,26      | 0,28       | 0,26      | 0,28     | 0,26      | 1,62              | 0,27         |
| Suma Rep        | 0,80     | 0,80      | 0,84       | 0,80      | 0,82     | 0,82      | 4,88              | 0,27         |

## FASE II.

Evaluar el efecto de la aplicación del compost a base de lechuguín en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*).

### Sobrevivencia (unidades) a la cosecha de la lechuga

**Cuadro 29.** Valores promedio de sobrevivencia de las plantas de lechuga a los 60 días del trasplante

| Nº / REP | I      | II     | III    | IV     | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|
| T1       | 48,00  | 47,00  | 48,00  | 46,00  | 189,00     | 47,25 |
| T2       | 48,00  | 48,00  | 47,00  | 48,00  | 191,00     | 47,75 |
| T3       | 48,00  | 48,00  | 48,00  | 48,00  | 192,00     | 48,00 |
| T4       | 47,00  | 47,00  | 48,00  | 48,00  | 190,00     | 47,50 |
| T5       | 48,00  | 48,00  | 47,00  | 48,00  | 191,00     | 47,75 |
| Suma Rep | 239,00 | 238,00 | 238,00 | 238,00 | 953,00     | 47,65 |

### Peso promedio a la cosecha (kg) generado por las plantas de lechuga

**Cuadro 30.** Valores promedio de peso (kg) de cada planta de lechuga por tratamiento

| Nº / REP | I    | II   | III  | IV   | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|------|------|------|------|------------|-------|
| T1       | 0,89 | 0,85 | 0,86 | 1,13 | 3,73       | 0,93  |
| T2       | 1,22 | 1,12 | 0,88 | 0,94 | 4,16       | 1,04  |
| T3       | 1,20 | 1,41 | 1,11 | 0,96 | 4,68       | 1,17  |
| T4       | 0,92 | 0,81 | 0,77 | 0,95 | 3,45       | 0,86  |
| T5       | 0,58 | 0,68 | 0,76 | 0,83 | 2,85       | 0,71  |
| Suma Rep | 4,81 | 4,87 | 4,37 | 4,83 | 18,88      | 0,94  |

**Cuadro 31.** Rendimiento en peso (tm/ha) de cada tratamiento del cultivo de lechuga

| N° / REP | I      | II     | III    | IV     | Suma Trat. | MEDIA  |
|----------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|
| T1       | 50,86  | 48,57  | 49,14  | 64,57  | 213,14     | 53,29  |
| T2       | 69,71  | 64,00  | 50,29  | 53,71  | 237,71     | 59,43  |
| T3       | 68,57  | 80,57  | 63,43  | 54,86  | 267,43     | 66,86  |
| T4       | 52,57  | 46,29  | 44,00  | 54,29  | 197,14     | 49,29  |
| T5       | 33,14  | 38,86  | 43,43  | 47,43  | 162,86     | 40,71  |
| Suma Rep | 274,86 | 278,29 | 250,29 | 274,86 | 1078,29    | 269,57 |

**Diámetro promedio (cm) del repollo de la lechuga**

**Cuadro 32.** Valores promedio de diámetro (cm) del repollo de la lechuga

| N° / REP | I     | II    | III   | IV    | Suma Trat. | MEDIA |
|----------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1       | 11,90 | 11,85 | 11,90 | 13,80 | 49,45      | 12,36 |
| T2       | 14,30 | 13,75 | 11,85 | 12,20 | 52,10      | 13,03 |
| T3       | 13,30 | 14,25 | 13,60 | 12,25 | 53,40      | 13,35 |
| T4       | 10,30 | 11,00 | 11,35 | 12,35 | 45,00      | 11,25 |
| T5       | 12,00 | 12,80 | 12,20 | 11,50 | 48,50      | 12,13 |
| Suma Rep | 61,80 | 63,65 | 60,90 | 62,10 | 248,45     | 12,42 |

# ANEXO 4. Análisis químico de nutrientes de materiales a compostar.

MC-LSAIA-20071-02



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
Panamericana Sur Km. 1, Casapueblo 7th, 2000001, 2007134, Pao 2007104  
Calleja postal 17-01-3402



**INFORME DE ENSAYO No: 11-032**

**NOMBRE PETICIONARIO:** SR. FABIÁN ENRIQUEZ  
**DIRECCIÓN:** Chivalt  
**FECHA DE EMISIÓN:** 07 de julio de 2011  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 06 al 07 de julio de 2011

**Particular:**  
Sr. Fabian Enriquez  
24 de junio de 2011  
09600  
MINERALES TOTALES, CENIZA

**INSTITUCIÓN:**  
**ATENCIÓN:**  
**FECHA DE RECEPCIÓN:**  
**HORA DE RECEPCIÓN:**  
**ANÁLISIS SOLICITADO:**

**Particular:**  
Sr. Fabian Enriquez  
24 de junio de 2011  
09600  
MINERALES TOTALES, CENIZA

**IDENTIFICACIÓN**

| ANÁLISIS    | HUMEDAD           | Ca <sup>++</sup>  | P <sup>++</sup>   | Mg <sup>++</sup>  | K <sup>+</sup>    | Na <sup>+</sup>   | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| MÉTODO      | MO-LSAIA-01.01.01 | MO-LSAIA-01.01.02 | MO-LSAIA-01.01.04 | MO-LSAIA-01.01.02 | MO-LSAIA-01.01.03 | MO-LSAIA-01.01.03 |                |
| MÉTODO REF. | U. FLOREDA 1980   | U. FLOREDA 1980   | U. FLOREDA 1980   | U. FLOREDA 1980   | U. FLOREDA 1980   | U. FLOREDA 1980   |                |
| UNIDAD      | %                 | %                 | %                 | %                 | %                 | %                 |                |
| 11-0676     | 36.24             | 1.26              | 0.26              | 0.44              | 0.52              | 0.20              | COMPOST A      |
| 11-0677     | 40.44             | 1.80              | 0.32              | 0.66              | 0.28              | 0.18              | COMPOST B      |
| 11-0678     | 42.47             | 1.66              | 0.37              | 0.32              | 0.35              | 0.16              | COMPOST C      |

**ANÁLISIS**

| MÉTODO      | UNIDAD          | Fe <sup>++</sup> | Mn <sup>++</sup> | Zn <sup>++</sup> | CENIZAS         |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| MÉTODO      | MO-LSAIA-01.02  | MO-LSAIA-01.02   | MO-LSAIA-01.02   | MO-LSAIA-01.02   | MO-LSAIA-01.02  |
| MÉTODO REF. | U. FLOREDA 1980 | U. FLOREDA 1980  | U. FLOREDA 1980  | U. FLOREDA 1980  | U. FLOREDA 1980 |
| UNIDAD      | ppm             | ppm              | ppm              | ppm              | %               |
| 11-0676     | 23              | 11133            | 224              | 36               | 63.51           |
| 11-0677     | 19              | 6616             | 232              | 27               | 64.13           |
| 11-0678     | 19              | 12123            | 226              | 26               | 67.39           |

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Amador Siles**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

  
**Dr. Fabian Enriquez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

Los ensayos marcados con D se reportan en base seca

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio

Los resultados están indicados con el nivel de confianza de 95% de los datos de ensayo

NOTA DE CALIDAD: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está sujeta a verificación de laboratorio de la muestra y está sujeta a los cambios de la muestra. Si el cliente no está de acuerdo con los resultados, se le notificará por escrito y se le dará la oportunidad de solicitar la re-análisis.

MC-LSAIA-2261-03

**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS**  
 Panamericana Sur Km. 1, Cataguaná Tl., 2592691-3007134 Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340

# **INFORME DE ENSAYO No: 12-099**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Sr. Fabián Enriquez Alurtaqui  
**DIRECCION:** Del 16 al 27 de marzo del 2012  
**FECHA DE EMISION:**  
**FECHA DE ANALISIS:**

Universidad Técnica del Norte  
 Sr. Fabián Enriquez  
 14 de marzo del 2012  
 11h24  
 Minerales Totales, Materia Orgánica,  
 Nitrógeno

| ANÁLISIS | HUMEDAD                        | Ca <sup>+2</sup>               | P <sup>+2</sup>                   | Mg <sup>+2</sup>                  | K <sup>+</sup>                    | Na <sup>+</sup>                   | IDENTIFICACIÓN           |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| MÉTODO   | MÉTODO REF.                    | MO-LSAIA-01.01 U. FLORIDA 1970 | MO-LSAIA-02.01.02 U. FLORIDA 1980 | MO-LSAIA-03.01.02 U. FLORIDA 1980 | MO-LSAIA-03.01.03 U. FLORIDA 1980 | MO-LSAIA-03.01.03 U. FLORIDA 1980 |                          |
| UNIDAD   | %                              | %                              | %                                 | %                                 | %                                 | %                                 |                          |
| 12-0394  | 23.95                          | 1.31                           | 0.17                              | 0.27                              | 0.30                              | 3.02                              | Compost A                |
| 12-0395  | 23.95                          | 1.12                           | 0.11                              | 0.18                              | 0.22                              | 2.88                              | Compost B                |
| 12-0396  | 25.43                          | 1.07                           | 0.08                              | 0.13                              | 0.19                              | 2.65                              | Compost C                |
|          |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                   |                          |
| ANÁLISIS | Cu <sup>+2</sup>               | Fe <sup>+2</sup>               | Mn <sup>+2</sup>                  | Zn <sup>+2</sup>                  | MATERIA ORG. <sup>(1)</sup>       |                                   | NITRÓGENO <sup>(3)</sup> |
| MÉTODO   | MO-LSAIA-03.02 U. FLORIDA 1980 | MO-LSAIA-03.02 U. FLORIDA 1980 | MO-LSAIA-03.02 U. FLORIDA 1980    | MO-LSAIA-03.02 U. FLORIDA 1980    | MO-LSAIA-01.02 U. FLORIDA 1970    | MO-LSAIA-01.04 U. FLORIDA 1970    |                          |
| UNIDAD   | ppm                            | ppm                            | ppm                               | ppm                               | %                                 | %                                 |                          |
| 12-0394  | 13                             | 27437                          | 2355                              | 42                                | 9.58                              | 0.35                              |                          |
| 12-0395  | 11                             | 25370                          | 2547                              | 41                                | 8.89                              | 0.30                              |                          |
| 12-0396  | 9                              | 14463                          | 1994                              | 30                                | 8.74                              | 0.25                              |                          |
|          |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                   |                          |
|          |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                   |                          |
|          |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                   |                          |
|          |                                |                                |                                   |                                   |                                   |                                   |                          |

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

## **RESPONSABLES DEL INFORME**

Susana Espín de Rivera  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

**LABORATORIO LSAIA**  
**I.N.I.A.P.**  
 EST. EXP. SANTA CATALINA

Dr. Armando Rubio  
 RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo  
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**ANEXO 6.** Análisis químico de contenido de TPH y metales pesados a la cosecha del compost


**PROYECTO DE INGENIERIA QUIMICA**  
**DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN**  
**INFORME DE RESULTADOS**  
**AGUAS**


**Referencia:** OT: 12-10-32-A  
**Empresa:** LAFARGE CEMENTOS S.A.  
**Atención:** Ing. Maria Gabriela Salazar  
**Dirección:** Sector Perugachi Km. 7 1/2 Vía Selva Alegre  
**Tipo de ensayos:** Análisis fisicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Suelo  
**Identificación de la muestra:** Suelo muestra compuesta M1  
**Descripción de la muestra:** Sin descripción específica  
**Muestra tomada por:** Cliente  
**Fecha de ingreso de muestra:** 29-10-2012  
**Código de la muestra:** OE-12-10-32-A-1  
**Fecha de realización de ensayos:** 29-10-2012/13-12-2012

**Informe No:** 12-10-32-A-1  
**Fecha:** 2012-12-26

| DETERMINACION          | UNIDADES | MÉTODO               | RESULTADO |
|------------------------|----------|----------------------|-----------|
| TPH*                   | mg/kg    | EPA 418.1 mod        | < 0,1     |
| Estaño*                | mg/kg    | APHA 3111 D          | < 7,500   |
| Cadmio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | < 0,350   |
| Plomo*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 7,206     |
| Níquel <sup>(1)</sup>  | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111B  | 10,955    |
| Aluminio*              | mg/kg    | APHA 3111 D          | 4,862     |
| Bario*                 | mg/kg    | APHA 3111 D          | 2,168     |
| Calcio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | 2671,119  |
| Arsénico*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | 43,995    |
| Cobre*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 29,760    |
| Plata*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 0,469     |
| Mercurio*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | 23,433    |
| Cianuro*               | mg/kg    | APHA 4500-CN E       | 0,111     |
| Vanadio <sup>(2)</sup> | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111 D | < 35,000  |
| Zinc*                  | mg/kg    | APHA 3111 B          | 30,639    |
| Hierro Total*          | mg/kg    | APHA 3500-Fe B       | 8413,533  |
| Magnesio*              | mg/kg    | APHA 3111 B          | 55,888    |
| Boro*                  | mg/kg    | APHA 4500 B C        | 4,9       |

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

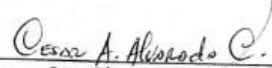
**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**Nota.-** Los resultados marcados con (■) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por CENTROCESAL CIA. LTDA., que no está acreditado para realizar dichas actividades

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de Níquel %U= ±18,52 (K=2)  
(2) Incertidumbre asociada a la medida de Vanadio %U= ±11,78 (K=2)

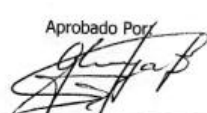
**Condiciones Ambientales.-** Humedad: 52%; Temperatura: 18,7°C

Realizado Por: CEGI      Revisado Por:

  
**Ing. César Alvarado C.**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado Por:

  
**Ing. Gilberto Moya D., Dpl**  
**DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC**

**ADVERTENCIA:** EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral    Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@iuce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-A01-5 Hn12 1 de 2



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

Informe No: 12-10-32-A-3  
Fecha: 2012-12-26

Referencia: OT: 12-10-32-A  
Empresa: LAFARGE CEMENTOS S.A.  
Atención: Ing. Maria Gabriela Salazar  
Dirección: Sector Perugachi Km. 7 1/2 Vía Selva Alegre  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: Suelo  
Identificación de la muestra: Suelo muestra compuesta M3  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: Cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 29-10-2012  
Código de la muestra: OE-12-10-32-A-3  
Fecha de realización de ensayos: 29-10-2012/13-12-2012

| DETERMINACION          | UNIDADES | MÉTODO               | RESULTADO |
|------------------------|----------|----------------------|-----------|
| TPH*                   | mg/kg    | EPA 418.1 mod        | < 0,1     |
| Estaño*                | mg/kg    | APHA 3111 D          | < 7,500   |
| Cadmio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | < 0,350   |
| Plomo*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 8,900     |
| Níquel <sup>(1)</sup>  | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111B  | 9,205     |
| Aluminio*              | mg/kg    | APHA 3111 D          | 4,206     |
| Bario*                 | mg/kg    | APHA 3111 D          | 3,292     |
| Calcio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | 3554,099  |
| Arsénico*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | 14,264    |
| Cobre*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 25,602    |
| Plata*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 0,610     |
| Mercurio*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | < 0,003   |
| Cianuro*               | mg/kg    | APHA 4500-CN E       | 0,125     |
| Vanadio <sup>(2)</sup> | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111 D | 54,374    |
| Zinc*                  | mg/kg    | APHA 3111 B          | 24,688    |
| Hierro Total*          | mg/kg    | APHA 3500-Fe B       | 8004,755  |
| Magnesio*              | mg/kg    | APHA 3111 B          | 55,593    |
| Boro*                  | mg/kg    | APHA 4500 B C        | 3,7       |

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Nota.- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

Nota.- Los resultados marcados con (\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por CENTROCESAL CIA. LTDA., que no está acreditado para realizar dichas actividades

Observaciones: (1) Incertidumbre asociada a la medida de Níquel %U= ±18,52 (K=2)

(2) Incertidumbre asociada a la medida de Vanadio %U= ±11,78 (K=2)

Condiciones Ambientales.- Humedad: 52%; Temperatura: 18,7°C

Realizado Por: CEGI

Revisado Por:

César A. Alvarado C.

Ing. César Alvarado C.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl

DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@iqluce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-A01-5

Página 2 de 3



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

Informe No: 12-10-32-A-2  
Fecha: 2012-12-26

Referencia: OT: 12-10-32-A  
Empresa: LAFARGE CEMENTOS S.A.  
Atención: Ing. Maria Gabriela Salazar  
Dirección: Sector Perugachi Km. 7 1/2 Vía Selva Alegre  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: Suelo  
Identificación de la muestra: Suelo muestra compuesta M2  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: Cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 29-10-2012  
Código de la muestra: OE-12-10-32-A-2  
Fecha de realización de ensayos: 29-10-2012/13-12-2012

| DETERMINACION          | UNIDADES | MÉTODO               | RESULTADO |
|------------------------|----------|----------------------|-----------|
| TPH*                   | mg/kg    | EPA 418.1 mod        | < 0,1     |
| Estaño*                | mg/kg    | APHA 3111 D          | < 7,500   |
| Cadmio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | < 0,350   |
| Plomo*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 7,948     |
| Níquel <sup>(1)</sup>  | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111B  | 8,990     |
| Aluminio*              | mg/kg    | APHA 3111 D          | 3,124     |
| Bario*                 | mg/kg    | APHA 3111 D          | 2,686     |
| Calcio*                | mg/kg    | APHA 3111 B          | 2278,847  |
| Arsénico*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | 10,689    |
| Cobre*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 23,845    |
| Plata*                 | mg/kg    | APHA 3111 B          | 0,658     |
| Mercurio*              | mg/kg    | APHA 3114 B          | 10,963    |
| Cianuro*               | mg/kg    | APHA 4500-CN: E      | 0,124     |
| Vanadio <sup>(2)</sup> | mg/kg    | PNE/DPEC/A/SM 3111 D | 40,547    |
| Zinc*                  | mg/kg    | APHA 3111 B          | 30,532    |
| Hierro Total*          | mg/kg    | APHA 3500-Fe B       | 7627,199  |
| Magnesio*              | mg/kg    | APHA 3111 B          | 51,691    |
| Boro*                  | mg/kg    | APHA 4500 B C        | 3,7       |

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Nota.- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE  
Nota.- Los resultados marcados con (\*\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por CENTROCESAL CIA. LTDA., que no está acreditado para realizar dichas actividades

Observaciones: (1) Incertidumbre asociada a la medida de Níquel %U= ±18,52 (K=2)

(2) Incertidumbre asociada a la medida de Vanadio %U= ±11,78 (K=2)

Condiciones Ambientales.- Humedad: 52%; Temperatura: 18,7°C

Realizado Por: CEG

Revisado Por:

Ing. César Alvarado C.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

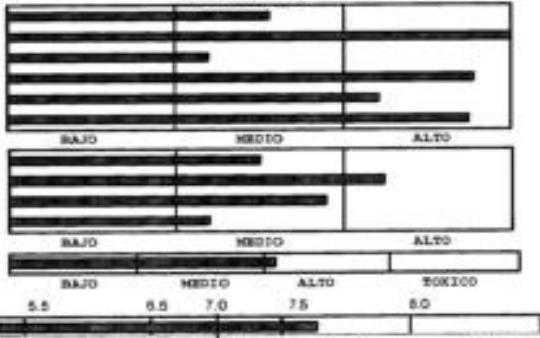
Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@quce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-A01-5

## ANEXO 7. Análisis químico de suelo para el cultivo de lechuga

|                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | <b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b><br><b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b><br>Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340<br>Quito-Ecuador Telf: 690-691/92/93 Fax: 690-693 |  |
| <b>REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS</b>                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |
| <b>DATOS DEL PROPIETARIO</b><br>Nombre : FABIÁN ENRÍQUEZ<br>Dirección : IBARRA<br>Ciudad :<br>Teléfono :<br>Fax :                              | <b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b><br>Nombre : GRANJA LA PRADERA<br>Provincia : IMBABURA<br>Cantón : IBARRA<br>Parroquia : CHALTURA<br>Ubicación :                                                      |                                                                                     |
| <b>DATOS DEL LOTE</b><br>Cultivo Actual : LECHUGA<br>Cultivo Anterior : ALFALFA<br>Fertilización Ant. :<br>Superficie :<br>Identificación : MI | <b>PARA USO DEL LABORATORIO</b><br>N° Reporte : 26.036<br>N° Muestra Lab. : 88304<br>Fecha de Muestreo : 11/03/2012<br>Fecha de Ingreso : 12/03/2012<br>Fecha de Salida : 27/03/2012              |                                                                                     |

| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> <tr><td>N</td><td>47.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>P</td><td>75.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>S</td><td>12.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>K</td><td>0.71</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>9.70</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>3.50</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>4.50</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>3.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>38.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>7.00</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>B</td><td>2.20</td><td>ppm</td></tr> </table> | Nutriente | Valor      | Unidad | N | 47.00 | ppm | P | 75.00 | ppm | S | 12.00 | ppm | K | 0.71 | meq/100 ml | Ca | 9.70 | meq/100 ml | Mg | 3.50 | meq/100 ml | Zn | 4.50 | ppm | Cu | 3.00 | ppm | Fe | 38.00 | ppm | Mn | 7.00 | ppm | B | 2.20 | ppm | <div style="text-align: center;"><b>INTERPRETACION</b></div>  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|--------|---|-------|-----|---|-------|-----|---|-------|-----|---|------|------------|----|------|------------|----|------|------------|----|------|-----|----|------|-----|----|-------|-----|----|------|-----|---|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nutriente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Valor     | Unidad     |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| N                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 47.00     | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| P                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 75.00     | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 12.00     | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.71      | meq/100 ml |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Ca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9.70      | meq/100 ml |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Mg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3.50      | meq/100 ml |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Zn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4.50      | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Cu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3.00      | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Fe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 38.00     | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| Mn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7.00      | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |
| B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2.20      | ppm        |        |   |       |     |   |       |     |   |       |     |   |      |            |    |      |            |    |      |            |    |      |     |    |      |     |    |       |     |    |      |     |   |      |     |                                                                                                                                                  |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH 7.64<br>Acidez Int. (Al+H) meq/100 ml<br>Al meq/100 ml<br>Na meq/100 ml<br>CE mehos/cm<br>MO 2.20 % | <div style="text-align: center;"> <p>0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0</p> <p>Acido Lig. Ac. Práctic. Neutr. Lig. Alc. Alcalino</p> <p>BAJO MEDIO ALTO TOXICO</p> <p>Me Salino Lig. Salino Salino Muy Salino</p> <p>BAJO MEDIO ALTO</p> </div> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|     |     |       |             |   |     |    |   |        |      |         |                |
|-----|-----|-------|-------------|---|-----|----|---|--------|------|---------|----------------|
| Ca  | Mg  | Ca+Mg | (meq/100ml) | % | ppm | Cl | % | Arenas | Limo | Arcilla | Clase Textural |
| 2.8 | 4.9 | 18.6  | 13.9        |   |     |    |   |        |      |         |                |

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA

**ANEXO 8.** Análisis químico de contenido de TPH y metales pesados en el cultivo de lechuga frente a la aplicación de compost a base de lechuguín



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL**  
**INFORME DE RESULTADOS**

**INF-LAB-QAM-30135**  
**ORDEN DE TRABAJO No. 38501**

|                                                |                                                                                                                     |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SOLICITADO POR:                                | ENRIQUEZ FABIAN                                                                                                     |
| DIRECCIÓN:                                     | ATUNTAQUI AV. LUIS DE ARO                                                                                           |
| FECHA DE RECEPCION:                            | 11/10/12                                                                                                            |
| HORA DE RECEPCION:                             | 09H49                                                                                                               |
| MUESTRA:                                       | LECHUGA                                                                                                             |
| IDENTIFICACIÓN:                                | SEGUN CODIGO                                                                                                        |
| CÓDIGO:                                        | ***                                                                                                                 |
| FECHA DE ANALISIS:                             | DEL 11/10 AL 12/11/12                                                                                               |
| FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA | 04/12/12                                                                                                            |
| CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS.               | Vegetal impregnado con tierra                                                                                       |
| CONTENIDO:                                     | 3 LITROS                                                                                                            |
| MUESTREADO POR:                                | CLIENTE                                                                                                             |
| OBSERVACIONES:                                 | Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al OSP |

**INFORME**

| CÓDIGO        | CARACTERÍSTICAS | Arsenico (mg/kg)         | Plomo (mg/kg)            | TPH (mg/kg)       |
|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|
| T1 (A)        | VERDE           | 0.306                    | <0.9                     | 781.02            |
| T2 (B)        | VERDE           | 0.367                    | <0.9                     | 241.00            |
| T3 (C)        | VERDE           | 0.303                    | <0.9                     | 67.88             |
| T4 (D)        | VERDE           | 0.186                    | <0.9                     | 202.48            |
| T5 (E)        | VERDE           | 0.409                    | <0.9                     | 308.19            |
| <b>METODO</b> |                 | <b>ABSORCION ATOMICA</b> | <b>ABSORCION ATOMICA</b> | <b>INFRARROJO</b> |



  
 Quím. Lander Pérez  
**JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL**



1/1

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 33, 31  
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

**ANEXO 9.** El Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Libro VI Anexo2

**CRITERIOS DE REMEDIACIÓN O RESTAURACIÓN  
(VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS)**

| SUSTANCIA                          | Unidades<br>(Concentrac<br>ión en Peso<br>Seco) | USO DEL SUELO |             |           |            |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|-------------|-----------|------------|
|                                    |                                                 | Agrícola      | Residencial | Comercial | Industrial |
| Parámetros Generales               |                                                 |               |             |           |            |
| Conductividad                      | mmhos/cm.                                       | 2             | 2           | 4         | 4          |
| pH                                 |                                                 | 6 a 8         | 6 a 8       | 6 a 8     | 6 a 8      |
| Parámetros Inorgánicos             |                                                 |               |             |           |            |
| Arsénico (inorgánico)              | mg/kg                                           | 12            | 15          | 15        | 15         |
| Azufre (elemental)                 | mg/kg                                           | 500           | -           | -         | -          |
| Bario                              | mg/kg                                           | 750           | 500         | 2000      | 2000       |
| Boro (soluble en agua<br>caliente) | mg/kg                                           | 2             | -           | -         | -          |
| Cadmio                             | mg/kg                                           | 2             | 5           | 10        | 10         |
| Cobalto                            | mg/kg                                           | 40            | 50          | 300       | 300        |
| Cobre                              | mg/kg                                           | 63            | 63          | 91        | 91         |
| Cromo Total                        | mg/kg                                           | 65            | 65          | 90        | 90         |
| Cromo VI                           | mg/kg                                           | 0.4           | 0.4         | 1.4       | 1.4        |
| Cianuro (libre)                    | mg/kg                                           | 0.9           | 0.9         | 8.0       | 8.0        |
| Estaño                             | mg/kg                                           | 5             | 50          | 300       | 300        |
| Flúor (total)                      | mg/kg                                           | 200           | 400         | 2000      | 2000       |
| Mercurio (inorgánico)              | mg/kg                                           | 0.8           | 2           | 10        | 10         |
| Molibdeno                          | mg/kg                                           | 5             | 10          | 40        | 40         |
| Níquel                             | mg/kg                                           | 50            | 100         | 100       | 100        |
| Plata                              | mg/kg                                           | 20            | 20          | 40        | 40         |
| Plomo                              | mg/kg                                           | 100           | 100         | 150       | 150        |
| Selenio                            | mg/kg                                           | 2             | 3           | 10        | 10         |
| Talio                              | mg/kg                                           | 1             | 1           | 1         | 1          |
| Vanadio                            | mg/kg                                           | 130           | 130         | 130       | 130        |
| Zinc                               | mg/kg                                           | 200           | 200         | 380       | 380        |
| Parámetros orgánicos               |                                                 |               |             |           |            |
| Aceites y Grasas                   | mg/kg                                           | 500           | <2 500      | <4 000    | <4 000     |
| Hidrocarburos                      |                                                 |               |             |           |            |
| Aromáticos                         |                                                 |               |             |           |            |
| Monocíclicos                       |                                                 |               |             |           |            |
| Benceno                            | mg/kg                                           | 0.05          | 0.5         | 5         | 5          |
| Etilbenceno                        | mg/kg                                           | 0.1           | 1.2         | 20        | 20         |
| Estireno                           | mg/kg                                           | 0.1           | 5           | 50        | 50         |
| Tolueno                            | mg/kg                                           | 0.1           | 0.8         | 0.8       | 0.8        |
| Xileno                             | mg/kg                                           | 0.1           | 1           | 17        | 20         |
| Compuestos Fenólicos               |                                                 |               |             |           |            |
| Clorofenoles (cada uno)            | mg/kg                                           | 0.05          | 0.5         | 5         | 5          |
| Fenoles (total)                    | mg/kg                                           | 3.8           | 3.8         | 3.8       | 3.8        |
| Hidrocarburos                      | mg/kg                                           | <2            |             | <5        | <1         |
| aromáticos policiclicos            |                                                 |               |             |           |            |
| Benzo(a)antraceno                  | mg/kg                                           | 0.1           | 1           | 1         | 1          |
| Benzo(a)pirenos                    | mg/kg                                           | 0.1           | 0.7         | 0.7       | 0.7        |

| SUSTANCIA                                                  | Unidades<br>(Concentrac<br>ión en Peso<br>Seco) | USO DEL SUELO |             |           |            |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|-------------|-----------|------------|
|                                                            |                                                 | Agrícola      | Residencial | Comercial | Industrial |
| Naftaleno                                                  | mg/kg                                           | 0.1           | 0.6         | 22        | 22         |
| Pirenos                                                    | mg/kg                                           | 0.1           | 10          | 10        | 10         |
| Hidrocarburos<br>Clorinados                                |                                                 |               |             |           |            |
| Bifenilospoliclorados<br>(PCBs) total                      | mg/kg                                           | 0.5           | 1.3         | 33        | 33         |
| Clorinados Alifáticos<br>(cada uno)                        | mg/kg                                           | 0.1           | 5           | 50        | 50         |
| Clorobencenos (cada<br>uno)                                |                                                 | 0.05          | 2           | 10        | 10         |
| Tetracloroetilenos                                         | mg/kg                                           | 0.1           | 0.2         | 0.5       | 0.6        |
| Tricloroetileno                                            | mg/kg                                           | 0.1           | 3           | 30        | 30         |
| Pesticidas                                                 |                                                 |               |             |           |            |
| Pesticidas<br>organoclorados y sus<br>Metabolitos totales* | mg/kg                                           | 0.1           | 0.1         | 0.1       | 0.1        |
| Endrin (total) <sup>3</sup>                                | mg/kg                                           | 0.01          | 0.01        | 0.01      | 0.01       |
| Heptacloro <sup>4</sup>                                    | mg/kg                                           | 0.01          | 0.01        | 0.01      | 0.01       |
| Hexaclorociclohexano<br>(todos los isómeros) <sup>5</sup>  | mg/kg                                           | 0.01          | 0.01        | 0.01      | 0.01       |
| Atrazina                                                   | mg/kg                                           | 0.005         | 0.005       | 0.005     | 0.005      |
| Carbofuran                                                 | mg/kg                                           | 0.01          | 0.01        | 0.01      | 0.01       |
| Orgánicos Misceláneos                                      |                                                 | -             | -           | -         | -          |
| Alifáticos no<br>Clorinados (cada uno)                     | mg/kg                                           | 0.3           | -           | -         | -          |

Notas: n.d. no disponible

\*: Total: La concentración total es la suma de la concentración de los constituyentes individuales de los pesticidas listados.

- 1:
  - 4.4-DDT
  - 4.4-DDE (p p'-DDX)
  - 4.4-DDD (p p'-TDE)
- 2:
  - a- endosulfan-Alfa
  - b- endosulfan-Beta
  - sulfato de endosulfan
- 3:
  - endrin
  - Aldehído de endrin
- 4:
  - heptacloro
  - Epoxi-heptacloro
- 5:
  - a- BHC- Alfa
  - b-BHC-Beta
  - r-BHC (lindano)
  - g-BHC-Delta

## FOTOGRAFÍAS

**FASE I. PRODUCCIÓN DE COMPOST A BASE DE LECHUGUÍN (*Eichornia crassipes*), UTILIZADO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAFARGE CEMENTOS S.A.**



**Fotografía 1.** Selección del terreno



**Fotografía 2.** Limpieza del terreno



**Fotografía 3.** Recolección de materiales



**Fotografía 4.** Demarcación de la pila





**Fotografía 5.** Aflojamiento del suelo y colocación de plástico



**Fotografía 6.** Mezclas



**Fotografía 7.** Elaboración de las compostas



**Fotografía 8. Riego**



**Fotografía 9. Aireación**



**Fotografía 10. Volteo**



**Fotografía 11. Obtención del compost**





**Fotografía 12.** Temperatura



**Fotografía 13.** Muestras para análisis de valor nutricional y contenidos de TPH del compost

**FASE II. EVALUAR EL EFECTO DE LA APLICACIÓN DEL COMPOST  
A BASE DE LECHUGUÍN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca  
sativa L.*)**



**Fotografía 14.** Preparación del almácigo



**Fotografía 15.** Preparación del terreno



**Fotografía 16.** Delimitación del ensayo



**Fotografía 17.** Riegos





**Fotografía 18.** Trasplante



**Fotografía 19.** Aplicación de tratamientos al cultivo de lechuga



**Fotografía 20.** Cosecha



**Fotografía 21.** Supervivencia de la lechuga



**Fotografía 22.** Rendimiento en peso (kg) de plantas de lechuga



**Fotografía 23.** Toma de muestras de la lechuga para su análisis