

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA



**APROVECHAMIENTO DEL JACINTO ACUÁTICO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO “ING. ARTURO PAZOS SOSA” PARA LA
PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADA AL COMITÉ DE ADMISIÓN Y OTORGAMIENTO DE GRADO

ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS

POR

INGENIERA CAROLINA ISABEL VALLE BARRIENTOS

ASESORADA POR

MSC. ING. PEDRO SARAVIA CELIS

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA SANITARIA (MAGÍSTER SCIENTIFICA E)

GUATEMALA, JULIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila
VOCAL IV	Br. José Milton de León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. María Ivonne Veliz Vargas

DIRECTOR DE LA ERIS Msc. Ing. Pedro Saravia Celis

JURADO QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR	Msc. Ing. Pedro Saravia Celis.
EXAMINADOR	Msc. Ing. Guillermo García Ovalle
EXAMINADOR	Ing. Esp. Teófilo Álvarez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado

**APROVECHAMIENTO DEL JACINTO ACUÁTICO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO “ING. ARTURO PAZOS SOSA” PARA LA
PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

Tema que me fuera asignado por el Director de la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INGA. INDUSTRIAL CAROLINA ISABEL VALLE BARRIENTOS

DEDICATORIA

A DIOS, el ser supremo en quien creo firmemente, por brindarme salud, bienestar y sabiduría en cada etapa de mi vida.

A MIS PADRES, Corina Barrientos y Orsy Valle, por haberme regalado el don de la vida, por su incondicional amor, paciencia, comprensión y apoyo en cada momento. Por los valores y enseñanzas que me han fomentado, los que han hecho de mí la mujer que soy. Gracias por la alegrías y más por haber hecho todo por mí en los momentos más difíciles de nuestras vidas; por demostrarme que el amor de los padres es el regalo más lindo y grande de la vida. Les estaré eternamente agradecida. Los amaré por siempre.

A MIS HERMANOS Y SU FAMILIA,

Corinés y Edgardo , junto a mis sobrinos: Antoine, Orsy Philipe y Clarissa

Patricio y Merci, junto a mis sobrinas: Camila y Mónica

Norberto y Alicia, junto a mis sobrinos: Neto, Tamara y Valeria.

A todos, gracias por su amor, consejos y apoyo, por las alegrías, sonrisas y la unidad que como familia nos ha llevado a compartir juntos muchas experiencias agradables en nuestras vidas. Para que esta muestra de esfuerzo y entrega a la superación profesional y personal los motive a seguir adelante; los llevo siempre en mi corazón. Los amo.

AL AMOR DE MI VIDA, Néstor Gómez Canales, por su infinito amor, paciencia, comprensión, apoyo y palabras de aliento en esta difícil etapa de nuestras vidas, en la que tuvimos que estar lejos pero que, gracias al amor que nos une, juntos salimos adelante nuevamente. Gracias por todo lo que hemos compartido, las sonrisas, los momentos lindos y la felicidad que día a día me regalas. Te amo.

A MIS AMIGOS Y OTRAS FAMILIAS

Mayra Rodriguez de Melara y Elmer Melara, sus hijos Moisés y Josué. Gracias Amiga por estar ahí desde el primer día que nos conocimos, por casi 15 años de amistad, que a través de los mismos hemos compartido muchas experiencias . Te quiero mucho.

Mis tíos Joaquín Castro y Ana María de Castro, mis primos: Pati, Inés y Joaquín

Sr. Antonio Gómez y Sra. Teresa de Gómez, a la familia Gómez Canales en general.

A la familia Granados Landaverde

A mis amigos de Intradesa: Adilia, Marcela, Elio y Jesús .

A mis amigos de Argus : Ricardo , Pedro, Xiomara y Nohemy.

A mis amigos de Asimei: Daniel , Alexis y César.

A mis amigos de residencia en Guatemala : Glenda, Evelyn , Claudia y Byron.

A todos gracias por sus palabras de aliento , apoyo, cariño y amistad en esta etapa de mi vida, los que me ayudaron a mantenerme siempre firme y positiva. Los quiero mucho y les estaré agradecidos por siempre.

A MI AMADO PAÍS, EL SALVADOR

Completamente orgullosa de haber nacido en el “Pulgarcito de Centroamérica”

A todos ustedes, este triunfo también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por haberme concedido esta hermosa oportunidad y experiencia, en la que he crecido profesional y personalmente.

A la República Federal de Alemania, que a través del Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD) me concedió la oportunidad de estudiar esta Maestría y que a través de la misma, me permitió conocer Guatemala. Gracias por el apoyo y el interés en seguir formando profesionales que contribuyan al mejoramiento de nuestros países y la calidad de vida de nuestra gente. Gracias, especialmente, a Neddy Zamora, Irena Rusak y Juan Andrade, por su incondicional apoyo.

A la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala y a sus catedráticos:

Msc. Ing. Pedro Saravia, Director de la ERIS

Ing. Esp. Teófilo Álvarez, Coordinador Académico de la ERIS.

Msc. Ing. Guillermo García Ovalle, Coordinador de la Maestría en Ingeniería Sanitaria.

Msc. Ing. Elfego Orozco, Coordinador de la Maestría en Recursos Hidráulicos.

Msc. Inga. Marta Lidia Samayoa

Msc. Ing. Zenón Much Santos

Msc. Ing. Félix Aguilar

Msc. Ing. Adán Pocasangre

Msc. Ing. Julián Duarte

Msc. Ing. Juan José Sandoval

Dra. Malvina de León

A todos ustedes estimados maestros, gracias por los conocimientos transmitidos, por su paciencia, apoyo y exigencia en el desarrollo de la Maestría, por el interés en hacer de los estudiantes de la ERIS mejores profesionales que contribuyan al desarrollo de nuestros

países. Gracias además por su amistad y consejos que personalmente me infundieron dentro y fuera de las aulas. Los llevaré siempre en mi corazón.

Al personal administrativo y de apoyo:

Dorita Cardoza, de Biblioteca ERIS

Frida Faggioly, Lourdes Monzón y Janeth, de Administración ERIS

Moisés Adolfo Dubón, de Laboratorio de Química y Microbiología “Dra. Alba Tabarini” de la ERIS

Don Tereso de Jesús Pérez , operador de la planta de tratamiento de aguas residuales “Ing. Arturo Pazos Sosa”, de la Colonia Aurora II (planta piloto de la ERIS)

Gracias a todos por sus atenciones, apoyo y amistad en todo momento.

A mis compañeros de clase:

Ana Luisa, Magali, Mónica, Stefany, Marlen, Keyla, Pedro, Gabriel, Mux, Jorge, Palala, Jimmy, Alex, Fernando, Jorge Mario y Raúl. Gracias por su amistad, conocimientos compartidos y momentos de alegría que hemos vivido.

A todos ustedes, ¡¡ gracias de corazón!!

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	No. PÁGINA
Índice de ilustraciones	IV
Índice de tablas	V
Índice de anexos.....	VI
Lista de símbolos	VII
Glosario	VIII
Resumen / Abstract	X
I. Descripción del problema	XI
II. Justificación	XII
III. Objetivos	XIII
Objetivo general.....	XIII
Objetivos específicos.....	XIII
IV. Hipótesis	XIV
V. Alcances y limitaciones.....	XV
VI. Enfoque de la investigación	XVI

CAPÍTULO UNO

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

1.1 Ubicación del proyecto	1
1.2 Descripción del área de estudio.....	2

CAPÍTULO DOS

MARCO TEORICO

2. 1 Características de la especie <i>eichhornia crassipes</i> (Jacinto acuático)	4
2.2 Historia del Jacinto acuático.....	5
2.3 Antecedentes de la aplicación del Jacinto en la planta Aurora II.....	5
2.4 Composición química del Jacinto.....	7

2.5 Definición de Compostaje	7
2.6 Ventajas económicas y ecológicas del compostaje.....	7
2.7 Propiedades del compost.....	8
2.8 Elementos del abono	9
2.9 El proceso de compostaje	9
2.10 Manejo del sistema de compostaje.....	10
2.10.1 Localización del compostaje	10
2.10.2 Aireación y homogeneización de la masa en compostaje.....	10
2.10.3 Acopio y empaque	10
2.11 Cuándo abonar	11
2.12 Factores que condicionan el proceso de compostaje	12
2.12.1 Relación carbono-nitrógeno (C/N)	12
2.12.2 Estructura y tamaño de los residuos	13
2.12.3 Humedad	13
2.12.4 El potencial de hidrogeno , pH	14
2.12.5 Temperatura.....	14
2.12.6 Oxígeno.....	14
2.13 Calidad del compost como abono orgánico.....	14

CAPÍTULO TRES

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Preparación de la investigación	19
3.2 Trabajo de campo.....	19
3.2.1 Producción del Jacinto.....	19
3.2.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono.....	20
3.2.3 Construcción de la pila de compostaje.....	22
3.2.4 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles.....	24
3.2.5 Tiempo de realización de cada actividad	25
3.3 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto.....	25
3.3.1 Características del Jacinto fresco sin compostar.....	25

3.3.2 Características del compostaje de Jacinto.	26
3.3.3 Tiempo de realización de cada actividad	26
3.4 Parámetros físicos-químicos del agua residual de la Laguna de Jacintos.....	27
3.5 Funcionamiento de las pilas	27
3.6 Análisis de datos y preparación de informe	28

CAPÍTULO CUATRO

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Trabajo de campo.....	29
4.1.1 Producción del Jacinto.....	29
4.1.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono.....	31
4.1.3 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles.....	33
4.2 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto.....	35
4.2.1 Características del Jacinto fresco sin compostar.....	35
4.2.2 Características del compostaje del Jacinto.....	36
4.3 Parámetros físico-químicos del agua de la laguna de jancitos.....	37

CAPÍTULO CINCO

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Trabajo de campo.....	40
5.1.1 Producción del Jacinto.....	40
5.1.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono.....	41
5.1.3 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles.....	41
5.2 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto.....	42
5.2.1 Características del Jacinto fresco sin compostar y compostado.....	42
5.3 Parámetros físico-químicos del agua de la laguna de Jacintos.....	44
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

No.	FIGURAS	No. PÁGINA
1	Foto satelital de la ubicación de la PTAR.....	1
2	Diseño en planta de la laguna de Jacinto acuático, PTAR Aurora II-ERIS.....	2
3	Diseño de pilas de compostaje de Jacinto Acuático.....	23
4	Tamaño de la pila de compostaje	24
5	Diseño del funcionamiento de las pilas	28

No.	GRÁFICAS	No. PÁGINA
1	Producción del Jacinto	30
2	Peso Promedio del Jacinto descompuesto	32
3	Crecimiento del girasol por mes (cm).....	34
4	Porcentaje de nutrientes del Jacinto fresco	35
5	Porcentaje de nutrientes del compostaje de Jacinto	36
6	Valores en la entrada de la Laguna para DBO ₅ , DQO, nitratos y fosfatos.....	38
7	Valores en la salida de la Laguna para DBO ₅ , DQO, nitratos y fosfatos.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	No. PÁGINA
1	Características y valoración de la humedad	15
2	Características y valoración del color	15
3	Características y valoración del olor	15
4	Criterios de calidad para el compost según la Unión Europea.....	16
5	Riesgos para la salud causados por metales pesados	17
6	Valores límites de la concentración de metales y/o pesados.....	18
7	Datos de producción del Jacinto.....	29
8	Datos de descomposición del Jacinto.....	31
9	Características del Jacinto compostado	33
10	Crecimiento del girasol por mes (cm)	33
11	Datos de las características físicas-químicas del Jacinto fresco	35
12	Datos de las características físicas-químicas del Jacinto descompuesto	36
13	Datos de las características físicas-químicas del agua de la laguna de Jacinto	37
14	Relación de la producción con la calidad del agua, DBO5 y DQO	39
15	Comparación de valores de compostaje UE con los del Jacinto compostado	43

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	DESCRIPCIÓN	No. PÁGINA
Anexo 1	Proceso de compostaje.....	52
Anexo 2	Problemas y soluciones del compostaje	53
Anexo 3	Usos del compost	54
Anexo 4	Aspectos sanitarios	55

LISTA DE SÍMBOLOS

ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
msnm	Metros sobre el nivel del mar
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
mg / l	Miligramos por litro
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
C.E (mS/cm)	Conductividad Eléctrica, en miliSimens por centímetro
P	Fósforo
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
Cu	Cobre
Zn	Zinc
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
Na	Sodio
NT	Nitrógeno total
Ni	Níquel
Pb	Plomo
Cr	Cromo
C:N	Relación Carbono Nitrógeno
M.O	Materia orgánica

GLOSARIO

Abono orgánico: es un fertilizante que no está fabricado por medios industriales o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio. Sino que proviene de restos de comida, vegetales, u otra fuente orgánica y natural.

Aguas residuales domésticas: Son las aguas residuales que contienen los productos residuales de las actividades humanas, tanto líquidos como sólidos. Contienen materias orgánicas y fecales, productos de limpieza, aceites, sales y partículas de diferente tipo.

Aprovechamiento: Utilización de un desecho como plantas, basura doméstica u otros recursos materiales, para generar un beneficio.

Compostaje: 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.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): es una medida de oxígenos que usan los microorganismos para descomponer esta agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. El tiempo necesario para descomponer el agua en cinco días.

Demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/litro.

Jacinto acuático: Planta anual de origen asiático, de la familia de las liliáceas, con hojas acanaladas, flores olorosas de varios colores en espigas y fruto capsular con tres divisiones. Flor de esta planta: algunos jacintos son de color violeta.

Materia orgánica: Cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas. La materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas

Tratamiento de aguas residuales : es un proceso de tratamiento de aguas que, a su vez, incorpora procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua ya limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango también convenientes para los futuros propósitos o recursos.

Tratamiento terciario: Es el proceso en el cual se separa del agua aquellas sustancias coloidales y filtrantes que puedan quedar después de los tratamientos primario y secundario.

RESUMEN

El compostaje es una técnica actualmente utilizada para producir un material con aspecto y propiedades muy parecidas a las del abono; se genera a partir de desechos domésticos, animales o vegetales. El compostaje a partir del Jacinto acuático, es una alternativa que se ha investigado y estudiado, cuyos resultados como abono orgánico en la aplicación de cultivos y suelo han sido impresionantes por la cantidad de nutrientes que posee (fósforo, potasio, calcio, entre otros), lo que ha ocasionado que cada día este recurso sea explotado y aprovechado. Cuando se consideraba que el Jacinto acuático era una plaga cuyos efectos podrían ser solamente negativos, ahora resulta ser una planta que puede ser utilizada y cuyos beneficios son aceptados y aplicados por quienes le han dado importancia a su aprovechamiento. La presente investigación demuestra cómo el Jacinto acuático utilizado como tratamiento terciario para remoción de nutrientes en la Planta de Tratamiento de Aguas residuales “Ing. Arturo Pazos Sosa” de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicada en la Colonia Aurora II, puede ser aprovechado por medio del compostaje como una opción para su disposición. **Palabras claves: aprovechamiento, Jacinto acuático, compostaje, abono orgánico, desechos.**

ABSTRACT

The composting is a technique at the moment used to produce a material with aspect and properties very similar to those of the installment and are generated from domestic, animal or vegetal remainders. The composting from the Aquatic Jacinth, is an alternative that has been investigated and studied, whose results as organic installment in the application of cultures and ground have been impressive by the amount of nutrients that it owns (phosphorus, potassium, calcium, among others), which has caused that every east day resource is operated and profiteer; when it was considered that the aquatic Jacinth was a plague whose effects could be only negative, now it turns out to be a plant that can be used and whose benefits are accepted and applied by those who have given importance him to their advantage. The present investigation demonstrates how the originating Jacinth of Treatment plant of waste water “Ing. Arturo Pazos Sosa” of the Regional School of Sanitary Engineer (ERIS) of the University of San Carlos of Guatemala, located in the Colony Aurora II, can be profiteer by means of the composting like an option for its disposition. **Key words: Advantage, aquatic Jacinth, composting, organic installment, remainders.**

I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El interés en realizar la presente investigación, surge a partir de utilizar y aprovechar los recursos que la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos de la Universidad de San Carlos posee, tal como la Planta de tratamiento de aguas residuales Ing. Arturo Pazos Sosa, ubicada en la Colonia Aurora II , zona 13 de la ciudad de Guatemala.

En dicha planta, existe una laguna de Jacinto acuático que es utilizado como tratamiento terciario para la remoción de nutrientes de las aguas residuales provenientes de dicha colonia, finalmente, esa agua tratada es utilizada para riego y/o va directamente al río más cercano.

Actualmente, cuando el Jacinto ha cumplido su vida útil en la laguna para la función descrita anteriormente y empieza a marchitarse o deteriorarse, es retirado de la laguna y desechado como residuo sólido o, en su defecto, es tirado al barranco que se encuentra cerca de la laguna, sin que sea utilizado posteriormente para obtener algún beneficio.

En este sentido, surge la propuesta de realizar un estudio que tenga como objetivo el aprovechamiento de dicho Jacinto tratándolo en un proceso de compostaje para que, finalmente, sea utilizado como abono orgánico.

Por lo tanto, se plantea el siguiente problema de investigación: ¿podrá el Jacinto acuático de la laguna, utilizado como tratamiento terciario en la Planta de tratamiento de aguas residuales “Ing. Arturo Pazos Sosa” de Aurora II, ser aprovechado para la producción de abono orgánico , en vez de ser desechado como residuo sólido?

II. JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó en el apartado anterior, actualmente el Jacinto de la Planta de tratamiento de aguas residuales no es aprovechado después de su vida útil en la laguna; el tirarlo como desecho sólido al barranco origina problemas ambientales por la generación de vectores; el desecharlo al río más cercano provoca problemas porque se van desplazando a través del mismo haciendo daño a las especies animales existentes en el agua, tapan los cauces de los ríos o lagos y, en algunos casos, llegan a provocar molestias en los pesqueros con sus redes; es por esto se surge la idea de aprovechar el Jacinto para un proceso de compostaje.

La Planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II cuenta con suficiente terreno y condiciones en las que se puede llevar a cabo una prueba piloto de compostaje a partir de este Jacinto desechado, para comprobar si cumple con los requerimientos básicos de compostaje para aplicarlo como abono, para que, posteriormente, sea aprovechado en la planta para cultivo.

Este estudio puede ser utilizado en cualquier país donde exista proliferación de Jacinto, de manera que puedan ser utilizados como abono orgánico y mejorar, en cierta forma, la economía del sector agrícola.

III.OBJETIVOS

GENERAL

Aprovechar el Jacinto acuático existente en la planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II para la producción de abono orgánico, para lo cual se determine previamente el tiempo de crecimiento y la composición física-química del mismo, con el objetivo de establecer la cantidad de biomasa que debe ser procesada en un tiempo determinado para aprovecharlo, debido a sus propiedades físicas y químicas, como abono orgánico.

ESPECIFICOS

1. Realizar el estudio de campo de la presente investigación, aprovechando la existencia de una laguna de Jacintos acuáticos en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II.
2. Determinar el tiempo de producción del Jacinto en toda el área de la laguna y la cantidad de biomasa que puede generarse mensualmente para aprovecharlo y procesarlo como abono.
3. Encontrar las propiedades físicas-químicas del Jacinto y establecer que cumplen con los requisitos mínimos para ser utilizado como abono orgánico.
4. Aplicar el abono de Jacinto en los cultivos o plantas en las instalaciones de la Planta de tratamiento.

IV. HIPÓTESIS

Después de realizar los análisis de producción de biomasa y las pruebas necesarias de compostaje del Jacinto producido en la laguna de la Planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II: nutrientes, humedad, pH y tamaño de las partículas, el Jacinto puede ser aprovechado para la producción de abono orgánico, ya que posee propiedades y requerimientos necesarios de compostaje para la aplicación en los suelos o cultivos.

V. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

El siguiente estudio pretende ser un aporte a la investigación que promueve la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos , cuya aplicación es directamente su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ing. “Arturo Pazos Sosa” ubicada en la Colonia Aurora II. Con esta investigación se desea obtener y comprobar la técnica de compostaje a partir del Jacinto acuático existente en dicha planta para que este recurso sea aprovechado como abono orgánico en los suelos después de ser utilizado como parte del tratamiento terciario de aguas residuales provenientes de la Colonia Aurora II.

LIMITACIONES

1. La poca cantidad y calidad de Jacintos existentes en la laguna al iniciar la investigación, por lo que se tuvo que inocular Jacinto de otra laguna seca a la laguna en estudio.
2. Debido a lo anterior, se tuvo que esperar alrededor de un mes para que el Jacinto sembrado se adaptara a las condiciones de la laguna en estudio ya que, originalmente, se encontraban con poca humedad.
3. El tiempo disponible para la realización de la investigación, ya que para finales de Abril del corriente año deberían presentarse los resultados finales.
4. Debido al tiempo disponible para la investigación de campo y análisis, se procedió a tomar una tercera parte del tiempo para la etapa de producción del Jacinto, otra para la descomposición y la restante para los análisis correspondientes.

VI. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación pretende en un primer plano un enfoque cualitativo en el que se describirán las características del Jacinto acuático así como su proceso de compostaje y algunas características físicas-químicas que son importantes conocer. Posteriormente, se hace un enfoque cuantitativo en el que se determina el tiempo de proliferación de la planta en un área determinada para, posteriormente, conocer la cantidad de biomasa que se busca obtener en un mes, esto con el objeto de obtener datos que permitan crear un sistema para la producción del abono.

CAPITULO UNO

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

1.1 Ubicación del proyecto

La investigación se desarrolló en la laguna de Jacintos acuáticos de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales Aurora II “Ing. Arturo Pazos Sosa”, de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS- .

La PTAR está ubicada en la colonia militar Aurora II en la zona 13. Limita al Norte con el Observatorio Nacional, al Este con el Aeropuerto Internacional La Aurora, al Sur y Oeste con predios. La dirección exacta de la planta piloto es: diagonal 26 final, 20-56, colonia Aurora II, zona 13. (Ver figura 1).

Figura 1. Foto satelital de la ubicación de la Planta de tratamiento de aguas residuales, Aurora II

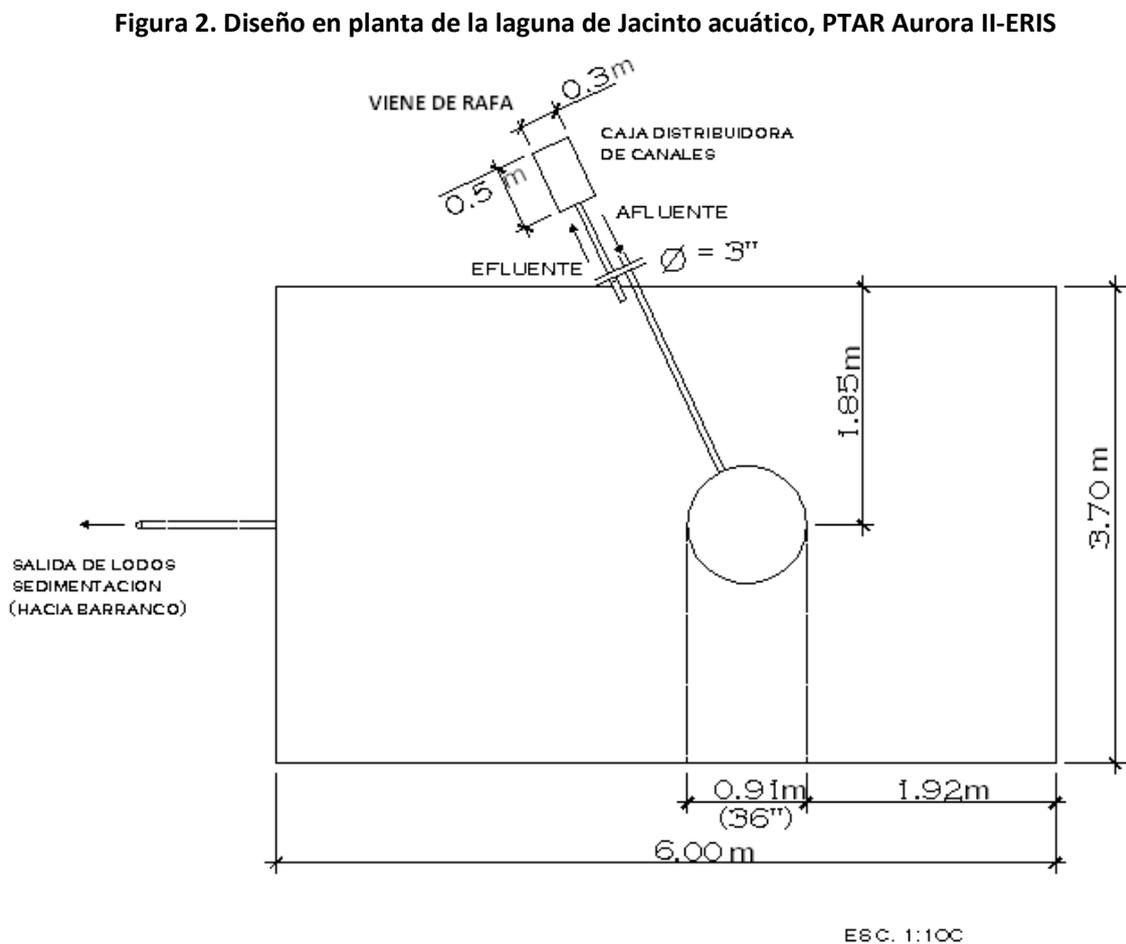


1.2 Descripción del área de estudio

Actualmente, la laguna de Jacintos acuáticos es un estanque que es utilizado como parte de los procesos de tratamiento terciario de aguas residuales domésticas provenientes de la colonia Aurora II. El propósito de la laguna es la remoción de Nitratos y Fosfatos, los cuales son absorbidos por la planta a través de las raíces.

La laguna tiene las siguientes dimensiones :

largo x ancho x profundidad de 6m x 3.70 m x 0.90 m, tiene un área total de 22.2 m² y un volumen de 19.98 m³ . (Ver figura 2).



El tanque consta por la parte exterior de un tubo de PVC de 3 pulgadas de diámetro que distribuye el caudal (proveniente del RAFA) hacia el centro del estanque, que consta de un tubo de concreto de 36 pulgadas de diámetro externo y de 30 pulgadas como diámetro interno y es ahí donde el afluente ingresa a la laguna, realiza una alimentación de flujo ascendente lo que provoca que el efluente o el agua tratada salga por la parte superior del estanque; el efluente es conducido a un filtro lento que reduce los sólidos suspendidos y, posteriormente, se conduce a un pozo para su disposición en el subsuelo.

CAPÍTULO DOS

MARCO TEORICO

2. 1 Características del Jacinto acuatico (de la especie *eichhornia crassipes*)

- Nombre científico o latino: *Eichhornia crassipes*
- Nombre común o vulgar: Jacinto de agua, camalote, lampazo, violeta de agua, buchón, taruya, lirio de agua, lechuga de agua, lechuguín
- Familia: *Pontederiaceae* (Pontederiáceas).
- Origen: cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.
- Se han distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su aspecto ornamental originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos.
- Son consideradas malas hierbas, porque obstruir en poco tiempo una vía fluvial o lacustre.
- Ofrece un excelente refugio para los peces, los protege del sol excesivo.
- Luz: sol o semisombra. Requiere iluminación intensa.
- Temperaturas: en invierno la planta debe ser protegida en invernadero frío, en climas con heladas, manteniéndola siempre en agua.
- Se cultiva a una temperatura entre 20-30°C.
- Necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación.
- Multiplicación: mediante división de los rizomas.
- Esta especie está considerada entre las 100 más invasoras del mundo por la UICN¹. Es por ello que hoy día se desaconseja su utilización por particulares, para evitar que se siga extendiendo esta plaga a los ríos por imprudencia en su uso.

¹ UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

2.2 Historia del Jacinto acuático

El Jacinto acuático originario de Sudamérica (*Eichhornia crassipes*), que se introdujo accidentalmente, o deliberadamente por su belleza, se adaptó perfectamente a las regiones tropicales, donde prolifera por todas partes. Se introdujo primero en los Estados Unidos, desde Venezuela, y se exhibió en la Exposición de Algodón de Nueva Orleans en 1884. Los amantes de los jardines la adoptaron como planta ornamental sembrándola en piscinas y estanques. Al poco tiempo, superaron los límites de estanques ornamentales e invadieron los arroyos, canales, conductos de aguas de regadío, vías fluviales y lacustres, convirtiéndose así en una molesta plaga. En África, por primera vez se señala su presencia en el delta del Nilo y en Sudáfrica (Natal), luego en Rodesia del Sur (actual Zimbawe) en 1937.

Las potencialidades de esta planta fueron descubiertas por Sir Albert Howard en 1920². Este brillante científico especializado en agricultura, realizó estudios sobre la planta en India y publicó artículos relacionados con el aprovechamiento de ésta en la depuración de aguas residuales, usos derivados como abono orgánico y alimento para ganado porcino.

2.3 Antecedentes de la aplicación del Jacinto en la planta de tratamiento Aurora II

A lo largo de los últimos años se han realizado algunas investigaciones por parte de los estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos-ERIS- de la Universidad de San Carlos, acerca de la aplicación del Jacinto existente en la Planta de tratamiento Aurora II, en cuanto a la remoción de nutrientes en todo el proceso de tratamiento del agua residual de la Planta, los resultados de remoción son los obtenidos desde el tratamiento primario hasta el terciario; entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

² Sir Albert Howard fue un pionero del método orgánico de agricultura.

1. Evaluación del tratamiento primario, secundario e investigación del tratamiento terciario por fitodepuración en la remoción de nutrientes y descarga microbiológica, realizado por Erwin Ortiz, 2003. Los resultados obtenidos demostraron que la DQO₅ alcanza una remoción acumulada del 95% y un 91% para la DQO.
2. Utilización de la *Eichornia Crassipes* (Jacinto acuático) para la remoción de nitratos y fosfatos de un efluente tratado biológicamente, realizado por Lydiester Alvarado, 1992. Los resultados obtenidos demostraron que la remoción para el nitrógeno y fósforo fue del 57.14% y 33.39% , respectivamente.
3. Efectos en la remoción de nitrógeno y fósforo existentes en la laguna de Jacintos acuáticos, realizado por Guillermo Lorenzana, 1984. Los resultados obtenidos demostraron que la remoción para el nitrógeno y fósforo fue del 55.48% y 32.61% , respectivamente.
4. Estudio experimental de campo sobre la remoción de nitrógeno y fósforo de Jacintos acuáticos, realizado por Noel Palacios Vivas, 1980. Los resultados obtenidos demostraron que la remoción para el nitrógeno y fósforo fue del 53.7% y 30.78% , respectivamente.
5. Tratamiento terciario de aguas servidas de origen doméstico e industrial por medio del Jacinto acuático, realizado por José Cruz Moreno, 1979 .
6. Estudio del Tratamiento de aguas servidas de origen doméstico mediante Jacinto acuático, realizado por Sergio Vado Álvarez, 1978.

Este último profesional ha sido el precursor en Centroamérica en aplicar el Jacinto acuático como parte del tratamiento de las aguas residuales domésticas y desde entonces, se han venido realizando investigaciones sobre ello. Con este trabajo se pretende ampliar las utilidades que el Jacinto acuático presenta y aplicarlo como abono orgánico para los suelos y cultivos.

2.4 Composición química del Jacinto

Así como las algas, la hierba del lecho del río y demás plantas acuáticas, el Jacinto acuático tiene un alto contenido de agua, entre 93 y 95%. Esta composición varía según el medio en el cual crezca la planta. Cuando hay escasez de elementos fertilizantes, se inhibe el crecimiento de la planta. Por el contrario, en abundancia de nutrientes, la planta se desarrolla a su máximo límite, adquiriendo un intenso color azul-verdoso.

2.5 Definición de compostaje

El compostaje es un proceso biológico en el cual las materias orgánicas se transforman en tierra de humus (abono orgánico) por medio de microorganismos. De tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperatura, tasa C/N, aireación y humedad).

2.6 Ventajas económicas y ecológicas del compostaje

Ventajas económicas:

Reduce la cantidad del uso de químicos por un producto más económico y natural, contribuye a preservar los recursos naturales, también disminuye las cargas contaminantes del aire y de las aguas, a través de la comercialización del compost en un sistema de manejo de residuos sólidos se pueden recuperar parte de los costos de la recolección, y reducir la cantidad de residuos sólidos hasta en un 70-75%.

Ventajas ecológicas:

Producción de menos aguas lixiviadas y gases contaminados, menos consumo de terreno para disposición final, menor impacto al paisaje, al suelo y a las aguas subterráneas (porque se disminuye el volumen de basura que se va al relleno), la producción de humus que puede servir como estabilizador contra la erosión, el compost es un fertilizador natural que no produce sobrecarga química al suelo.

Desventajas

Dependiendo de la metodología que se va a utilizar se pueden tener altos costos de instalación y explotación, el compost no siempre es bien aceptado en el mercado, en el transcurso del proceso se pueden producir gases con olores desagradables si no se mantiene un buen monitoreo de las actividades productivas, por lo tanto, se requiere de espacio y organización.

2.7 Propiedades del compost

Impacto del compost sobre las características físicas de los suelos

Mejora la estructura, dan soltura a los suelos pesados y compactos, mejora la porosidad y, por consiguiente, la permeabilidad y ventilación, reduce la erosión del suelo; incrementa la capacidad de retención de humedad; confiere al suelo un color oscuro ayudando a la retención de energía calorífica.

Impacto del compost sobre las características químicas de los suelos

La composición química del compost varía mucho en dependencia del tipo de material orgánico que se va a compostar, por lo general el compost contribuye a incrementar la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, azufre, calcio, magnesio entre otros; en los suelos, incrementa la eficiencia de la fertilización al añadir nitrógeno a los suelos.

Propiedades biológicas

Constituye una fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana; al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH, temperatura, humedad, entre otros, se incrementa la actividad microbiana, responsable de los procesos de mineralización de la materia orgánica, amonificación, nitrificación, fijación de nitrógeno, etc.

2.8 elementos del abono

El abono de una planta debe estar formado por sales minerales solubles en agua, ya que éstas son las únicas asimilables a través de las raíces. Según las cantidades consumidas por la planta, los diferentes elementos se dividen en dos grupos: micro elementos y macro elementos.

Los micro elementos no son necesarios en grandes cantidades, pero su falta puede llegar a causar problemas a la larga. Algunos de estos elementos son: hierro (Fe), zinc(Zn), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), manganeso (Mn), molibdeno(Mo), boro (B), cobre (Cu), etc. Estos elementos son los que la planta aprovecha en menores cantidades pero que son importantes para su desarrollo.

Los macroelementos son un grupo formado por aquellas sustancias que la planta consume en grandes cantidades y que, por tanto, su carencia resulta evidente mucho antes. Son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).

2.9 el proceso de compostaje.

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura. (Ver detalle del proceso en anexo 1):

- Mesolítico.
- Termofílico.
- De enfriamiento.
- De maduración.

2.10 Manejo del sistema de compostaje

2.10.1 Sitio del compostaje

1. Debe colocarse sobre el plástico negro dentro de la pila, nunca directamente sobre la base de la pila si su base está hecha de cemento, asfalto o pavimento, para permitir a los organismos descomponedores presentes en el suelo la colonización del recipiente.
2. Para mantener las condiciones necesarias del proceso, el compostaje debe situarse en un lugar que permita sombra y sol a la vez, para que no se vea afectado tanto en invierno como en verano y que permita el paso del viento.

2.10.2 Aireación y homogeneización de la masa en compostaje

Este procedimiento, como se ha mencionado con anterioridad tiene dos objetivos: favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje. Esta operación se hará diaria y manualmente. Siempre debe procurarse en los movimientos de las pilas, que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste del núcleo.

2.10.3 Acopio y empaque

Finalizado el proceso de compostaje, es conveniente cubrir el producto final con materiales impermeables (por ejemplo, plástico negro). El compost expuesto a la intemperie, pierde rápidamente valores de sus nutrientes esenciales, por lavado y lixiviación. En referencia al empaquete, hoy son muchas las alternativas disponibles que aseguran el mantenimiento de la calidad del producto, en este caso se empaquetará en sacos. Se debe evitar el empleo para el empaquete de cualquier tipo de bolsa o recipiente que haya contenido agrotóxicos o cualquier otra sustancia química.

Cuando el proceso ha terminado eficientemente el compost debe tener las siguientes características:

- Desprender un olor a tierra de bosque
- Lograr que los restos orgánicos de partida no sean visibles
- Presentar un aspecto homogéneo, grumoso y esponjoso
- Tener un color oscuro (negro o marrón oscuro), como la turba



Es importante considerar los problemas y soluciones que normalmente ocurren en el proceso de compostaje, así como sus usos y aplicaciones. En los anexos 2 y 3, respectivamente, se presentan en detalle algunos de éstos. En el anexo 4 se presenta las medidas sanitarias a considerar.

2.11 Cuándo abonar

Para que el abono orgánico sea efectivo sobre el suelo o los cultivos, es importante tomar en consideración el clima y el momento ideal para aplicarlo, las características del suelo y clima varían por país, sin embargo, para la región de Guatemala se puede considerar un calendario que puede ser aplicado como el siguiente:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.

	Periodo de reposo
	Abonado suave
	Abonado intenso

2.12 Factores que condicionan el proceso de compostaje

Como se ha comentado, 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 necesita unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, que están, a su vez, influidos por las condiciones ambientales, tipo de residuo por tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Se describirán aquellas características que se consideran relevantes de los residuos, y que inciden en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final. Los factores más importantes son:

2.12.1 Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

La relación C/N, expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación entre estos dos elementos, favorecerá un buen crecimiento y reproducción de las plantas. Para uso agronómico se considera adecuada una relación de C/N entre 12-15.

2.12.2 Estructura y tamaño de los residuos

Una vez seleccionado el Jacinto por utilizar hay que tener en cuenta el tamaño de los mismos. No deben sobrepasar los 10 cm de tamaño. Para ello, se triturará con un machete o hacha, en su defecto, tijeras para podar. Cuanto menor sea el tamaño, la velocidad de descomposición será mayor. Además, se consigue que la labor de descomposición para los microorganismos sea menos costosa y duradera. Si el tamaño de los materiales es demasiado grande (mayor a 10 cm de largo y 4 cm de diámetro) el proceso de compostaje puede suponer muchos meses de duración.

No debe pasarse primero por molino el Jacinto en "crudo", pretendiendo luego procesarlo como compost, lo cual está totalmente contraindicado por la dificultad. Lo mejor es molerlo cuando esté medio seco o triturarlo manualmente con machete.

2.12.3 Humedad

La aplicación del agua al compostaje será de todos los días de manera ininterrumpida, al menos durante las primeras cuatro semanas. El control del contenido de humedad se realizará cada semana y para ello se aplicará el siguiente procedimiento :

1. Tomar con la mano una muestra de material.
2. Cerrar la mano y apretar fuertemente el mismo.
3. Si con esta operación se verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces se puede establecer que el material contiene más de un 40% de humedad, por lo que es necesario más tiempo de descomposición.
4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.
5. Si el material no gotea y cuando se abre el puño permanece moldeado, se estima que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %.
6. Finalmente si se abre el puño y el material se disgrega, es decir, si salen 2 - 5 gotas de agua, se asume que el material contienen una humedad inferior al 20 %. El compostaje está listo.

2.12.4 El potencial de hidrógeno , ph

El rango de pH tolerado por las bacterias, en general, es relativamente amplio; existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6,5-7,5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura un desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, hacen precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos.

2.12.5 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 esperados.

2.12.6 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.

2.13 Calidad del compost como abono orgánico

Los rangos de calidad en cuanto a la humedad, color y olor para determinar si el Jacinto ya esta compostado son los siguientes: (Ver tablas 1, 2 y 3 respectivamente)

Tabla 1. Características y Valoración de la humedad

Descripcion	Humedad	Calidad Compost
Material con hilo continuo de agua (>20 gotas)	> 40%	Mala
Material gotea intermitentemente (>10 gotas)	40%	Regular
Material no gotea mucho (2 a 5 gotas)	< 20%	Buena

Tabla 2. Características y Valoración del color

Descripcion	Color	Calidad Compost
Material fresco	Verde	Mala
Material semi descompuesto	Café claro	Regular
Material compuesto	Negro o Marrón	Buena

Tabla 3. Características y Valoración del olor

Descripcion	Olor	Calidad Compost
Material fresco	No tan agradable	Mala
Material semi descompuesto	Semi agradable	Regular
Material compuesto	Agradable (Tierra)	Buena

Durante el invierno se pueden poner recipientes cerca de la pila, de esta manera, se puede acumular el agua de lluvia para el riego de las pilas, en lugar de traer agua de afuera o utilizar la misma de la laguna. El riego se puede hacer con regadoras manuales o con huacales pequeños.

Materias nutritivas y criterios generales

Los criterios de aptitud del compost como abono orgánico se resumen en la tabla 4, según los parámetros establecidos por la Unión Europea. Se trata del contenido de materias nutritivas y de criterios generales de calidad. Si se encuentran más del 75 % de las muestras analizadas del Jacinto de compostaje dentro de los márgenes indicados, se considera como compost de buena calidad fertilizador.

Si el contenido de materias nutritivas es muy bajo, el compost no sirve como fertilizador. En el caso inverso, puede ocurrir una sobre fertilización que puede lixiviar el suelo a largo plazo y que puede causar graves daños a las aguas subterráneas.

Tabla 4. Criterios de calidad para el compost según la Unión Europea ⁴

PARÁMETRO	UNIDAD	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
Contenido de agua	%	35	36	50
Contenido de proteínas	%	30	33	35
Contenido de celulosa	%	3	4	5
Densidad	Kg / m ³	550	680	850
Contenido de sal soluble	Kg / m ³	2	4	8
Conductividad eléctrica	mS / cm	20	25	40
pH	-	6	7.6	8.3
N total	% TS	0.8	1.1	1.5
Fósforo total	% TS	0.4	0.7	1
Potasio total	% TS	0.6	1.2	1.5
Magnesio total	% TS	0.2	0.4	0.7
Calcio total	% TS	2	3	6
Relación C:N	% TS	10	15	20

Estos límites no tienen ninguna validez legal aquí, pero pueden ser usados como referencia interna. Como el estándar técnico de la protección del medio ambiente es muy diferente en varios países de la Unión Europea, los límites en cuestión se determinaron de manera que puedan cumplir también los países menos avanzados.

4. Esos valores de límite son conformes a la Ordenanza No. 86/278/EEC de la Unión Europea.

Contenido de metales pesados

Otro parámetro muy importante es el contenido de metales pesados. Si se aplica un compost con alto contenido de metales pesados al suelo, los metales pesados pasan a las aguas subterráneas y a las plantas cultivadas en esa área. Los metales pesados ingeridos por seres humanos o animales aumentan considerablemente el riesgo de enfermedades graves, como el cáncer. Una de las ventajas en este caso, es que, por ser agua residual doméstica la concentración de metales pesados es baja. En la tabla 5 se resumen los riesgos que provocan los metales pesados.

Tabla 5. Riesgos para la salud causados por metales pesados ⁵

METAL	RIESGO PARA LA SALUD
Plomo	Anemia, tóxico para los riñones (causa lesiones de riñón), reducción del período de gestación, problemas de desarrollo intelectual del niño, problemas del desarrollo del oído del niño, afecta el sistema nervioso central, hipertensión.
Cromo	Cáncer, infecciones de sangre, leucemia
Mercurio	Daños neurológicos, especialmente peligroso para niños
Cadmio	Afecta el riñón, hipertensión, afecciones de tipo vascular, cáncer de próstata, infertilidad, bronquitis

En la tabla 6 se muestra como referencia los valores límites que provee la Unión Europea para la concentración de metales pesados dentro del compost que pueden ser usados como referencia .

⁵ Esos valores de límite son conformes a la Ordenanza No. 86/278/EEC de la Unión Europea.

Tabla 6. Valores límites de la concentración de metales y/o pesados dentro del compost ⁶

METAL	Límites de concentración de metales pesados dentro del compost (ppm)
Plomo	250
Cadmio	2.5
Cromo	200
Cobre	200
Níquel	100
Mercurio	2
Cinc	750
Mn	100-500
Fe	3000-10000

Como el estándar técnico de la protección del medio ambiente es muy diferente en varios países de la Unión Europea, los límites en cuestión se determinaron de manera que puedan cumplir también los países menos avanzados. Las experiencias muestran que no es difícil lograr un nivel muy bajo de metales pesados si se aplica la clasificación domiciliaria de la basura biodegradable.

⁶ Esos valores de límite son conformes a la Ordenanza No. 86/278/EEC de la Unión Europea

CAPITULO TRES

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Preparación de la investigación

Para la presente investigación se definieron dos aspectos :

Trabajo de campo: se realizaron visitas diarias y semanales a la Planta de tratamiento Aurora II, en esta fase se realizaron actividades como determinar la producción del Jacinto dentro de la laguna y posteriormente, se analizó la descomposición del mismo para la aplicación del abono. A su vez, se realizó una prueba adicional piloto de compostaje del Jacinto para aplicarlo en girasol .

Trabajo de laboratorio: se realizaron los análisis del Jacinto acuático, tanto fresco como descompuesto, para abono a fin de determinar los parámetros físicos-químicos más importantes de acuerdo con el enfoque de la investigación, nutrientes (N,P,K) y otros elementos (Cu,Zn,Mn,Fe). Así también se analizaron algunos parámetros para medir la calidad del agua residual de la laguna, dándole principal importancia a la DBO₅.

3.2. Trabajo de campo

A continuación se mencionan las actividades que se desarrollaron.

3.2.1 Producción del Jacinto

Para determinar la producción del Jacinto acuático dentro de la laguna es importante considerar la metodología más apropiada por utilizar para la extracción del mismo. En este caso, se aplicó la extracción manual del Jacinto por área, es decir, retirarlo del estanque en un tiempo determinado y procesarlo. Esta etapa consiste en la evaluación del comportamiento del Jacinto en dicha laguna, para ello se realizaron visitas diarias y semanales a la PTAR.

Se seleccionó una sección de la laguna para estimar la producción del Jacinto; se determinó que un área apropiada sería de un octavo de la laguna, equivalente a 2.775m^2 ($1.5\text{m} \times 1.85\text{m}$)

Para la determinación del tiempo de producción se realizaron varias actividades como se describe a continuación:

1. Inoculación de Jacinto acuático, para esto se extrajo Jacinto de la laguna de agua de lluvia ubicada en la Planta de tratamiento de aguas residuales ,Aurora II.
2. División del área de la laguna de tratamiento terciario en ocho partes iguales utilizando hilo de pescar
 - El área efectiva total de la laguna para la proliferación del Jacinto es de 21.54m^2
 - El área del octavo analizado para la proliferación del Jacinto fue de 2.775m^2
3. Medición de la producción por semana y por mes, para determinar la producción de biomasa.
4. Pesaje del Jacinto: se pesaron para determinar cuántas plantas o kilogramos crecieron en ese período por el área seleccionada (2.77m^2).

3.2.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono.

Para llevar a cabo el proceso de descomposición del Jacinto, se tomaron cinco muestras. Para ello se seleccionó aleatoriamente un octavo de área de la laguna, aquella en la que se había sembrado Jacinto y las que fueron tomadas para determinar el tiempo de producción del mismo. La decisión de tomar cinco muestras y no más, radicó, principalmente, en el poco tiempo que se tenía disponible para realizar todas las pruebas y análisis necesarios, tomando en cuenta que el estudio debería estar completo para abril del corriente año, calculando un tiempo aproximado de tres a cuatro meses para la producción de Jacintos, esto al tomar en cuenta la inoculación a la Laguna en estudio , de dos a tres meses para la descomposición del mismo y un mes para la realización de los análisis respectivos, por lo que se decidió tomar esa cantidad representativa de muestras para obtener los resultados esperados en el tiempo indicado.

Para la descomposición del Jacinto el procedimiento fue el siguiente:

1. Pesaje del Jacinto húmedo: se pesó el Jacinto que se sacaba del área de la laguna (un octavo de laguna equivalente a 2.77 m²), para saber cuál sería el peso al iniciar la descomposición y ver cómo variaba conforme el tiempo.
2. Trituración del Jacinto: para esto se hizo uso de un molino a base de gasolina, sin embargo, también se hizo prueba de trituración manual con un machete, para obtener una partícula más pequeña.
3. Humedecimiento del Jacinto: todos los días se le aplicaba agua, en este caso se usaba agua de la misma laguna.
4. Pesaje del Jacinto semi-descompuesto: esto se realizaba cada 2 semanas para comprobar el porcentaje de peso que iba perdiendo conforme su descomposición.
5. Verificación de parámetros: los parámetros evaluados principalmente son la humedad y temperatura.
6. Descomposición total: para verificar si el Jacinto ya estaba descompuesto totalmente, se verificó de una forma manual observando la calidad de humedad que tenía el compostaje, para ello lo que se hizo fue lo siguiente:
 - ✓ Tomar con la mano una muestra de material, cerrar la mano y apretar fuertemente el mismo.
 - ✓ Se verificó que salía un hilo de agua continuo del material, entonces era necesario más tiempo de descomposición y así sucesivamente hasta que no saliera mucha agua.
 - ✓ Finalmente si salían de 2 - 5 gotas de agua se asumió que el material contenía una humedad inferior al 20 %. El compostaje estaba listo.
7. Obtención de resultados: para ello se realizaron cinco pilas de compostaje que después del tiempo considerado, estaba apta para abono.

Herramientas utilizadas durante el proceso

Las herramientas que son utilizadas en el proceso de compostaje son las siguientes:

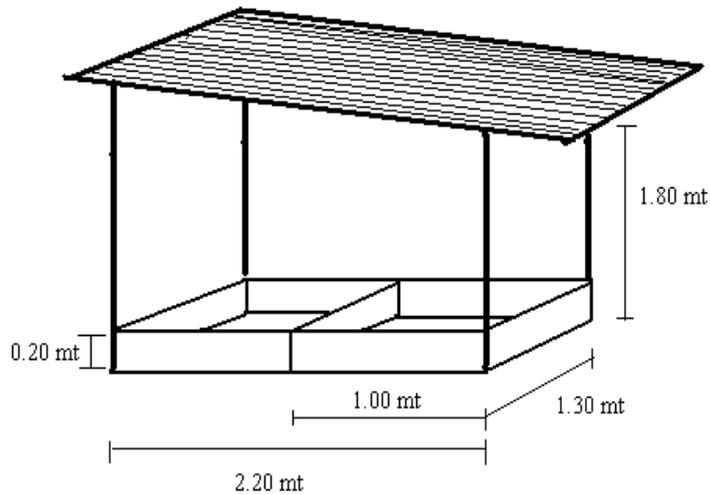
- Rastrillo, para sacar el Jacinto de la laguna
- Báscula o pesa, para pesar el Jacinto que se saca de cada área
- Machete, hacha o tijera de podar, para triturar manualmente el Jacinto, se puede utilizar un molino manual o un molino de combustible .
- Herramientas de volteo: pala, horca, paleta. Estos utensilios nos permiten voltear el montón e introducir los materiales.
- Plástico negro, para ubicar el compostaje y cubrirlo en caso de lluvia.
- Otros utensilios útiles: tijeras de podar, saco para guardar el compost hecho.
- Agua para humedecer el Jacinto, en época de lluvia puede utilizarse ésta para el compostaje.
- Termómetro para tomar la temperatura.

3.2.3 Construcción de la pila de compostaje

Para realizar las pruebas de compostaje, se construyeron dos pilas de compostaje con techo; cuando se construye el techo, es importante que no impida el ingreso de viento. Es necesario mencionar que las pilas de las primeras tres muestras se hicieron sobre plástico negro a la par de la laguna de Jacinto, dado que aún no se construía la pila de cemento con su techo y las dos últimas muestras ya se realizaron dentro de ella .

Las medida de cada pila es: 1.0 mt (L) x 1.30mt (A) x 0.20mt (H), se construyó con techo a una altura de 1.80 mt, esto con el fin de evitar que le dé directamente el sol y para efectos de lluvia en época de invierno. El área total por pila es 1.30 mt². (Ver figura 3)

Figura 3. Diseño de pilas de compostaje de Jacinto acuático planta de tratamiento de aguas residuales Aurora II - ERIS



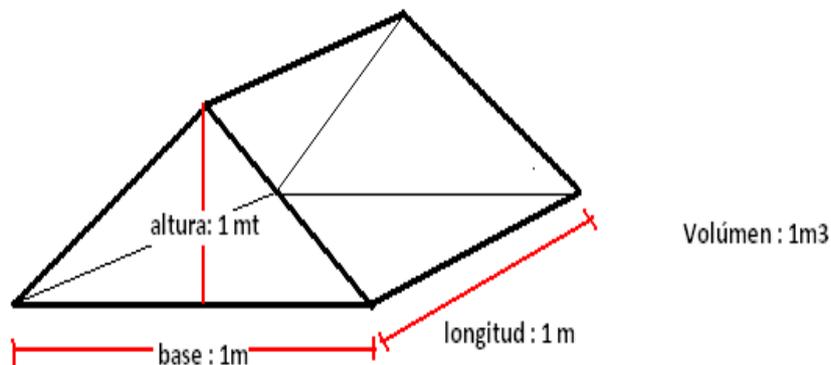
Materiales utilizados:

- Blocks de medidas : 0.20mt x 0.40mt x 0.10mt
- Arena
- Grava
- Cemento
- Lámina de zinc
- Tubo de 1" para drenaje
- Troncos de árbol para soportar la lámina.
- Plástico Negro.

Tamaño de la pila

Para el diseño de la pila se considerará un área de 1mt x 1mt, con una altura de 1mt aproximadamente, lo que permitirá obtener un volumen de 1m³. (Ver figura 4).

Figura 4. Tamaño de la pila de compostaje



3.2.4 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles

En esta fase, se realizó una prueba adicional piloto de preparación en pequeña escala de abono orgánico a partir del Jacinto, la idea básica era preparar el Jacinto para que después de uno o dos meses estuviera ya listo para aplicarlo como abono, para ello las actividades realizadas fueron las siguientes:

1. Toma de muestra de Jacinto: se fue a la planta Aurora II y se obtuvo una muestra de plantas de Jacinto con un peso de 20 libras.
2. Trituración de las plantas: se procedió a triturar manualmente las plantas, para ello se hizo uso de las instalaciones del laboratorio de microbiología de la ERIS; ya triturado el Jacinto, se procedió a pesarlo dando un dato de 10 libras.
3. Preparación del abono: compostando el Jacinto durante dos meses se procedió a hacer dos muestras de abono, una muestra solamente de Jacinto y la otra fue una mezcla de Jacinto con estiércol de ganado.

Estas últimas dos operaciones se realizaron en el Laboratorio de Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ubicado en el Edificio T-5, y para llevarlas a cabo se contó con el apoyo del encargado del mismo.

La cantidad de material preparado fue:

- Muestra de Jacinto: peso húmedo: 4 libras, peso seco sin moler: 0.5 lbs.

- Muestra de Jacinto y estiércol: peso húmedo: 6 libras, peso seco sin moler: 2 lbs.
4. Aplicación del abono en semillas de girasol par ver su crecimiento: se aplicó el abono en dos muestras: una solo con tierra y la otra con abono de Jacinto, de tal forma que se hiciera una comprobación de su eficiencia. Esta operación se realizó en el área verde de una residencia en donde diariamente se le aplicaba agua y personalmente se pudiera observar su crecimiento.

3.2.5 Tiempo de realización para cada actividad

El trabajo de campo se realizó en seis meses, con la siguiente distribución del tiempo por actividad :

- Producción del Jacinto: cuatro meses, octubre del 2008 a Febrero del 2009.
- Proceso de descomposición del Jacinto para abono: tres meses, enero a abril de 2009.
- Prueba adicional de compostaje para aplicación en girasoles: la descomposición de la muestra de Jacinto duró dos meses en promedio y, posteriormente se aplicó a una semilla de girasol verificando su crecimiento día a día durante cuatro meses, todo el proceso duró seis meses desde noviembre de 2008 a abril de 2009.

3.3 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto

3.3.1 Características del Jacinto fresco sin compostar

La selección de las muestras se llevó a cabo a través de un muestreo aleatorio simple y tomadas durante la mañana, en la que se seleccionó una muestra aleatoria de Jacinto con peso de 3 kg, la cual fue llevada al Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, se procedió a entregar la muestra del Jacinto al encargado del laboratorio, para ello se dejó durante 20 días de tal forma que pudieran realizarle los análisis correspondientes.

Los parámetros considerados los más importantes del abono orgánico y los cuales fueron analizados son los siguientes:

- Potencial de hidrógeno , pH.
- Conductividad eléctrica
- Porcentaje de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio
- Cobre, Cinc, Hierro, Manganeso, Sodio.
- Porcentaje de materia orgánica y Nitrógeno total.
- Relación de Carbono / Nitrógeno.

3.3.2 Características del compostaje de Jacinto

El mismo Jacinto producido fue retirado de la laguna para la descomposición y comenzaba su proceso, cuando se determinó que el compostaje ya estaba listo , se tomó una muestra de 5 libras de cada pila y se llevaron al laboratorio de la Facultad de Agronomía para que le hicieran los análisis físico-químicos; los parámetros por analizar fueron los mismos expuestos en el punto anterior.

3.3.3 Tiempo de realización

Los análisis físicos-químicos del Jacinto se realizaron en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y se desarrollaron en dos fases de la siguiente manera:

- Jacinto fresco sin compostar: la muestra de Jacinto fue entregada al laboratorio en noviembre de 2008 y sus resultados fueron entregados un mes después, diciembre de 2008.
- Compostaje de Jacinto: las cinco muestras de compostaje de Jacinto fueron entregadas al laboratorio a finales del mes de abril y sus resultados fueron entregados un mes después, mayo de 2009.

3.6 Parámetros físicos-químicos del agua residual de la laguna de Jacintos

En esta fase se realizaron los análisis del agua residual perteneciente a la laguna ,en los que estudiaron principalmente la DBO₅ , DQO, Nitratos y Fosfatos para las muestras de Jacintos tomadas, así como otros parámetros que se presentan posteriormente dándole mayor importancia a la DBO₅.

3.7 Funcionamiento de las pilas

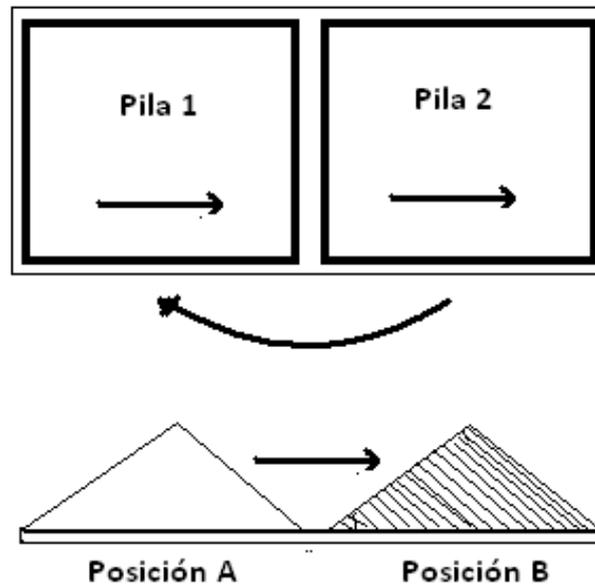
Una de las reglas fundamentales que se debe tener en cuenta para un sistema como el propuesto es mantener la independencia física de la Unidad de Compostaje. Nunca se debe añadir material nuevo a una pila que ya ha sido conformada.

Como el volumen del material disminuye con el progreso de la biodegradación, se pueden combinar dos pilas para hacer una, con el fin de economizar el espacio. Si se combinan pilas, es importante que sean pilas que tengan, aproximadamente, la misma edad para no mezclar compost maduro con compost inmaduro.

En este caso se tienen dos pilas las cuales estarán alternándose para no quedarse sin espacio en determinado tiempo. El procedimiento es el siguiente:

- Se extrae el Jacinto solamente de un octavo de la laguna, una vez al mes, equivalente a 18.2 Kgs, los parámetros por analizar y considerar serían los mismos.
- Se utilizará la primera pila con ese Jacinto listo para su descomposición, la segunda quedará libre.
- Al siguiente mes, se llena la segunda pila. La primera pila tendrá ya un mes con material descompuesto.
- Al segundo mes, la primera pila tendrá dos meses en descomposición listo para retirarse y apilarse, y ahí podrá llenarse la pila con material nuevo.(Ver figura 5)
- Repetir el proceso mensualmente.

Figura 5. Diseño del funcionamiento de las pilas



3.6 Análisis de datos y preparación de informe

Los datos presentados en este capítulo son el punto de partida para la realización de todas las pruebas necesarias y la obtención de resultados, tanto para la producción de Jacintos como para la descomposición del mismo. En el siguiente capítulo se presentan de manera específica los resultados obtenidos para cada prueba, y posteriormente, se presentan sus interpretaciones y análisis.

CAPITULO CUATRO

PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Trabajo de campo

Los resultados que a continuación se presentan son los obtenidos en las etapas descritas en el capítulo anterior.

4.1.1 Producción del Jacinto

Después de la siembra del Jacinto, se realizaron visitas semanales a la planta para monitorear su producción en el octavo de la laguna que se había dejado vacío, observándose un crecimiento un poco lento. Sin embargo, se tomaron algunas muestras y se procedió a pesarlas, éste dio un dato de producción aproximado de 0.456 kgs por día.

No obstante, se procedió a dejar más tiempo para obtener otra muestra más representativa; se realizaron posteriormente nuevas tomas de muestras semanales para confirmar este dato. Después de varias semanas se procedió a la toma de muestras y pesaje de los Jacintos que habían producido en el octavo de laguna vacío, y otros que se sacaron también de otros octavos, pues se fue alternando la recogida de Jacinto. Los datos obtenidos fueron los siguientes: (Ver tabla 7)

Tabla 7. Datos de producción del Jacinto.

Muestra	Área de laguna	Fecha de inicio	Peso inicial (kg)	Fecha de finalización	Tiempo de producc. (días)	Peso húmedo recogido (kg)	Producción (kg)	Producción (kg/m2-día)
1	1/8	Nov-11	2.3	Ene-09	57	35.9	33.6	7.7
2	1/8	Nov-18	4.1	Ene-22	65	46.4	42.3	9.7
3	1/8	Nov-25	6.4	Ene-17	53	43.2	36.8	8.5
4	1/8	Dic-03	8.6	Feb-04	66	50.5	41.8	9.6
5	1/8	Dic-05	9.5	Feb-09	65	48.2	38.6	8.9

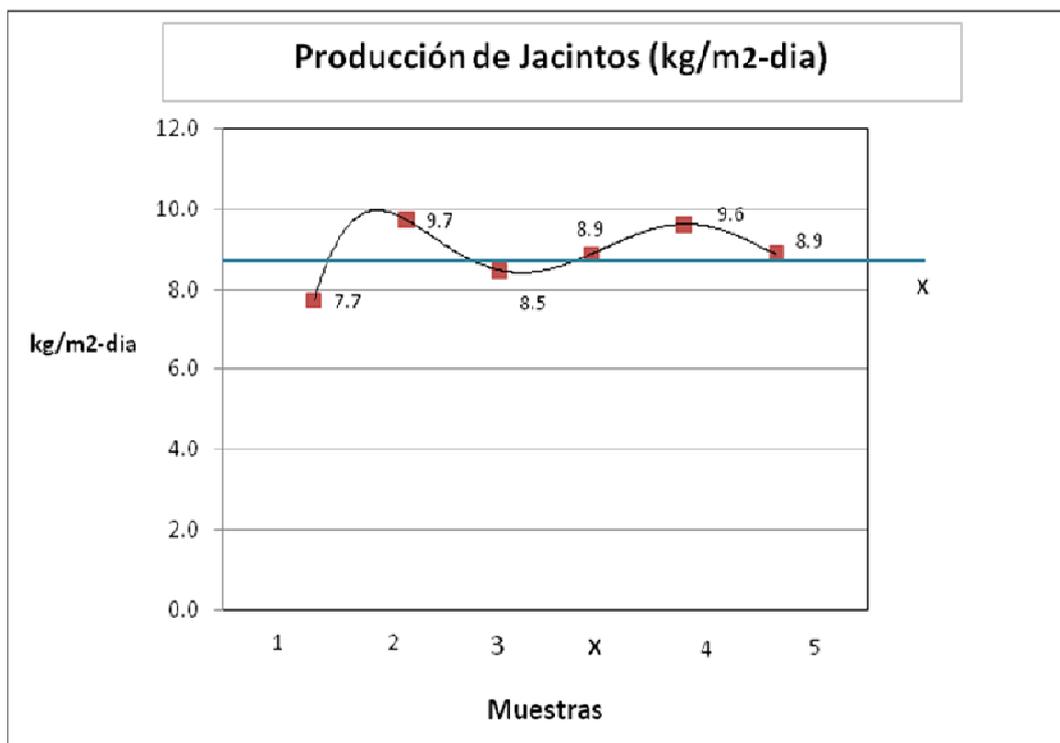
De acuerdo con la producción obtenida para las cinco muestras, se tiene una producción media (o media aritmética de las muestras) de $X = 8.9 \text{ kg/m}^2\text{-día}$ (38.63 Kgs) para los días especificados en la tabla, ya que como se observa, hay algunas variaciones con una desviación estándar de $\sigma = 0.8$.

Producción promedio del Jacinto por área/ día = $0.23 \text{ kg/ m}^2\text{- día}$.

Producción promedio diaria del Jacinto por octavo de laguna = 0.62 Kg/día

En la gráfica 1 se puede observar la tendencia en el crecimiento en $\text{Kg/m}^2\text{-día}$, tanto para las muestras en el orden en que se tomaron. Posteriormente, se dejó esa cantidad de Jacinto en proceso de descomposición, para aplicarlo como abono orgánico a mediana escala.

Grafica 1. Producción del Jacinto



4.1.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono

Como puede observarse en la tabla 8 y gráfica 2 , las muestras que se dejaron para compostaje son las mismas que se utilizaron para determinar la producción del Jacinto; en ellas se presentan los datos obtenidos durante el proceso.

Tabla 8. Datos de descomposición del Jacinto

Muestra	Fecha de inicio compostaje	Fecha de fin del compostaje	Área de laguna	Peso húmedo (Kg)	Peso compostaje (Kg)					
				Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6	Semana 8	Semana 10	Semana 12
1	Ene-09	Abr-14	1/8	33.6	23.5	16.5	11.5	8.1	5.7	4.0
2	Ene-14	Abr-16	1/8	42.3	29.6	20.7	14.5	10.1	7.1	5.0
3	Ene-22	Abr-20	1/8	36.8	25.8	18.0	12.6	8.8	6.2	4.3*
4	Feb-04	Abr-20	1/8	41.8	29.3	20.5	14.3	10.0	7.0	4.9*
5	Feb-10	Abr-14	1/8	38.6	27.0	18.9	13.3	9.3	6.4*	3.8*
PROMEDIOS X				38.6	27.0	18.9	13.3	9.3	5.19	1.79
PROMEDIOS σ				3.59	2.52	1.76	1.23	0.86	0.70	0.72

*Datos obtenidos después de realizar los análisis físico-químico de compostaje de la muestra.

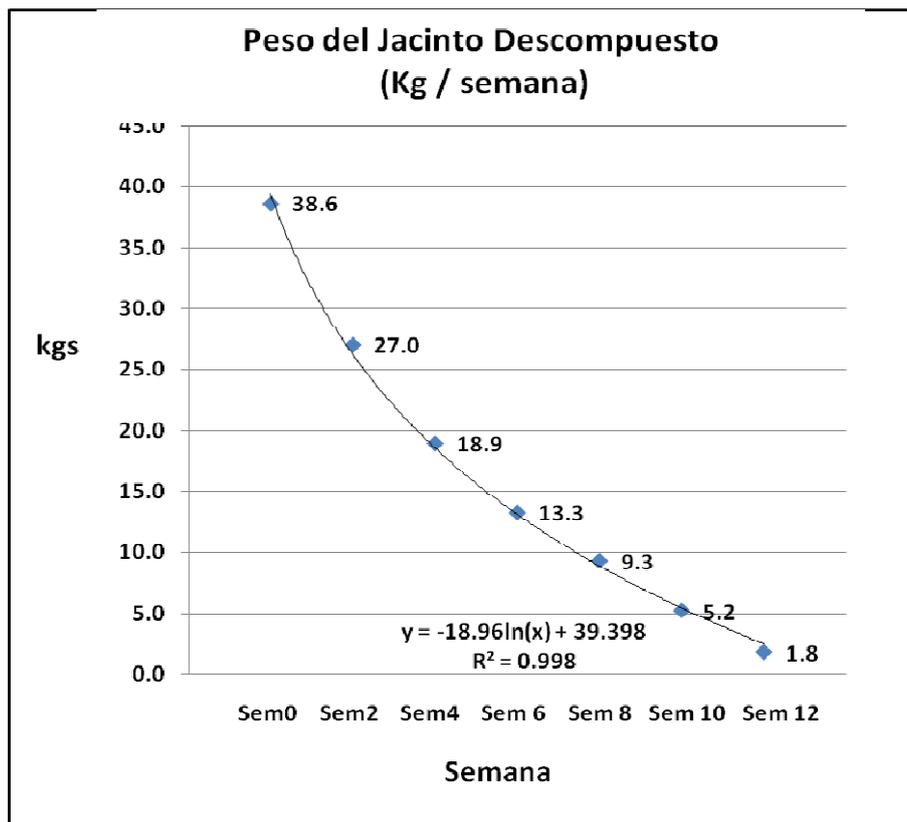
En la semana cero se tiene el peso (en húmedo) del Jacinto que se retiró, a partir de ahí se dejó cada muestra en proceso de compostaje durante 12 semanas, sin embargo, se tienen algunas modificaciones:

- Para el caso de las muestras 1 y 2, la muestra para su análisis se tomó a la semana 12.
- Para el caso de las muestras 3 y 4, la muestra se tomó a la semana 10.
- Para el caso de la muestra 5 , la muestra se tomó a la semana 8.

El tiempo o la semana en la que se tomaron las muestras para compostaje varían y se realizaron de esta forma para verificar si había una diferencia muy representativa en cuanto a sus características físicas-químicas, y determinar así el tiempo de descomposición. Como se verá posteriormente, el tomar las muestras en diferentes semanas no afectó considerablemente los resultados para obtener los valores necesarios

de compostaje. En la gráfica 2 puede verse el cambio en el peso que va ocurriendo, y se puede ajustar una gráfica por medio de regresión que permita predecir el comportamiento de la reducción de peso en el tiempo, mediante la ecuación resultante: $y = -18.96\ln(x) + 39.398$, con un coeficiente de correlación de 0.998.

Grafica 2. Peso promedio del Jacinto descompuesto



Para determinar si el Jacinto ya estaba descompuesto en su totalidad, se realizó una serie de pruebas manuales en cuanto a humedad, color y olor, para las muestras analizadas de compostaje al primer mes, a los dos, dos y medio y tres meses, presentando los siguientes resultados: (Ver tabla 9)

Tabla 9. Características del Jacinto compostado

Tiempo	Humedad	Color	Olor	Calificación
1 Mes	Mala	Verde	Desagradable	No Compostado
2 Meses	Buena	Negro	Semi agradable	No Compostado
2.5 Meses	Buena	Negro	Agradable	Compostado
3 Meses	Buena	Negro	Agradable	Compostado

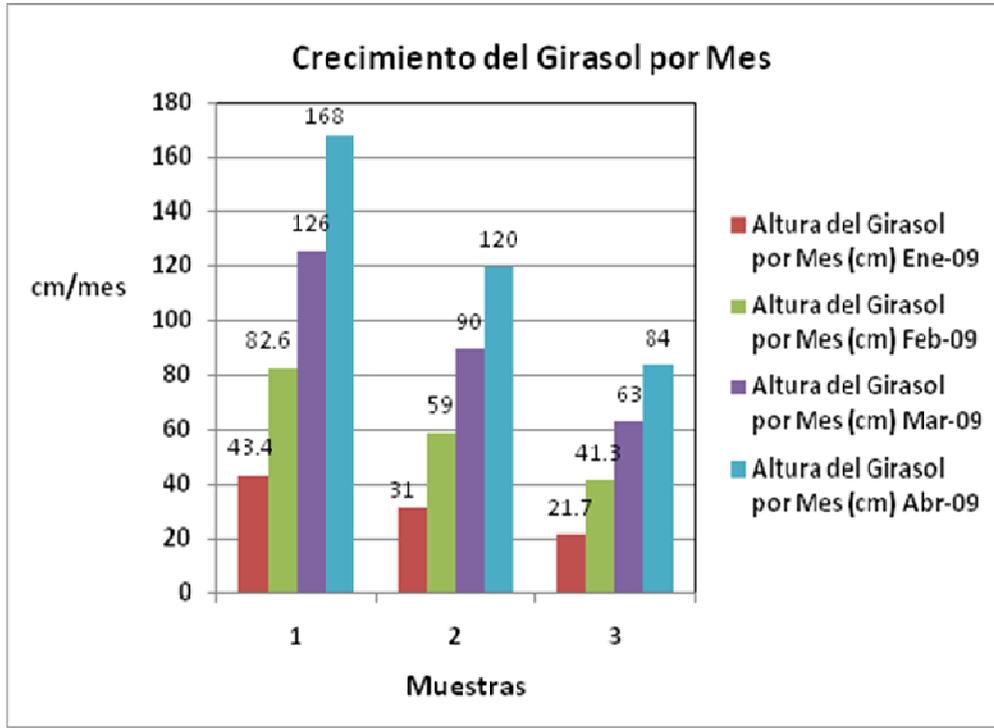
4.1.3 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles

Lo que se pretendía con esta prueba era la aplicación del abono preparado como prueba piloto en semillas de girasol para ver su crecimiento, por ello se realizaron tres muestras de tal forma que se hiciera una comprobación de su eficiencia con y sin abono de Jacinto. Ver crecimiento por mes en tabla 10 y en gráfica 3.

Tabla 10. Crecimiento del girasol por mes (cm)

Muestra	Crecimiento diario(cm)	Altura del Girasol por Mes (cm)			
		Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09
1	1.4	43.4	82.6	126	168
2	1	31	59	90	120
3	0.7	21.7	41.3	63	84

Gráfica 3. Crecimiento del girasol por mes (cm)



El procedimiento fue el siguiente:

- A la primera muestra se le aplicó 25 grs. de abono de Jacinto, aproximadamente, una cuchara.
- A la segunda muestra se le aplicó 12.5 grs. de abono de Jacinto, aproximadamente, media cuchara.
- A la tercera muestra no se le aplicó abono.

4.2 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto

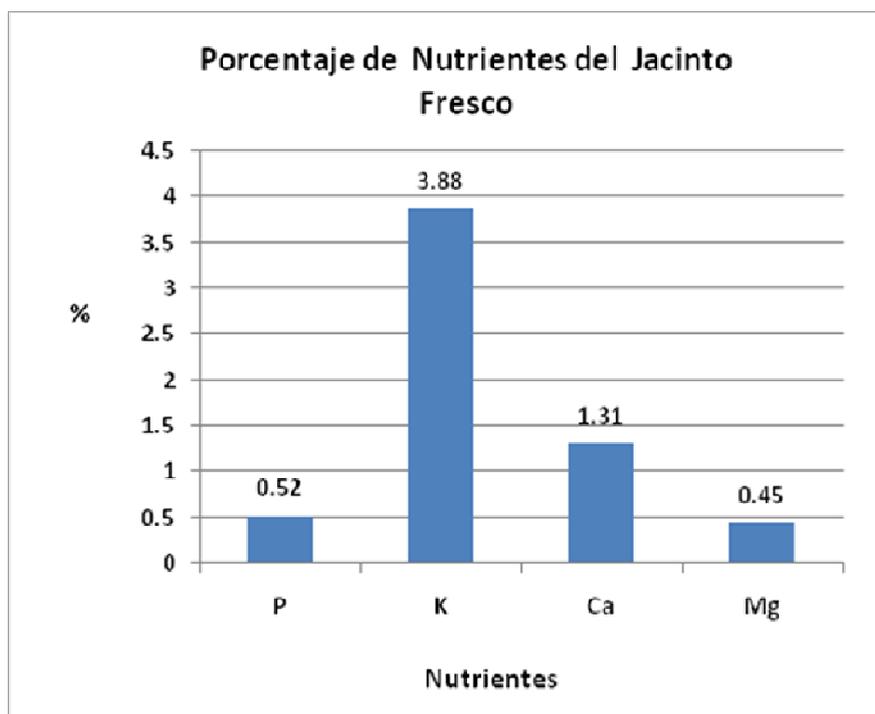
4.2.1 Características del Jacinto fresco sin compostar

Después de 20 días hábiles que se dejó la muestra en el laboratorio para su análisis, fueron entregados los resultados los cuales presentaron los datos mostrados en la tabla 11, ver la representación de la cantidad de nutrientes del Jacinto en porcentaje (gráfica 4)

Tabla 11. Datos de las características físicas-químicas del Jacinto fresco

MUESTRA	pH	T° C	mS / cm	%				ppm					%		
			C.E	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	M.O	NT	C:N
M-1	5.5	25.7	40.3	0.52	3.88	1.31	0.45	20	40	2550	285	8650	42.48	2.15	12.4:1

Gráfica 4. Porcentaje de nutrientes del Jacinto fresco



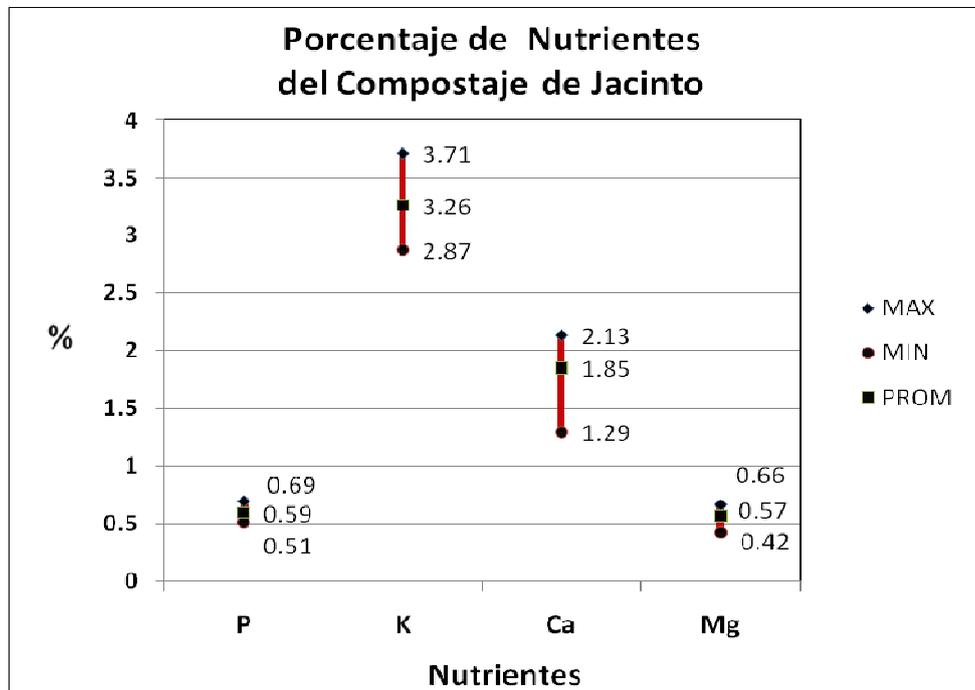
4.2.2 Características del compostaje de Jacinto.

La Tabla 12 muestra los resultados obtenidos en las cinco muestras de compostaje en relación a los nutrientes, materia orgánica y otros materiales importantes de conocer. Ver en la Gráfica 5 la cantidad de nutrientes que posee el Jacinto ya descompuesto.

Tabla 12. Datos de las características físicas-químicas del Jacinto descompuesto

MUESTRA	pH	T° C	mS /	%				ppm					%		
			cm	C.E	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	M.O	NT
M-1	6	25.4	42.3	0.51	3.71	1.29	0.42	10	45	2250	285	8650	40.84	2.05	12.4:1
M-2	6.5	26.3	61	0.57	3.56	1.85	0.63	10	95	3150	325	8500	46.1	2.46	12.3:1
M-3	8	24.7	57	0.62	3.19	1.94	0.54	20	105	3950	315	8750	48.6	2.24	12.2:1
M-4	7.6	26	45.97	0.58	2.96	2.04	0.59	10	100	3050	295	8950	51.82	2.48	12.3:1
M-5	7.6	25.8	39.85	0.69	2.87	2.13	0.66	10	95	2050	255	9000	53.93	2.57	12.2:1
X	7.1	25.6	49.2	0.6	3.3	1.9	0.6	12.0	88.0	2890.0	295.0	8770.0	48.3	2.4	12.3:1
σ	0.8	0.6	9.3	0.1	0.4	0.3	0.1	4.5	24.4	763.5	27.4	208.0	5.1	0.2	02:01

Gráfica 5. Porcentaje de Nutrientes del Compostaje de Jacinto



4.3 Parámetros físico-químicos del agua de la laguna de Jacintos

Hay que recordar que, en este caso, la laguna de Jacinto acuático sirve como un tratamiento terciario para la remoción de nutrientes de las aguas residuales domésticas, proveniente de la colonia Aurora II. Por ello, se consideró realizar un análisis del agua, tanto del afluente como al efluente, evaluando los parámetros físico-químicos más importantes y comprobar así la efectividad del Jacinto en este proceso; dichos parámetros son la DBO₅, DQO, Nitratos, Fosfatos, pH entre otros. (Ver en la tabla 13 los datos obtenidos).

Ver además los valores de entradas y salidas de la calidad del agua de la Laguna de Jacintos para DBO₅, DQO, Nitratos y Fosfatos para sus valores máximos, mínimos y promedios. (Gráfico 6 y 7)

Tabla 13. Datos de las características físicas-químicas del agua de la laguna de Jacinto

PARAMETRO	MUESTRAS PARA ANALISIS DE AGUA EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA LAGUNA DE JACINTOS														
	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5		Entradas		Salidas		% Remocion
	*E1	*S1	E2	S2	E3	S3	E4	S4	E5	S5	X	Σ	X	σ	
DBO5 (mg/l)	110	68	100	30	189	90	105	75	95	30	119.80	39.09	58.6	27.29	51.51
DQO(mg/l)	178	120	136	80	194	106	150	107	135	56	158.60	26.32	93.8	25.64	41.26
T° (C)	25.3	25.5	22.5	22.8	23	23	24	23.5	24.5	24.5	23.86	1.13	23.86	1.13	0.00
pH	7.32	7.43	7.4	7.13	7.18	7.73	7.5	7.3	7.2	7.3	7.32	0.13	7.378	0.22	0.00
Conductividad elect (um)	620	595	660	640	683	670	660	650	560	510	636.60	48.45	613	63.80	0.00
Nitratos(mg/l)	5.4	4.3	3.2	2.2	9.9	9.2	3.4	2.2	1.3	1.1	4.64	3.28	3.8	3.23	21.87
Fosfatos(mg/l)	16	3.5	18.8	2.5	17.3	2.75	16	4.5	17	5	17.00	1.13	3.65	1.08	78.26
Sól.Sedimentables (mg/l)	0.2	0	0.5	0	0.2	0.01	0.2	0	0.1	0	0.24	0.15	0.002	0.00	-
Sól. Disueltos (mg/l)	323.5	280.5	272	253	340	335	335	295	305	285	315.10	27.60	289.7	29.72	8.05

*E: Entrada a la laguna de Jacinto y *S: Salida de la laguna de Jacinto

E2, S2 y E3,S3 fueron tomadas como referencia del estudio realizado por Ing. Erwin Ortiz.ERIS-USAC.

Gráfico 6. Valores en la entrada de la Laguna para DBO₅ , DQO, Nitratos y Fosfatos

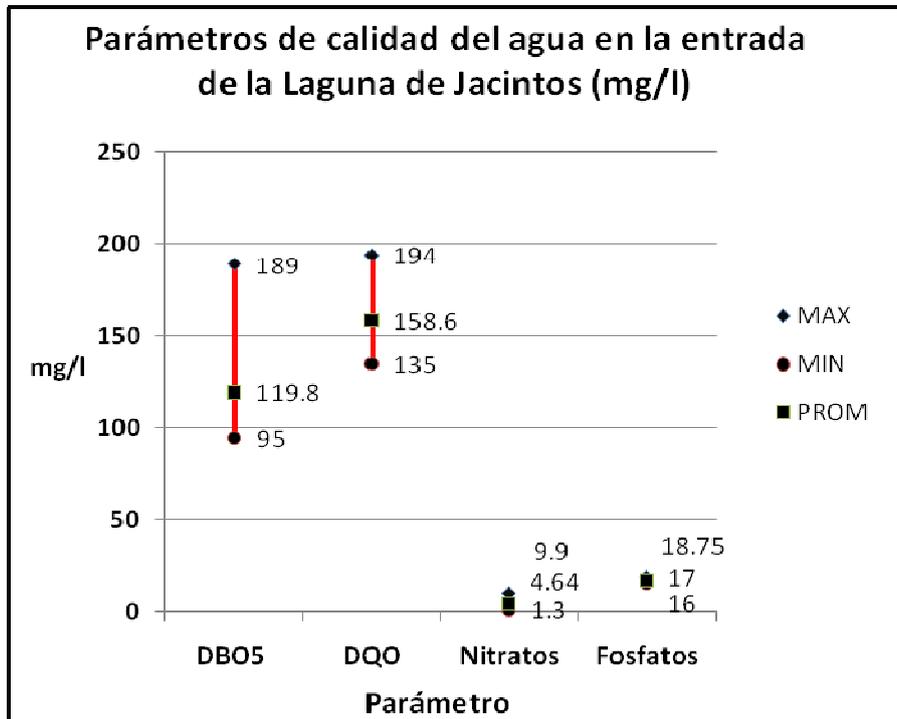
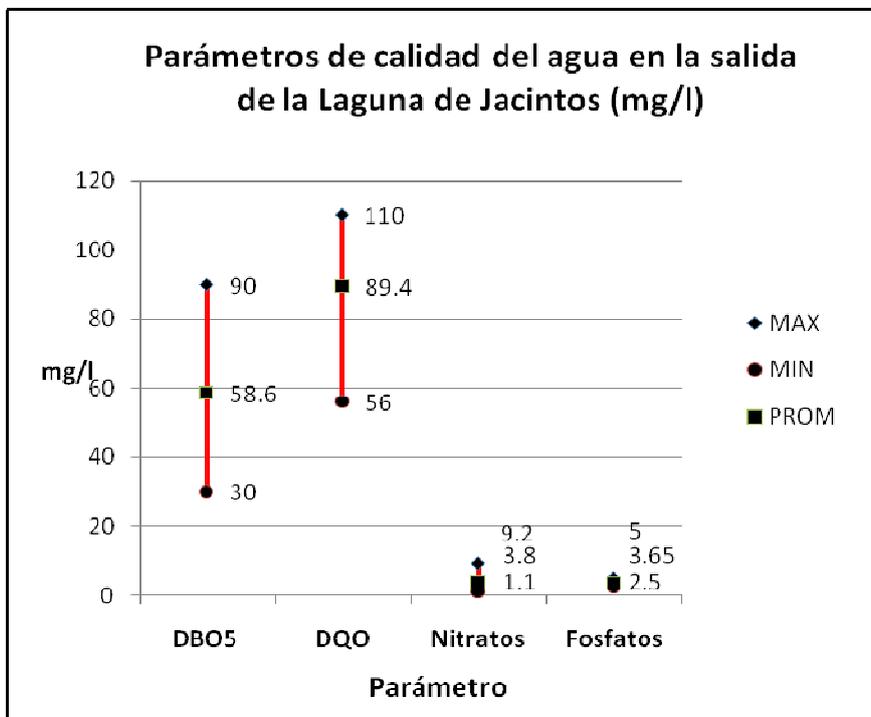


Gráfico 7. Valores en la salida de la Laguna para DBO₅ , DQO, Nitratos y Fosfatos



Es importante hacer una relación de la producción de Jacinto con la calidad del agua en relación con los datos promedios finales de DBO₅, DQO, Nitratos y Fosfatos, obtenidos a la salida del tratamiento terciario, es decir, a la salida de la laguna de Jacintos. (Ver datos presentados en tabla 14)

Tabla 14. Relación de la producción con la calidad del agua DBO₅,DQO, nutrientes y fosfatos

Promedios	Producción (kgs)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)
X	38.6	58.6	89.4	3.8	3.7
σ	3.59	27.9	25.64	3.23	1.08

CAPITULO CINCO

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Trabajo de campo

5.1.1 Producción del Jacinto

En base a los datos obtenidos en la tabla 4, se determinó la producción en kilogramos de Jacintos por metro cuadrado por día, tomando en cuenta el octavo de área de la laguna, se obtuvieron los siguientes resultados:

Área efectiva de la laguna = 21.54 m²

Área efectiva por octavo de laguna = 2.77 m²

Producción promedio diaria del Jacinto por octavo de laguna = 0.62 Kg/día

Producción promedio mensual del Jacinto por octavo de laguna = 18.20Kg / mes

Producción promedio del Jacinto por área/ día = 0.23 kg/ m²- día, para rangos de 33.6 a 42.6 kg de producción (promedio de 38.63kgs y desviación estándar de 0.8)

Producción promedio del Jacinto por área/ mes = 6.86 kg/ m²- mes

Con estos datos se puede determinar la cantidad de Jacintos que se producirá por metro cuadrado durante un mes o para el tiempo que se desea, esto va a proporcionar una dato para planificar, ya sea espacio, cantidad de Jacintos que se va a procesar, tiempo disponible para llevar a cabo el compostaje y la cantidad del mismo por obtener. La cantidad de Jacintos producidos y obtenidos en este estudio es una cantidad considerable y aceptable, tomando en cuenta la calidad del agua proveniente y el área disponible de la laguna. Es conveniente tomar en cuenta que la cantidad de Jacintos que se producirá depende de las características del agua, espacio, clima y factores propios, no se puede generalizar.

5.1.2 Proceso de descomposición del Jacinto para abono

Como resultados y análisis importantes para el proceso de descomposición se puede mencionar los siguientes:

Producción promedio mensual del Jacinto por octavo de laguna = 18.20Kg / mes

Tiempo de trituración del Jacinto por octavo de área: 40 min

Tiempo de trituración del Jacinto por de área: 14 min/ m²

Si se considerara sacar el Jacinto de toda la laguna se tendrían los siguientes datos:

Cantidad de Jacinto por laguna : 148 Kg / mes

Tiempo de trituración del Jacinto por mes : 300 min/ mes ó 5 hrs/ mes

En relación con los resultados obtenidos y presentados de las muestras (tabla 5 y 6) para conocer el tiempo de descomposición se ha determinado que el Jacinto de la laguna de la planta Aurora II, cumple con las características del compostaje para un tiempo de entre dos meses y medio y tres meses (analizando los parámetros físicos-químicos de la tabla 1 sugeridos por la UE). Como se observa para ese tiempo cumple con las características, por lo que puede aplicarse en ese tiempo como abono; si se deja tres meses la variación no es mucha, teniendo en cuenta siempre el cumplimiento del proceso , si hubiera algún cambio en el proceso o se ve influido por factores externos como clima, cambios en las características del agua u otros, entonces, habrá que dejarlo, si es posible, durante tres meses para estar seguro de que sus resultados serán efectivos para aplicarlo como abono.

5.1.3 Prueba adicional-piloto de compostaje para aplicación en girasoles

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 6 se pudo observar que la muestra a la que se le aplicó el abono de Jacinto, tuvo un crecimiento relativamente rápido en comparación con la muestra a la que no se le aplicó abono; ambas estuvieron bajo las mismas condiciones de clima, suelo y regándose todos los días. Los resultados observados por día para cada muestra fueron los siguientes:

Muestra 1: el girasol creció 170 cms, aproximadamente en 4 meses; con un crecimiento diario promedio de 1.5 cm.

Muestra 2: el girasol creció 120 cms, aproximadamente en 4 meses; con un crecimiento diario promedio de 1.0 cm.

Muestra 3: el girasol creció 85 cms, aproximadamente en 4 meses; con un crecimiento diario promedio de 0.7 cm.

Por lo tanto, la cantidad sugerida para aplicar en plantas, como se hizo en este caso, puede ser la segunda opción antes presentada (muestra 2) o según el criterio de cada persona y tiempo, podría utilizarse la aplicación de la muestra 1. Lo que sí está demostrado es que el compostaje a base de jacinto acuático sí es efectivo para aplicarlo como abono orgánico.

5.2 Análisis de laboratorio: características físicas-químicas del Jacinto

5.2.1 Características del Jacinto fresco sin compostar y compostado

Al verificar los resultados presentados en las tablas 11 y 12, es necesario realizar un análisis de ellos en relación a los límites permisibles tomados como referencia por parte de la UE, en cuanto a la cantidad de nutrientes, metales y otras características presentes en el compostaje que deben cumplir para que sea efectivo. (Ver en tabla 15) Es importante recordar que esos límites no son legalmente aprobados, pero son una referencia para comprobar la efectividad del Jacinto de la Planta Aurora II en la aplicación de abono orgánico.

Tabla 15. Comparación de valores de compostaje de la UE con los resultados del Jacinto compostado

PARAMETRO	UNIDAD	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	JACINTO COMPOSTADO
Conductividad eléctrica	mS / cm	20	25	40	49.2
pH	-	6	7.6	8.3	7.1
N total	% TS	0.8	1.1	1.5	2.4
Fósforo total	% TS	0.4	0.7	1	0.6
Potasio total	% TS	0.6	1.2	1.5	3.3
Magnesio total	% TS	0.2	0.4	0.7	0.6
Calcio total	% TS	2	3	6	1.9
Relación C:N	% TS	10	15	20	12.3

A continuación se presentan las evaluaciones para cada una de las características analizadas:

Potencial de hidrógeno ph: la muestra del Jacinto fresco sin compostar presenta un pH ácido en relación a los límites, no obstante, las muestras ya descompuestas presentan resultados (7.1) dentro de los límites medios permisibles, por lo que son aceptados.

Conductividad eléctrica: están dentro del valor medio permisible, por lo tanto, es aceptado(49.2)

Porcentaje de nutrientes P, K, Ca y Mg: el Fósforo(P, con 0.6%) y el Magnesio(Mg, con 0.6%) están dentro de los límites propuestos por lo que los resultados son aceptados; en cuanto al Potasio(K, con 3.3%), los resultados son casi el doble que el límite máximo, esto es bastante beneficioso, por lo tanto, es aceptable pues se confirma que el Jacinto tiene mucho nutriente, lo cual que ayuda a ser aplicado como abono; en cuanto al Calcio (Ca, con 1.9%), el resultado está cerca del límite inferior, sin embargo, por la compensación de los otros nutrientes es aceptado.

Metales Cu, Zn, Fe y Mn: en cuanto al Cobre (Cu, con 12 ppm), Zinc (Zn, con 88 ppm) y Hierro (Fe, con 2890 ppm) los resultados presentados son mucho menores que los valores permisibles propuestos, lo cual significa que no hay riesgo alguno para la salud, por lo que son aceptados. En cuanto al Manganeso (Mn), el resultado está dentro del límite por ello también está aceptado para compostaje.

Nitrógeno Total N.O: los resultados obtenidos (48.3%) son mucho más altos que el valor máximo lo que significa que el Jacinto es rico en nitrógeno, lo cual favorece la aplicación de abono orgánico, por lo tanto, el valor es aceptado.

Relación Carbono-Nitrógeno C:N: es la característica principal para evaluar la efectividad, presenta un valor de 12.3:1 de una planta para aplicarla como abono orgánico, el resultado obtenido para el Jacinto de la planta Aurora II se encuentra dentro del límite adecuado, apto para agricultura, por lo que es aceptado para compostaje.

De esta manera se puede determinar que el 75% de las muestras analizadas del Jacinto descompuesto de la Planta de tratamiento Aurora II, está dentro de los márgenes indicados por la Unión Europea, de ahí que es apto para abono orgánico.

5.3 Parámetros físico-químicos del agua de la laguna de jancitos

Para las aguas residuales que cumplan con una calidad en relación a la DBO₅ de 58.6 mg/l, la DQO de 89.4 mg/l, Nitratos de 3.8 mg/l y Fosfatos de 3.7 mg/l, se estima que la producción media de Jacintos de 38.6 Kgs, según los experimentos realizados en la Laguna de Jacintos Acuáticos de la Planta de Tratamiento Aurora II. Se pueden ver algunos de los usos permitidos para los reusos de estas aguas residuales según el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006. Guatemala, 5 de mayo de 2006 "Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos".

Es importante mencionar que estos resultados de la calidad del agua son especialmente para el agua residual y la laguna de Jacintos provenientes de la planta Aurora II considerando, además, que son aguas residuales domésticas que por su origen poseen una gran cantidad de materia orgánica; específicamente el agua analizada para las muestras de producción y descomposición de los jacintos específicos que se tomaron en ese día. Debido a la calidad del agua residual que contiene carga orgánica, se puede realizar un proceso de absorción de nutrientes mucho más efectivo por parte del Jacinto, lo cual también influye en la producción del mismo, ya lo que lo hace apto para compostaje.

CONCLUSIONES

1. Después de realizar los análisis de producción de biomasa y las pruebas necesarias de compostaje del Jacinto producido en la laguna de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Aurora II, el mismo puede ser aprovechado para la producción de abono orgánico, ya que posee propiedades y requerimientos necesarios de compostaje para la aplicación en los suelos.
2. Es importante aclarar que la producción de Jacintos determinada en este estudio es la que se generará solamente en la planta de tratamiento Aurora II, eso depende exclusivamente de factores como espacio, clima, características del agua, entre otros, por lo que estos resultados no podrán ser generalizados y aplicados a otra muestra de Jacinto de otro lugar, sin embargo, sí pueden tomarse como referencia para otros estudios.
3. El proceso de compostaje puede durar entre 2 a 3 meses según la cantidad de Jacinto que se procese; sin embargo, como un parámetro se puede establecer que los 18.20 Kg al mes en cada octavo de la laguna pueden completar su proceso de descomposición en 2 meses y medio.
4. Durante el proceso de compostaje se produce una pérdida del orden del 30 % del volumen inicial de residuos y un 70 -75 % del peso original, debido a los procesos bioquímicos y a la pérdida de humedad.
5. Según los datos obtenidos, principalmente la relación de Carbono- Nitrógeno, presenta un valor promedio final de 12.3:1, comparándolo con los valores que propone la Unión Europea, se puede concluir que, efectivamente, el Jacinto acuático posee propiedades para utilizarlo como abono orgánico.
6. En relación a los nutrientes encontrados en las muestras de Jacintos y los parámetros cualitativos y cuantitativos propuestos por la Unión Europea, se comprobó que la mayoría de los parámetros cumplen con las características para aplicar el Jacinto acuático como abono orgánico, dándole más importancia a los

nutrientes primarios como Fósforo con un valor promedio final de 0.6%, Potasio con 3.3%, Calcio con 1.9% y Magnesio con 0.6%.

7. La materia orgánica que posee el Jacinto acuático tiene un valor promedio final de 48.3%, lo que significa que es la adecuada dentro de los parámetros de compostaje ya que mejorará las propiedades del suelo.
8. Se puede observar que el Jacinto contiene al Potasio como el nutriente más rico con un valor promedio final de 3.3% , lo cual favorece para acelerar los procesos de floración y fructificación; por lo que en términos generales se confirma que el compostaje a partir del Jacinto acuático, proveniente de la laguna de la PTAR Aurora II, es rico en nutrientes y puede utilizarse como abono orgánico para cultivos y suelos.
9. La aplicación del compostaje por medio del Jacinto acuático de la planta Aurora II, sí puede utilizarse como abono orgánico para las plantas, ya que se observa una diferencia del 35% en el crecimiento de las diferentes muestras (tomados bajo el mismo tiempo de inicio) entre la aplicación del compostaje de Jacinto y la no aplicación del mismo (solo suelo, sin abono alguno).
10. El Jacinto acuático es una planta que absorbe los nutrientes provenientes de las aguas residuales domésticas, y contribuye al proceso de tratamiento de las mismas, remueve en un 51.51 % la DBO₅ y en un 41.26% la DQO presente en el agua.
11. La información presentada en esta investigación en relación al compostaje, es un sistema sencillo, real y fácil de aplicar con el que se pretende el buen funcionamiento del mismo. Puede tomarse como referencia para un posterior estudio sin olvidarse de que cada laguna tiene sus propias características así como el agua residual proveniente o si se aplica para lagos o ríos, no necesariamente para aguas residuales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el seguimiento adecuado del proceso de compostaje en la PTAR Aurora II, para sustentabilidad de la presente investigación y poder aplicar a pequeña, mediana o gran escala el abono a partir del Jacinto en los cultivos sembrados en las instalaciones de la planta Aurora II de la ciudad de Guatemala.
2. Con este tipo de estudio , se pretende que los estudiantes de maestría de la ERIS conozcan, investiguen y apliquen ciertas técnicas o conocimientos adquiridos a ese nivel, por lo que se recomienda a la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, seguir promoviendo este tipo de estudios, que no sólo representa un beneficio al estudiante, sino también a quienes puedan aplicarlo directamente.
3. Se recomienda hacer en invernadero una prueba, de la aplicación de este abono de Jacinto en semillas de girasol , para verificar su desarrollo y compararlo con lo presentado en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

1. ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006 . Guatemala, 5 de mayo de 2006 “Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos”.
2. ALVARADO CUADRA, LIDIESTER.1992. Utilización de la *Eichornia Crassipes* (Jacinto acuático) para la remoción de nitratos y fosfatos de un efluente tratado biológicamente. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS-.Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. BENÍTEZ PACHECO, INGRID LORENA.2008. Evaluación de la distribución de metales pesados en las plantas acuáticas jacinto de agua (*eichhornia crassipes*) y *tul (thypa spp)* utilizadas en la planta de tratamiento de aguas residuales la cerra, villa canales por medio de fluorescencia de rayos x". Tesis. Master en ciencias en ciencia y tecnología del medio ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. CRUZ MORENO, JOSE GUSTAVO. 1979 .Tratamiento terciario de aguas servidas de origen doméstico e industrial por medio del Jacinto acuático. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS- Universidad de San Carlos de Guatemala
5. EVA RÖBEN. Manual de Compostaje Para Municipios DED/ Ilustre Municipalidad de Loja. Loja, Ecuador 2002.Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. united nations industrial development organization. dirección provincial de servicios comunales de la ciudad de la habana.
6. LORENZANA , GUILLERMO ESTUARDO.1984. Efectos en la remoción de nitrógeno y fósforo existentes en la planta experimental de la ERIS. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS- Universidad de San Carlos de Guatemala.

7. MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. Acuerdo gubernativo no. 66-2005, Guatemala, 17 de febrero del 2005.
8. ORTIZ CASTILLO, EDWIN MANUEL, 2003. Evaluación del tratamiento primario, secundario e investigación del tratamiento terciario por fitodepuración en la remoción de nutrientes y descarga microbiológica en la planta piloto de Tratamiento de Agua Residual Domestica Aurora II, "Ingeniero Arturo Pazos Sosa" posterior a la Rehabilitación. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS-.Universidad de San Carlos de Guatemala.
9. PALACIOS VIVAS, NOEL. 1980. Estudio experimental de campo sobre la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas tratadas en una laguna de estabilización mediante el empleo de Jacintos. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS-.Universidad de San Carlos de Guatemala.
10. SOLARES CASTILLO, ROLANDO. 2006. Certificación de la norma iso 14000 para una planta de tratamiento de aguas negras. Tesis. Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
11. SWARTZ GUZMAN, MAX FERNANDO. 2003. Remoción de Estreptococos fecales en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Aurora II. Tesis. Magíster Sc. Ingeniería Sanitaria. Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria-ERIS- Universidad de San Carlos de Guatemala. 132p.
12. Procedimiento de trabajo seguro para la operación de la planta de compostaje de residuos orgánicos en el relleno sanitario lomas los colorados kdm s.a.kdm s.a. – Departamento de Prevención de Riesgos. Alcalde Guzmán 0180, Quilicura, Santiago. Fono: 3893224 Fax: 3893226.
13. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. *organización panamericana de la salud . organización mundial de la salud .* Disponible en : <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>.

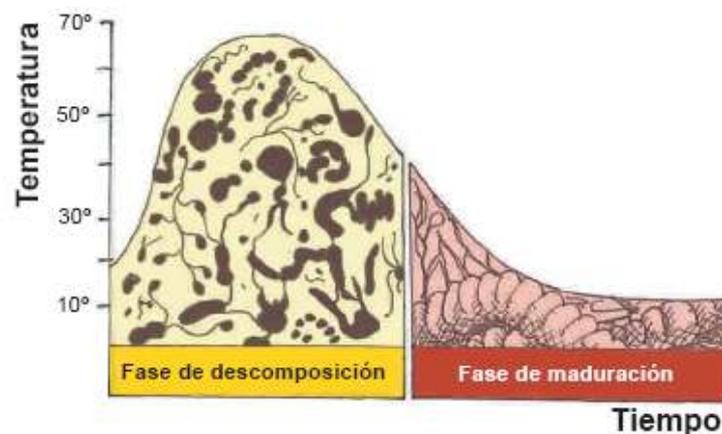
14. Manual de compostaje casero. Disponible en :
<http://agronomia.uchile.cl/webcursos/cmd/22005/pmanriquez/Compostaje%20Casero%20definitivo2.htm>.
15. Manual básico para hacer compost. Disponible en:
<http://www.ayuntamientodegalapagar.com/doc/mambien/Manual%20compostaje1.pdf>.
16. El Compostaje. Disponible en : http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT_Curso-compostaje2.pdf Manejo de malezas acuáticas .Capítulo 11

ANEXOS

ANEXO 1

PROCESOS DEL COMPOSTAJE

- **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 puede subir hasta 60° y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- **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.
- **De enfriamiento.** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinviden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- **De maduración.** Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente. España 2003.

ANEXO 2

PROBLEMAS Y SOLUCIONES DEL COMPOSTAJE

Efecto apreciado	Posible causa	Solución
La temperatura del montón no sube y tiene suficiente humedad	El calor se desprende por falta de material	Añade más cantidad de material hasta alcanzar las 2/3 partes del computador lleno. Protégelo temporalmente con un plástico.
El montón está muy húmedo	Posiblemente se haya mojado por el agua de lluvia	Meter un palo y ahuecar el montón. Si no se resuelve, sacar todo el montón, voltear y mezclar con material seco.
El montón está muy seco y no disminuye el volumen	Sequedad en el ambiente Demasiados materiales secos Abandono temporal del cubo	Regar la pila uniformemente Añadir material fresco Sacar el montón, voltear y mezclar con materiales frescos
El montón huele a podrido	Falta de oxígeno Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco.
El montón huele a amoníaco	Aporte excesivo de material rico en nitrógeno ""(césped, restos comida) Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco.
Hay muchas moscas	Exceso de humedad Restos de comida sin cubrir	Cubrir los restos de comida con material seco o tierra
Hay larvas blancas	Larvas de mosca Mucha humedad	Reducir la humedad
Presencia de hormigas	Debido a los restos de comida Sequedad del montón	Si existe hormiguero: voltear la pila y añadir agua o materiales húmedos
Presencia de roedores	Restos de comida que les atraigan	Eliminar restos de carne o pescado en el cubo. Voltear el montón.
Presencia de caracoles o babosas	Humedad del montón o de la zona	Reducir la humedad en caso de que sean muchas

ANEXO 3 USOS DEL COMPOST

Compost fresco		
Aplicaciones	Método	Propiedades
Acolchado	Esparcido en capas de 5 cm alrededor de las plantas	Protección contra heladas, desecación y proliferación de hierbas no deseadas
Abono verde	Capa de 2-5 cm enterrada superficialmente en terreno de barbecho	Aporte de nitrógeno y otros nutrientes al suelo
Compost maduro		
Aplicaciones	Método	Propiedades
Abono: huerto/ jardín	Excavando unos 15 cm y mezclando con la tierra (0.5-4 kg por m ²)	Aporte de nutrientes asimilable para las plantas
Abono: semillero	Mezclado a partes iguales con tierra y arena	Aporte de nutrientes asimilable para las plantas
Abono: macetas	Mezclado con un tercio de compost, un tercio de tierra vegetal y un tercio de vermiculita o perlita	Aporte de nutrientes asimilable para las plantas
Abono: césped	En primavera, echar una fina capa (2 cm)	Renovación de césped
	Echar capa de 5 cm	Siembra de césped
Abono: árboles	Para trasplantar, hacer un agujero, el doble de la bola de raíz, y mezclar a partes iguales el compost y tierra vegetal, compactar el sustrato alrededor de la raíz y apisonar para evitar huecos	Aporte de nutrientes asimilable
Té de compost	Meter el compost en un saco e introducirlo en agua durante una noche	Líquido fertilizante

ANEXO 4

ASPECTOS SANITARIOS

- Si el compost ha sido debidamente procesado, el material final no ofrece mayores riesgos, sin embargo, es recomendable la utilización de guantes para manipular el material.
- Las mayores precauciones deben tomarse con el material fresco, en las manipulaciones precompostaje, más aún que en este caso se trata de aguas residuales domésticas que contienen heces fecales.
- Hacer uso del equipo de protección personal para evitar cualquier contacto del agua residual directamente, o la acumulada en el Jacinto.
- Si el material de compostaje entra en contacto con los ojos o piel, lavar abundantemente con agua y jabón.
- No utilizar ninguna herramienta y/o equipo que se haya ocupado en el proceso de compostaje, para cualquier otra actividad agrícola, o para la preparación de pasto para ganado.
- Para la aplicación del abono de Jacinto en el suelo o cultivos, asesorarse o ver las propuestas hechas en este documento, a fin de evitar problemas a la población o animales.
- No es conveniente, subir sobre la cúspide de la pila activa para tomar temperaturas. Recuerde que durante el proceso se producen emanaciones importantes de pequeños gases.
- Ante cualquier situación de enfermedad acudir al centro de salud más cercano.