UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

Tema:

CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y BIODINÁMICA DE LAS ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO (*Azolla sp.*) EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE, LATACUNGA COTOPAXI

Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Agroecología y Ambiente.

Autora: **Ing. Victoria Alicia López Guerrero**

Director: **Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg.**

Ambato - Ecuador

2014

Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato.

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por el Ingeniero José Hernán Zurita Vásquez, Magister, Presidente del Tribunal e integrado por los señores Ingenieros Edgar Luciano Valle Velástegui, Magister, Ingeniero Pedro Pablo Pomboza Tamaquiza, Doctor y la Ingeniera Deysi Alexandra Guevara Freire, Magister, Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar la defensa oral del trabajo de titulación con el tema: "**CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y BIODINÁMICA DE LAS ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO (*Azolla sp.*) EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE, LATACUNGA COTOPAXI"**, elaborado y presentado por la señorita Ingeniera Victoria Alicia López Guerrero, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agroecología y Ambiente.

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg.
Presidente del Tribunal de Defensa

Ing. Deysi Alexandra Guevara Freire, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Edgar Luciano Valle Velástegui, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Pedro Pablo Pomboza Tamaquiza, Dr.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: "**CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y BIODINÁMICA DE LAS ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO (*Azolla sp.*) EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE, LATACUNGA COTOPAXI"**, le corresponde exclusivamente a: Ing. Victoria Alicia López Guerrero, Autora bajo la Dirección de Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg., Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

---------- ----------

Ing. Victoria Alicia López Guerrero — Autor

Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg. — Director

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los Derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Victoria Alicia López Guerrero
c.c. 0503123283

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico con todo mi amor a mis padres, hermana y abuelitos, quienes me han enseñado a hacer frente a las adversidades sin perder nunca la dignidad y la humildad, ni desfallecer en el intento, me han encaminado a todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y mi perseverancia, todo ello con paciencia y aliento para cumplir la ardua tarea de caminar hacia la perspectiva de un nuevo día.

Vicky

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta meta en el camino de mi superación profesional, quiero agradecer primeramente a Dios, a mis padres Antonio y Gotty, a mi hermana Anita, a mis abuelitos Neptalí y Alicia, y a mi familia por ser mi fortaleza y apoyo en todo momento

Al Director de mi Tesis Ing. Mg. Jorge Dobronski, por compartir sus conocimientos conmigo, sus orientaciones, apoyo, persistencia y sobre todo su motivación.

A los docentes Miembros del Tribunal de Defensa, quienes con sus conocimientos, experiencia, orientación y motivación me permitieron continuar con éxito esta innovadora investigación.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que a través de sus maestros, quienes fueron verdaderos guías en el desarrollo de esta Maestría, nunca escatimaron tiempo y esfuerzo, me permitieron ser una amalgama de sus conocimientos y consejos. Pero sobretodo porque me demostraron ser unos excelentes seres humanos y valiosos amigos.

A mis compañeros con quienes compartí mis estudios, por su fraternidad, que de una u otra manera han aportado su granito de arena a mi formación y al cumplimiento de mi investigación.

Además quiero dar gracias a todas aquellas personas que me han devuelto una sonrisa, que me ofrecieron un pan en tiempos difíciles y que me dieron su apoyo, cariño y comprensión para que el trabajo sea más llevadero.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS vii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN EJECUTIVO xiii
SUMMARY xiv
INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3
1.1 TEMA 3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN 4
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO 7
1.2.3 PROGNOSIS 8
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 9
1.2.5 INTERROGANTES 9
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN 10
1.3 JUSTIFICACIÒN 10
1.4 OBJETIVOS 13

CAPÍTULO II 14
MARCO TEÓRICO 14
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 14
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA 17
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL 21
2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES 24
2.4.1 MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE 24
2.4.1.1 Taxonomía de las algas 24
2.4.1.2 Características generales de las algas 25
2.4.1.3 Clases de algas 25
2.4.1.4 Taxonomía de la *Azolla* 33
2.4.2 MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE 38
2.4.2.1 Características de los ingredientes 38
2.4.2.2 Preparación del compost 40
2.4.2.3 Composición 41
2.4.2.4 Parámetros de calidad del compost 41
2.4.2.5 Ventajas 41
2.4.2.6 Desventajas 42
2.5 HIPÓTESIS 42
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES 43

CAPÍTULO III 44
LA METODOLOGÍA 44
3.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN 44
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN 44
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 44
3.4 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES 46
3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 48
3.5.1 Factores en estudio 48
3.5.2 Actividades por objetivo específico 48
3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN 53

CAPÍTULO IV 55
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 55
4.1 FITOQUÍMICA 55
4.2 BIODINÁMICA 56
4.3 COMPOST CON LA ADICIÓN DE ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO 60
4.3.1 pH durante la elaboración del compost 60
4.3.2 Temperatura durante la elaboración del compost 62
4.3.3 Días a la cosecha del compost 65
4.3.4 Rendimiento en Kilogramos 67
4.4 APORTE DE ELEMENTOS NUTRICIONALES INVOLUCRADOS EN EL COMPOST 69
4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE ELABORACIÓN DEL COMPOST. ... 72
4.6 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS 74

CAPÍTULO V 75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75
5.1 CONCLUSIONES 75
5.2 RECOMENDACIONES 77

CAPÍTULO VI 78
PROPUESTA 78
6.1 TÍTULO 78
6.2 DATOS INFORMATIVOS 78
6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA 78
6.3.1 Abonos orgánicos (Compost) 78
6.3.2 Algas de agua dulce 79
6.3.3 Helecho acuático 79
6.4 JUSTIFIACIÓN 80
6.5 OBJETIVOS 81
6.5.1 General 81
6.5.2 Específicos 81

6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD 81
6.7 FUNDAMENTACIÓN 82
6.8 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO 82
6.8.1 Consideraciones a tener en cuenta 82
6.8.2 Características de los ingredientes 83
6.8.3 Preparación de compost para 1 tonelada de compost 85
6.8.4 Parámetros de calidad del compost 88
6.8.5 Post - tratamiento del compost elaborado 89
6.8.6 Ventajas 90
6.8.7 Desventajas 90
6.9 ADMINISTRACIÓN 90
6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN 91

BIBLIOGRAFÍA 92
ANEXOS 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de variables 24
Tabla 2. Distribución geográfica de *Azolla* en el Ecuador 33
Tabla 3. Composición de abonos orgánicos (compost) 41
Tabla 4. Operacionalización de la variable independiente. 46
Tabla 5. Operacionalización de la variable dependiente. 47
Tabla 6. Descripción de los tratamientos 49
Tabla 7. Análisis de Varianza. 50
Tabla 8. Descripción de la unidad experimental. 51
Tabla 9. Minerales presentes en las algas de agua 55
Tabla 10. Minerales presentes en el helecho acuático 55
Tabla 11. Minerales presentes en el agua de las algas 56
Tabla 12. Minerales presentes en el agua del helecho acuático 57
Tabla 13. Taxonomía de las algas de agua dulce 59
Tabla 14. Taxonomía del helecho acuático 60
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 60
Tabla 16. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 61
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 63
Tabla 18. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 64
Tabla 19. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 65
Tabla 20. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 66
Tabla 21. Análisis de varianza para la variable peso en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 67
Tabla 22. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 69
Tabla 23. Macronutrientes presentes en el compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 70
Tabla 24. Micronutrientes presentes en el compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 71
Tabla 25. Análisis económico por tratamiento de la producción de compost. 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas..... 7
Figura 2. Fotografía de algas Cianófitas (Mus, 2011). 27
Figura 3. Fotografía de Clorófitas (SN, 2004). 29
Figura 4. Fotografía de Rodófitas (Mus, 2011). 30
Figura 5. Fotografía de Crisófitas (Leva, 2011)..... 30
Figura 6. Fotografía de Xantófitas (Elergonimista, 2006) 31
Figura 7. Fotografía de Feofíceas Pardas 32
Figura 8. Fotografía de Feofíceas Laminares..... 32
Figura 9. Azolla caroliniana, Sobradillo, Salamanca (SALA 15567)..... 34
Figura 10. Azzola filiculoides Lam. (Moran, 2009). 35
Figura 11. Azolla mexicana (Moran, 2009). 36
Figura 12. Esquema de la reproducción de *Azolla* (Wikipedia, 2011)..... 38
Figura 13. Fotografía del Conjunto de algas en el microscopio 58
Figura 14. Fotografía de la estructura y morofología de las algas 58
Figura 15. Fotografía de cloroplastos cintiformes y espiralados 58
Figura 16. Fotografía de filamentos 59
Figura 17. Fotografía de Azolla vista en el microscopio 59
Figura 18. Fotografía de Azolla vista en el microscopio 59
Figura 19. Fotografía de la parte lateral de Azolla..... 59
Figura 20. Fotografía de la base de Azolla 59
Figura 21. Promedios de los tratamientos en la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 62
Figura 22. pH en el proceso de elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático durante 7 semanas. 62
Figura 23. Promedios de los tratamientos en la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 64
Figura 24. Temperatura (ºC) en el proceso de elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático durante 7 semanas..... 65
Figura 25. Promedios de los tratamientos en la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 67
Figura 26. Promedios de los tratamientos en la variable rendimiento en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático. 69
Figura 27. Costo / Beneficio por tratamiento de la producción de compost..... 73
Figura 28. Costos de producción por tratamiento de la producción de compost. .. 74
Figura 29. Proceso inicial de elaboración de compost 85
Figura 30. Mezcla de cascarilla de arroz..... 85
Figura 31. Mezcla de los ingredientes del compost 86

Figura 32. Aplicación de cal agricola en la mezcla de compost 86
Figura 33. Algas de agua dulce y *Azolla* picadas 86
Figura 34. Inóculo de Microorganismos beneficos 86
Figura 35. Riego del compost con el inóculo de microorganismos beneficos 87
Figura 36. Proceso final de elaboración de compost 87
Figura 37. Compost cubierto con plástico 87
Figura 38. Volteo de la mezcla de compost 88
Figura 39. Compost cosechado 88
Figura 40. Fluctuación de los valores de pH y temperatura del compost 89

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

TEMA: "**CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y BIODINÁMICA DE LAS ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO (*Azolla sp.*) EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE, LATACUNGA COTOPAXI"**

Autor: Ing. Victoria Alicia López Guerrero
Tutor: Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg.
Fecha: 13 de febrero de 2014

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se la realizó en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi, la misma que tuvo dos fases, una de caracterización fitoquímica y biodinámica de las algas de agua dulce y del helecho acuático, seguido del uso de estos elementos orgánicos en el proceso elaboración de compost.

Los resultados más relevantes en la presente investigación fueron la determinación de que las algas de agua dulce y los helechos acuáticos son ricos en macro y micronutrientes como nitrógeno, potasio, fosforo, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso y zinc en cantidades aceptables para poder ser utilizados como abonos orgánicos.

Además que el medio de vida de estas especies está influenciado en el tipo de agua rica en nutrientes y tolerante a cambios de temperaturas. El helecho acuático abarca una altitud entre los 2700 hasta los 3500 msnm; mientras que las algas de agua dulce se encuentran entre los 2700 hasta los 3000msnm.

Dentro de este estudio se determinó que las algas de agua dulce encontradas en el cantón Latacunga, pertenecen Genero *Spirogyra,* mientras que el helecho acuático pertenece Genero *Azolla.*

Al elaborar compost con la adición de algas de agua dulce y del helecho acuático, se determinó que la combinación de estas dos especies producen una buena materia orgánica de compost, ya que presentan parámetros adecuados como pH neutro, mayor peso en kilogramos al momento de la cosecha y costos de producción con un beneficio costo que permite recuperar la inversión.

Descriptores: Algas de agua dulce, beneficio/costo, compost, cosecha, costos de producción, helecho acuático, macronutrientes, materia orgánica, micronutrientes, pH.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

THEME: "FITOCHEMISTRY AND BIODYNAMICS CHARACTERIZING OF THE SWEET WATER ALGAS AND THE AQUATIC FERN (*Azolla sp.*) INTHE COMPOST PROCESS, LATACUNGA COTOPAXI"

Author: Ing. Victoria Alicia López Guerrero
Directed by: Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg.
Date: 13 de febrero de 2014

SUMMARY

This investigation was made in Latacunga city from Cotopaxi province, and it had two phases, the fitochemistry and the biodynamics characterizing of the sweet water algas and the aquatic fern, followed by the use of these organic elements in the preparing process of the compost.

The most relevant results in this investigation was the knowledgment got, about the sweet water algas and the aquatic fern, which are rich in macro and micronutrients such as the nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc, and they can be used in little quantities like organic fertilizers.

The environment of these species is influenced by the kind of water in which they grow up, because it has nutrients and they can stay in a diversity temperature. The aquatic fern covers around 2700m to 3500m above the sea level and the sweet water algas are between the 2700m to 3000m above the sea level.

In this studio we could determine that the sweet water algas found in Latacunga city belong to the Spirogyra gender, while that the aquatic fern belongs to *Azolla*.

At the preparing of the compost with the sweet water algas and the aquatic fern addition, showing it, that the mixture of these two species produces a good organic matter of compost, because it presents adequate parameters, such as the neutral pH, bigger weight in kilograms at the moment of the harvest, and the production costs with a benefit-cost that permits to get back the investment.

Keywords: aquatic fern, benefit-cost, compost, harvest, macronutrients, micronutrients, organic matter, pH, production costs, sweet water algas,

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de prácticas agrícolas orgánicas basadas en la agroecología, con técnicas de producción limpias, busca maximizar los beneficios sociales y la preservación del sistema productivo. Pretende minimizar la dependencia de fertilizantes químicos y proteger el ambiente con el uso de los recursos naturales.

Además la agroecología toma en cuenta los aspectos socioeconómicos, busca viabilizar la pequeña producción familiar a través de la organización de la producción dentro de la propiedad y de la venta de los productos ya que las exigencias del mercado en cuanto a calidad son mayores.

Está claro que la agricultura está cambiando día a día, surge así esta propuesta tecnológica, basada en el uso de abonos orgánicos, que se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos, tales como estiércoles de animales, plantas, frutos, entre otros y de la intensa actividad de los microorganismos que se encuentran disponibles en la naturaleza.

Es por eso que en la presente investigación se consideró el uso de algas de agua dulce y helechos acuáticos, insumos que en la mayoría de lugares en los que se desarrollan no tienen ningún valor y hasta son consideradas como contaminantes. Por este motivo se han investigado cualidades como su fitoquímica y biodinámica y la presencia de macro y micronutrientes que permitan su uso en la producción de compost, permitiendo ampliar el conocimiento que se tiene de estas especies.

De tal manera que en el capítulo 1 se delimita el problema, con una contextualización de la situación actual y su respectivo análisis crítico, además se muestran el objetivo general y los específicos de la investigación.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico, con antecedentes investigativos, fundamentaciones tanto filosóficas como legales, además se señalan las variables tanto dependientes como independientes, así como la hipótesis.

El capítulo 3 abarca lo referente a la metodología, con la modalidad y el nivel de investigación, se presenta la operacionalización de las variables junto con el plan de recolección y procesamiento de la información.

En el capítulo 4 se desarrolla el análisis e interpretación de los resultados, a la vez se verifica la hipótesis.

En el capítulo 5 se establecen las conclusiones de la presente investigación y las recomendaciones respectivas.

Finalmente en el capítulo 6 se presenta una propuesta en base a los mejores resultados obtenidos.

Además este documento presenta los análisis de laboratorio, fotografías, tablas y figuras que sustentan y respaldan el desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y BIODINÁMICA DE LAS ALGAS DE AGUA DULCE Y DEL HELECHO ACUÁTICO (*Azolla sp.*) EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE, LATACUNGA COTOPAXI

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las algas y los helechos acuáticos constituyen un grupo muy amplio y heterogéneo, que por miles de años han estado presentes en el planeta tierra, ya que este está constituido por las tres cuartas partes de agua.

A estas especies se les considera como un problema en el curso del agua en las acequias y lagunas siendo removidas y eliminadas permanentemente, ya que pueden producir un olor desagradable, colorear de verde el agua, pareciendo no transparente, las plantas pueden morir y repentinas mortandades pueden producir el agotamiento del oxígeno (LGsonic, 2011).

Además no existen investigaciones ni información sobre el uso de algas de agua dulce y helecho acuático, principalmente en el campo agrícola, desvalorizándola debido al poco conocimiento en cuanto a la fitoquímica y biodinámica, existiendo desinterés por parte de los científicos y de la población en general, al no aprovecharlas como una alternativa agroecológica por su potencial fuente de materia orgánica y nutrientes en el proceso de compostaje, ya que los productores

agrícolas usan frecuentemente paquetes tecnológicos obsoletos, que los hacen dependientes de productos de síntesis química.

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Los problemas ambientales de las plantas acuáticas invasoras se conocen desde hace más de cien años y han aumentado debido a los crecientes intercambios mundiales de bienes en los sectores de la agricultura, el turismo, el transporte, la jardinería y la acuariofilia, entre otros. En el caso de algunas especies introducidas hace mucho tiempo, sólo cuando se hallan en las condiciones ambientales favorables su dispersión aumenta extraordinariamente (Universidad de Sevilla, 2008).

En abril de 2009 la Consellería de Medio Ambiente de España erradicó una de las especies exóticas más peligrosas que habían colonizado el Parque Natural de l'Albufera en los últimos meses; se trata de la *Azolla* y en las tareas de eliminación han intervenido dos brigadas de cuatro operarios utilizando métodos manuales, extracción con salabres en zonas de difícil acceso, métodos mecánicos como retroexcavadora con cazo modificado para extraer Azolla en aguas abiertas y métodos químicos aplicados de manera localizada en los márgenes secos de las acequias.

Además *Azolla* es considerada como una de las plantas acuáticas más invasoras que existen, y está incluida en la lista de "Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España". Fuera de España provoca graves problemas de conservación en zonas húmedas tropicales y subtropicales de todo el mundo sobre todo por impedir la entrada de oxígeno y luz a la masa de agua (Gallipato, 2011).

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) del Perú (2002), ha estudiado casos notables de intoxicación pecuaria que han conducido a la toxicidad cianobacteriana, y durante las últimas 2 a 3 décadas, se

ha identificado la estructura química de varias toxinas cianobacterianas ("cianotoxinas") y se han establecido sus mecanismos de toxicidad.

Por contraste, apenas se han investigado los metabolitos tóxicos de las algas de agua dulce, pero se ha mostrado la toxicidad para especies de agua dulce de *Dynophyceae* y *Prymnesiophyceae*. Debido a que las especies marinas de estos géneros a menudo contienen toxinas, en verdad es razonable esperar especies tóxicas entre estos grupos incluso en las aguas dulces.

Si bien muchas especies de algas de agua dulce también pueden proliferar intensivamente en aguas eutróficas (o sea, "excesivamente fertilizadas"), no forman natas superficiales densas como las cianobacterias, y en consecuencia, las toxinas que pudieran contener no se acumulan a concentraciones tales que puedan convertirse en peligrosas para la salud humana o del ganado. En contraposición a las cianobacterias, las algas de agua dulce no han sido implicadas en casos de envenenamiento de ganado o intoxicación de la fauna silvestre.

En Mesoamérica las especies de *Azolla* y su distribución se conocen muy poco debido a problemas de identificación. El principal problema es que se requieren plantas fértiles para distinguir a las especies, pero alrededor del 70% de las colecciones son estériles. Svenson (1944), quien monografió las especies del Nuevo Mundo, basó su clave en si los gloquidios eran septados o no y en el número de septos en cada uno. Estas características son difíciles de observar, requiriendo mucha paciencia y un microscopio compuesto.

La mayoría de los estudios taxonómicos recientes de *Azolla* han utilizado el microscopio electrónico de barrido para estudiar la ornamentación de las megásporas (Perkins et al., 1985). Algunos autores (e.g., Bates y Browne, 1981) piensan que la ornamentación de la megáspora representa la única forma confiable de identificación.

Debido a que la mayoría de los ejemplares recolectados son estériles y, si son fértiles, su identificación es laboriosa, no se conoce mucho sobre *Azolla* en Mesoamérica desde la monografía de Svenson (1944).

En el Ecuador la situación no es diferente las algas que aparecen en algunos casos son toleradas e incluso algunas especies apreciadas estéticamente o como fuente de alimento de peces, pero es complicado el cultivo controlado de las especies deseadas, sobretodo porque inevitablemente van acompañadas de otras algas indeseables con muy similares requerimientos, hacen de ellas organismos a erradicar.

Dan muchos problemas las algas, al recubrir masivamente sustratos, cristales, elementos decorativos y plantas. Se ha citado una gran biodiversidad y pueden vivir en casi todo tipo de hábitats, abarcando una enorme variabilidad de condiciones diferentes.

Pueden aparecer asociadas a zonas ricas en O_2, con circulación activa de agua, en zonas anóxicas y sin circulación, en áreas sombreadas o en zonas superficiales y bien iluminadas. En algunos casos la especie implicada genera toxinas, que afectan al resto de organismos, pudiéndolos llevar a la muerte.

En cuanto a la *Azolla*, existe una investigación basada en el uso de esta especie como abono verde en el cultivo de arroz en el Litoral Ecuatoriano, donde se estudió su taxonomía, encontrándose que la especie nativa corresponde a *Azolla caroliniana Willd*., la misma que fue inicialmente adaptada en laboratorio; una vez que crecieron fueron pasadas a invernadero para continuar estudiando sus requerimientos de crecimiento (Montaño, 2009).

Luego se estudió el desarrollo en el campo bajo distintas condiciones de fertilización, el rendimiento de la *Azolla* fresca fue de 20 t/ha/mes lo que equivale a 600 kg de nitrógeno por hectárea por año. El cultivo de arroz de la variedad INIAP 12 o INIAP 14 utilizando *Azolla* como fertilizante produjo 7.42 t/ha en el

experimento de invierno 2003, dosificando 40 t/ha de *Azolla* como fertilizante (Montaño, 2009).

Además, Montaño (2009) recomienda realizar otras pruebas experimentales con el fin de aclarar al mayor grado posible la certeza del rendimiento de arroz utilizando *Azolla* como fertilizante a lo largo de todo el año, y sobre todo profundizar en el estudio biológico de la *Azolla Anabaena* nativa, con el fin de proponer otras alternativas de manejo y aplicación.

En este contexto, nace el interés de investigar las características fitoquímicas y biodinámicas de las algas y del helecho acuático *Azolla*, para poder emplearlo en la elaboración de abonos orgánicos.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

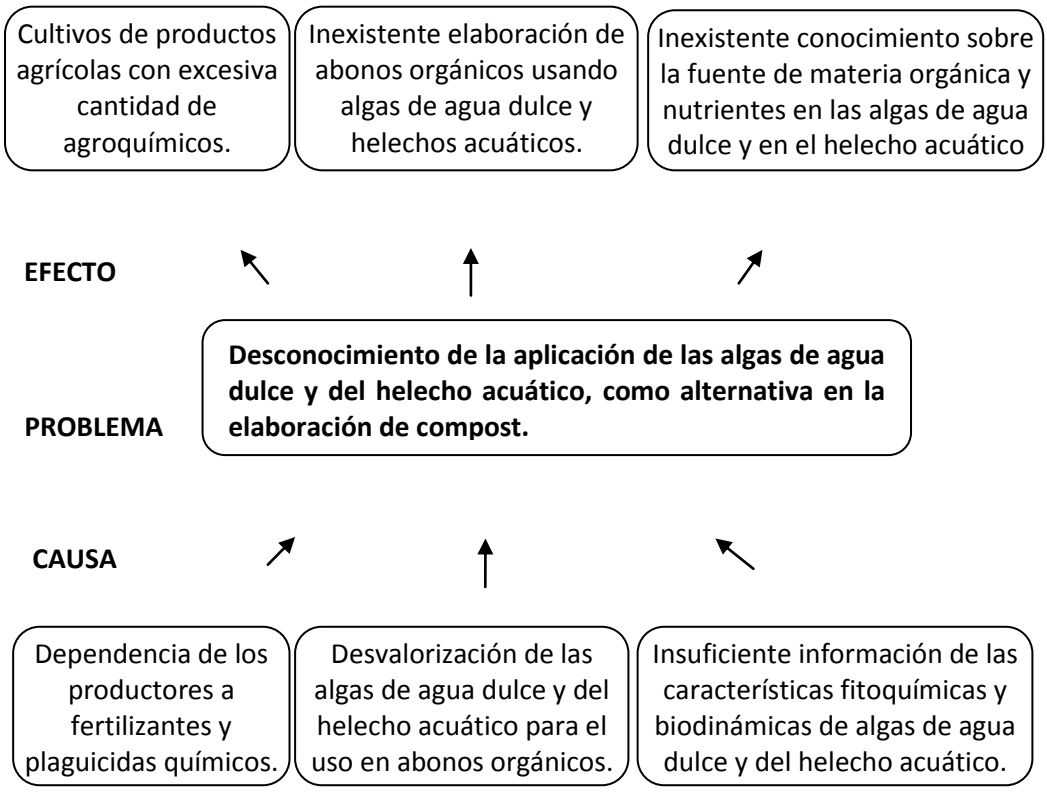


Figura 1. Árbol de problemas

1.2.3 PROGNOSIS

Independientemente del origen de los nutrientes, los efectos suelen ser los mismos, el crecimiento de la población vegetal se incrementará y ocasionará a menudo el aumento de macrófitas en las zonas del litoral, lagos y acequias.

En casos extremos, la entrada excesiva de nutrientes vegetales (nitrógeno y fósforo) provocan floraciones de algas masivas y a menudo predominan las algas verde azules, diatomeas como la A*steriorella*, la *Fragillaria* y cianobacterias como la *Anabaena.*

Tales floraciones ocasionan la reducción alarmante de la transparencia a la luz, al aumentar la turbidez del agua, oscurecimiento que puede provocar la muerte de macrófitas.

Además, si consideramos los aspectos estéticos, las floraciones son bastante desagradables, al aparecer masas de aspecto limoso, de olor fuerte y rodeado de moscas. En esta agua, la eutrofización puede provocar un crecimiento extremo de macrófitas, incluida la gran alga filamentosa *Cladophora*, sobre todo en ríos que reciben grandes volúmenes de vertidos y agua residuales.

Otras consecuencias para el medio ambiente son la alteración de la estructura del hábitat por la pérdida de macrófitas, la perdida de lugares de desove de peces, y del espacio para el crecimiento de peces e invertebrados. Entre las consecuencias para la cadena alimentaría se encuentra la reducción de alimento de peces y aves que se nutren a su vez de plantas y peces.

El zooplancton y por consiguiente las comunidades de fitoplancton de las que se alimentan algunos organismos se alteran gravemente.

Debido a su poder erosivo, los ríos arrastran sales, materia orgánica y sólidos en suspensión. A todo esto la acción humana añade residuos provenientes de

actividades domésticas, industriales (sólidos y metales de actividades mineras) agrícolas y ganaderas (nitratos, fosfatos, pesticidas, etc.), que la capacidad de autodepuración que poseen no puede asumir, por lo que se desencadenan procesos de contaminación.

La principal defensa que los ríos y acequias tienen para contrarrestar la contaminación es su dinámica, sin embargo, la contaminación de los lagos es de mayor magnitud, puesto que se trata de masas de agua estáticas.

En las aguas sin contaminar existe un equilibrio biológico entre la fauna y flora, que se rompe por la presencia de contaminantes, dando lugar a que algunas especies desaparezcan, mientras que otras se desarrollan demasiado. Un ejemplo de esto es el proceso conocido como eutrofización (Arce, 2006).

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desconocimiento de la aplicación de las algas de agua dulce y del helecho acuático como alternativa de elaboración de compost, ya que existe una insuficiente información de las características fitoquímicas y biodinámicas de estas especies.

1.2.5 INTERROGANTES

- ¿Cuál es la caracterización fitoquímica de las algas de agua dulce y del helecho acuático?
- ¿Qué biodinámica presentan las algas de agua dulce y el helecho acuático?
- ¿Cuál es el aporte nutricional de las algas de agua dulce y el helecho acuático?
- ¿Qué uso alternativo se le puede dar a las algas de agua dulce y el helecho acuático dentro de la agroecología?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación abarca los siguientes aspectos:

- **Campo:** Agrícola.
- **Área:** Agroecología.
- **Aspecto:** Biodinámica y Fitoquímica de Algas y Helecho acuático y el proceso de compostaje.
- **Temporal:** La investigación duró desde enero a diciembre de 2013.
- **Espacial:** La investigación se la realizó en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La agricultura es fundamental y esencial en la vida, establece nuestra relación con la naturaleza, la alimentación y la economía. No existe campo del desarrollo humano que no se relacione directa o indirectamente con la agricultura.

Actualmente se busca con gran interés contribuciones de la agricultura ecológica para la producción hortícola, agrícola y pecuaria. Se busca ansiosamente una garantía de alimentación saludable, libre de residuos tóxicos y prácticas no perjudiciales al ambiente.

Surge entonces, un nuevo paradigma de agricultura que mantenga y mejore la fertilidad de los suelos, que conserve y recupere la biodiversidad de las áreas degradadas y de cultivo. Una agricultura donde el trabajo agrícola sea capaz de proporcionar valores humanos socialmente justos, de viabilidad económica, que permita su sostenibilidad para la generación actual y las futuras (Piamonte, 2007).

La importancia de las algas para el funcionamiento del planeta es enorme, aunque pasen inadvertidas. Las algas son diversas, desde unicelulares de 1µm de diámetro

hasta gigantescas algas marinas de 50 m de largo y están presentes en prácticamente todos los ecosistemas de la biosfera.

Han jugado y juegan un papel fundamental en la composición de la atmosfera y en el ciclo global del carbono, además en simbiosis con otros organismos permiten el funcionamiento de ecosistemas complejos como los arrecifes de coral y también en simbiosis con hongos forman líquenes, organismos colonizadores por excelencia de la roca desnuda y de ambientes extremos.

Contribuyen de manera decisiva al mantenimiento y productividad de la cadena trófica en el medio marino y de agua dulce (ríos y lagos). Es de especial importancia el fitoplancton, es decir, el conjunto de organismos fotosintéticos, en su mayoría unicelulares, que flotan libremente en las aguas (Cubas, 2008).

Las algas se utilizan como biomonitores que proporcionan alertas y medidas del deterioro de las condiciones medioambientales. Algunas algas son particularmente sensibles a contaminantes como detergentes, colorantes, pesticidas y otras sustancias tóxicas. Otras se emplean en procesos de depuración de aguas residuales y de desechos industriales.

Los helechos acuáticos del genero *Azolla* son una alternativa original del abono nitrogenado químico debido a la fijación biológica de nitrógeno, estos organismos poseen un complejo enzimático que se encargan de convertir el nitrógeno elemental en amonio que es directamente aprovechable para las plantas (Montaño, 2009).

La asociación simbiótica entre *Azolla sp*. y la cianobacteria filamentosa *Anabaena* sp. por su alta capacidad fijadora de nitrógeno ha adquirido en los últimos tiempos mucha importancia para la agricultura, especialmente para el cultivo de arroz (Montaño, 2009).

Es adecuado pensar entonces, que la agricultura está en una fase de importantes cambios. Los productos naturales van a jugar un papel cada vez más importante. Efectivamente, de ahora en adelante, la investigación sobre nuevos productos agrícolas debe aumentar su competitividad pero también dominar la elaboración, poniendo la calidad del fruto agrícola final y el respeto al medio ambiente al principio de la reflexión.

Por tanto, la biodiversidad de las especies de algas y de helechos acuáticos de agua dulce, junto a la potencial biodiversidad química en cada especie, constituye un recurso prácticamente ilimitado que puede ser utilizado de forma favorable, con el fin de obtener productos para la agricultura, siendo, a su vez, otra fuente de riqueza proteica sustentable.

En base a tales conocimientos, se puede optar por unos cultivos que biológicamente sean correctos, que mejoren la calidad de los alimentos, del medio ambiente y de la sociedad. Que fortalezcan la responsabilidad propia y la autogestión, de una agricultura realmente sustentable, para que correspondamos a las necesidades que el desarrollo futuro demanda.

La presente investigación es totalmente nueva e innovadora, ya que permite utilizar estas dos especies, las algas y los helechos de agua dulce, los mismos que son aptos para ser utilizados en la elaboración de compost, por sus cualidades nutritivas compuestas de macro y micro elementos necesarios para el uso agrícola.

Ésta iniciativa, va de la mano con la misión de la Universidad Técnica de Ambato, la misma que consiste en formar profesionales líderes competentes, con visión humanista y pensamiento crítico, a través de la docencia, la investigación y la vinculación.

De tal manera que con esta investigación se está aplicando, promoviendo y difundiendo el conocimiento, para responder las necesidades de los productores

agropecuarios, promoviendo el uso de especies no convencionales para incentivar una agricultura más sostenible y amigable con la naturaleza.

1.4 OBJETIVOS:

- **GENERAL:**

- Caracterizar la fitoquímica y biodinámica de las algas de agua dulce y del helecho acuático, en el proceso de compostaje, en Latacunga, Cotopaxi.

- **ESPECIFICOS:**

- Determinar la fitoquímica de las algas de agua dulce y del helecho acuático.
- Establecer la biodinámica de las algas de agua dulce y del helecho acuático.
- Describir el aporte de elementos nutricionales al elaborar compost empleando las algas de agua dulce y del helecho acuático.
- Establecer el análisis económico de la elaboración del compost.
- Proponer una alternativa de uso de las algas de agua dulce y del helecho acuático en base a los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En las algas Verde-Azules cuyo nombre científico es *Cianofíceas* o también Cianobacterias, la denominación proviene del prefijo griego "cyanos" que significa azul, aludiendo al color verde oliva o ligeramente azulado que tienen debido a sus pigmentos fotosintéticos. Por eso se las llama "Algas Verde-Azules", son microscópicas y muy parecidas a las bacterias. Los mohos o musgos que crecen en las paredes o maderas húmedas, o el verdín que se observa flotando en masas de agua más o menos quietas, muchas veces son Cianofíceas.

Estas algas invisibles y poco conocidas, tienen una gran importancia en nuestra vida diaria por sus efectos perjudiciales y beneficiosos. Mientras a veces, las algas verde-azules o *Cianofíceas* contaminan las aguas usadas para potabilización, como sucede en algunos lagos y embalses, también sirven como fertilizantes de arroz, permitiendo la alimentación de millones de seres humanos en varios países (Prósperi, 2008).

Algunas algas son excelentes organismos modelos de investigación. Muchas investigaciones citológicas y bioquímicas utilizaron y utilizan algas. Así, las primeras observaciones de la organización de los flagelos y cilios (la disposición en 9 + 2 pares de microtúbulos) se realizaron en algas. También en algas se determinó el espectro de absorción de la fotosíntesis, es decir se determinaron las longitudes de onda de la luz visible que son capturadas por la clorofila; los productos de la fotosíntesis que permiten la fijación de carbono, el papel de la

enzima Rubisco y las bases genéticas de muchos procesos de desarrollo celular (Cubas, 2008).

En campos inundados, las algas Verde-Azules son uno de los componentes principales de la microflora en cultivos de arroz. Según recientes investigaciones su utilización se ha incrementado en el laboratorio y en el campo, debido a su potencial impacto positivo en la agricultura.

Las microalgas *Cianofíceas* usadas como biofertilizantes, mejoran las condiciones del suelo y regulan el crecimiento de las plantas superiores. Estas algas constituyen una fuente de nitrógeno para los ecosistemas naturales y cultivados, porque poseen la capacidad fisiológica de utilizar el nitrógeno del aire (donde está presente en un 80%) para la producción de sus proteínas y otros compuestos nitrogenados; este método es muy atrayente, sobre todo para los países productores de arroz, porque al realizar una siembra de *Cianofíceas* en suelos húmedos (por el beneficio de su aporte de nitrógeno), el costo económico es casi cero y el impacto ambiental es nulo, gracias a su fijación biológica. En los ecosistemas de arrozales se han detectado gran diversidad de especies de algas Verde-Azules, estando algunas de ellas, mejor adaptadas a las condiciones del medio (luz, temperatura, concentración de fósforo y nitrógeno) encontrándose por lo tanto, en mayor cantidad y con más frecuencia (Prósperi, 2008).

Numerosos estudios indican que la siembra con estas algas en los cultivos de arroz, puede incrementar la producción de granos a un valor de 300 a 400 kg/ha por cosecha. Si bien no son utilizadas como fuente exclusiva de nitrógeno en los grandes cultivos, pueden aumentar el rendimiento en algunos centenares de kg/ha en los sistemas de bajo rendimiento.

En los países de bajos recursos, como la India y el Sudeste Asiático, donde el arroz es el principal componente de la alimentación y donde no se puede invertir en fertilizantes industriales por los altos costos, la utilización de las algas como fertilizantes naturales se presenta como un método innovador.

Estas algas también están siendo usadas en algunos países europeos, para reducir los efectos nocivos en el ambiente, causado por el exceso de agroquímicos y donde la población prefiere consumir el así rotulado "arroz ecológico" (Prósperi, 2008).

La *Azolla* aunque es un helecho flotante muy pequeño, puede cubrir todo un cuerpo de agua, bien sea laguna o charco. Se le llama popularmente, lenteja de agua, helecho de agua o azola.

Es originaria de Suramérica, según Velásquez (1994) seis especies cosmopolitas son catalogadas como maleza, sin embargo su simbiosis con *Cyanophyta* les da un gran valor agronómico como fijadoras de nitrógeno atmosférico. Son ampliamente usadas como abono verde y como forraje.

Son plantas acuáticas flotantes, de hojas pequeñas con raíces cortas. Las hojas están divididas, cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra, crece muy rápido, ideal para cubrir la superficie. Ayuda a controlar el desarrollo de las algas al limitar la disponibilidad de la luz. Son intolerantes al agua salada.

La *Azolla* de acuerdo a estudios realizados su rendimiento alcanza 20 t/ha/mes, lo que equivale a 840 kg de nitrógeno por hectárea al año, fijado por la simbiosis con *Cyanophyta*. Por lo que es considerado como excelente abono verde nitrogenado para la agricultura, especialmente en el arroz.

En el invierno del 2009 en el sitio Boquerón de Daule, provincia del Guayas, se produjo 6.48 t/ha de arroz INIAP 11, abonado exclusivamente con *Azolla*, dentro del proyecto SENACYT T.T-08-000011 (Montaño, 2009).

Se han encontrado capas de *Azolla* en más de 50 pozos petroleros del Ártico, desde el norte de Alaska, los mares de Beaufort y de Chukchi, muchas de ellas de más de ocho metros compuestos casi completamente por este helecho acuático.

Los depósitos de *Azolla* prefieren aguas cálidas y tranquilas, alcanza un crecimiento óptimo con cerca de 20 horas diarias de luz. Es una de las plantas de más rápido crecimiento en todo el planeta, y puede duplicar su biomasa en 2 o 3 días. *Azolla* también absorbe el CO_2 atmosférico a un ritmo acelerado.

Según Pearson (2006), la datación de estas capas de *Azolla* se remonta a hace 49 millones de años, y su duración se estima fue de unos 800.000 años. Coincide bastante bien con la disminución de la concentración de CO_2, además Sánchez (2011) menciona que esta disminución se produjo 2 millones de años antes, pero se encuentra en los intervalos posibles de errores de datación.

Debido a su capacidad de fijación de nitrógeno, se usan para incrementar la productividad de la agricultura, la *Azolla* puede reproducirse asexualmente por gajos, cada rama rota formará una nueva planta, además puede reproducirse sexualmente. Como todos los helechos, *Azolla* produce esporas (Wikipedia, 2011).

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación, se fundamenta en el paradigma empírico analítico, que se caracteriza por:

- Observación directa de los fenómenos y un control minucioso de los mismos mediante ayudas técnicas, que amplían el campo de la observación y garantizan mejores datos.
- Elaboración de hipótesis con el fin de interpretar la causa o razón de los hechos observados mediante construcciones lógico - matemáticas.
- Aprecio por la experimentación entendida como pregunta técnica, guiada por una hipótesis, con la que se condiciona a la naturaleza para que responda nuevas preguntas. A esto se vincula también la posibilidad del pronóstico y control de los acontecimientos. Empleando como método la determinación de variables, la operacionalización de variables y la obtención de datos (Lucio, 2011).

De tal manera que se sustenta la investigación con los siguientes conceptos básicos:

Fitoquímica.- estudia cada grupo de la planta, desde su estructura química molecular, hasta las propiedades biológicas de los vegetales. Realiza relevamientos y análisis de los componentes químicos de las plantas, como los principios activos, los olores, pigmentos, entre otros.

Las sustancias fitoquímicas son encontradas en varios alimentos consumidos por los seres humanos como los vegetales, las frutas, las legumbres, los granos, las semillas y sirven de protección contra varias enfermedades como el cáncer y problemas cardíacos.

Se cree que los fitoquímicos surgieron hace millares de años, en una época en que la tierra poseía poco oxígeno libre en la atmósfera. En esos tiempos, las plantas que trabajaban reteniendo el dióxido de carbono y liberando oxígeno, aumentaron la composición de oxígeno liberado, polucionando su propio medio con oxígeno reactivo, para protegerse de este gas en grandes concentraciones, las plantas desarrollaron componentes antioxidantes, incluyendo los fitoquímicos. Debido a estos antioxidantes, las plantas sobreviven en un ambiente rico en oxígeno, además, los fitoquímicos protegen los vegetales contra hongos, bacterias y daños a las células (Morales, 2010).

Biodinámica.- El método de agricultura biodinámica se desarrolla desde 1922, a partir de las indicaciones y consejos dados por el filósofo croata Rudolf Steiner, conocido por su visión del mundo llamada «Antroposofía» o «Ciencia Espiritual».

El calificativo «biodinámico» significa que se trabaja de acuerdo con las energías que crean y mantienen la vida. Este era el objetivo que buscaba el primer grupo de agricultores que, animados por Rudolf Steiner, se dedicaron a experimentar sobre el terreno a fin de verificar la validez del nuevo método.

Lo llamaron método «biodinámico», partiendo de dos palabras griegas: «bios», vida y «dynamis» energía. El empleo de la palabra «método» implica no sólo fabricar abonos de una nueva forma (circunstancialmente orgánicos), sino sobre todo respetar ciertos principios para asegurar la salud de la tierra y de las plantas y para procurar una nutrición sana para los animales y al ser humano (Pfeiffer, 2010).

En la práctica, la biodinámica utiliza medios naturales y sostenibles para sus cultivos, similares a los de la agricultura ecológica u orgánica, como rotaciones de cultivos, compost elaborado con estiércol de la granja, control de malas hierbas y enfermedades utilizando materiales basados en plantas y minerales, entre otros

Algas.- Las algas pertenecen al reino vegetal, generalmente son esponjosas, suaves y gelatinosas. Se las conoce desde las más o menos grandes, de colores verdes, marrones o rojos y se piensa que viven sólo en ambientes marinos; pero lo cierto, es que existen una gran variedad de algas de agua dulce, en su mayoría muy pequeñas o invisibles al ojo humano y que sólo se las ve cuando se colorea el agua o a través de un microscopio.

La mayoría de las algas de agua dulce viven en lagos y lagunas (masas de aguas quietas) o en ríos y pequeñas corrientes (aguas circulantes). Si bien se distribuyen en relación al espacio y al tiempo (periodicidad estacional), la temperatura, es un factor importante porque estratifica verticalmente la masa de agua, quedando una capa fría en la parte inferior y otra caliente en la superior. Influyen además, la cantidad de oxígeno, luz y elementos nutritivos existentes en sus hábitats (Prósperi, 2008).

Las cianobacterias son organismos que poseen características de bacterias y un poco de las algas. Se asemejan a las algas en tamaño y a diferencia de otras bacterias, contienen pigmentos azul-verdosos o verdes y por lo tanto, realizan la fotosíntesis. Por ello, también se les denomina ‘algas azul-verdosas’. A diferencia de la mayoría de algas, muchas especies de cianobacterias se pueden acumular en

las espumas superficiales, generalmente denominadas 'florecimientos', con una densidad celular sumamente alta.

Son originarias de América tropical, desde el sudeste de USA hasta el sur de Brasil, Uruguay y Argentina, donde crece en aguas continentales como lagos, lagunas, remansos de los ríos y en zonas húmedas artificiales (Deltoro, 2008).

Helecho Acuático.- Nombre científico o latino es *Azolla caroliniana***,** su sinónimo es *Azolla filiculoides*, se la conoce como helecho de agua, azolla, doradilla, hierba del agua, pertenece a la familia *Azollaceae* (INFOJARDIN, 2011).

Su nombre proviene de las voces griegas: *Azo* (secar) y *Olla* (matar), sugiriendo que el helecho muere cuando se seca, ya que este se desarrolla en el agua. Este helecho acuático tiene pequeñas hojas alternadas, divididas cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra; raíces especiales suspendidas en el agua; se reproduce por división vegetativa y también a través de esporas. En condiciones óptimas (20-22ºC) es una planta de rápido crecimiento, que puede llegar a duplicar su biomasa en 72 horas (Deltoro, 2008).

Las temperaturas heladas invernales la dañan, su plantación se recomienda a principios de verano colocándolo en la superficie del agua; además se seca si pierde el contacto con el agua (INFOJARDIN, 2011).

La *Azolla* es rica en proteínas y minerales por lo cual se utiliza alternativamente en alimentación de peces, patos, gallinas, otras aves, cerdos, entre otros. También se emplea para la elaboración de compost en mezcla con tierra, hierbas u otros materiales vegetales. La *azolla* se utiliza en agricultura, alimentación animal, control de malezas, medicina cosmética y alimentación humana (MOCS, 2010).

Azolla contiene a una cianobacteria, *Anabaena azollae*, como simbionte en el lóbulo de su hoja dorsal, la cual es capaz de fijar nitrógeno atmosférico; por esta

razón *Azolla* puede crecer en medio libre de nitrógeno y producir una biomasa rica en este elemento (Quintero, 1995).

Esta propiedad ha provocado que la simbiosis *Azolla-Anabaena* se perfile en el mundo como un biofertilizante y suplemento proteico para la alimentación animal (Quintero y Ferrara, 2000).

Compostaje.- Según Ruiz (2002), el desarrollo de esta técnica tiene su origen en la India con las experiencias hechas por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos.

El compostaje, de acuerdo a lo expresado por Ramos et al (2007), es un proceso biológico que consiste en la descomposición controlada de materiales orgánicos (frutas, hortalizas, restos de podas y cosechas, pasto, hojas, entre otros), del que se obtiene un producto inocuo y con buenas propiedades como abono. El producto final toma el nombre de *compost*.

Los materiales para ser compostados deben cumplir dos condiciones básicas: ser biodegradables y no estar contaminados, según la Biblioteca de campo (2002).

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La Constitución Política del Ecuador (2008) en su Título II referente a los Derechos del Buen Vivir, en la sección primera del Agua y Alimentación, en el Art. 13 donde las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, es así que el Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

En la sección segunda que habla del Ambiente, hace énfasis en el Art. 15 donde indica que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Así también en la sección cuarta de Cultura y Ciencia, menciona en el Art. 25, en el cual las personas tienen derecho a gozar de los beneficios y aplicaciones del progreso científico y de los saberes ancestrales.

En el capítulo séptimo se relaciona con los Derechos de la Naturaleza, donde se consideran los artículos 71 que hace referencia a la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos; el Art. 73, donde el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional, y el Art. 74 menciona que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

El Título VII, hace referencia al Régimen del Buen Vivir, donde la sección octava de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, en su Art. 385, dice que el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad, generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos; recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales y finalmente desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Así también en el capítulo segundo de la Biodiversidad y Recursos Naturales, en sus artículos se hace referencia al cuidado de la naturaleza, ambiente, suelo, agua, biosfera, ecología urbana y energías alternativas.

En cuanto al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), se presenta en el libro IV sobre la Biodiversidad en el Titulo II de la Investigación, Colección y Exportación de Flora y Fauna Silvestre, donde el art. 1 muestra la formación de un Grupo Nacional de Trabajo sobre Biodiversidad, quienes deberán cumplir algunas funciones como ser un espacio participativo de diálogo e intercambio de información sobre asuntos relacionados con la diversidad biológica, así como también debe proveer asesoramiento técnico a nivel formal e informal al Estado.

En lo que se refiere a las políticas de investigación de la Universidad Técnica de Ambato, en el objetivo general menciona que se debe Impulsar la investigación formativa y generativa para responder a las necesidades prioritarias de la Universidad y de la población de la zona central del Ecuador, para mejorar su calidad de vida, y elevar la productividad y competitividad mediante la transferencia tecnológica y apoyo a la innovación.

En marco de las líneas estratégicas en el numeral 3.1 Administración de recursos para programas y proyectos, concede atención a las varias líneas de investigación entre ellas el desarrollo agropecuario y producción de alimentos, haciendo énfasis en la producción agroecológica. En el numeral 3.2 Consolidación del capital social para la investigación, hace referencia a impulsar la participación de los investigadores en redes de investigación e innovación, así como la participación de los investigadores en redes de investigación e innovación y potenciar la formación de investigadores a través de los trabajos de graduación y del nivel de posgrado.

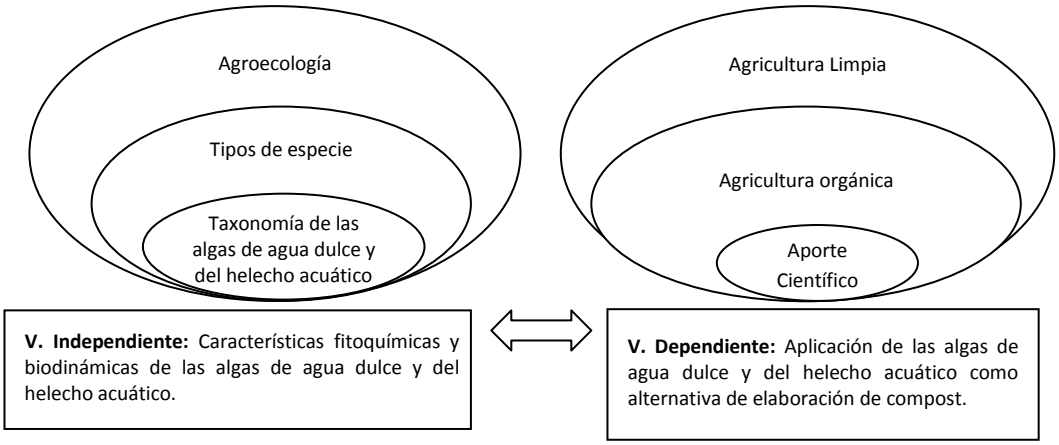
Mientras que en el numeral 3.3 Relación con los sectores académico, gubernamental y productivo, se considera comunicar los resultados de los

investigadores a la sociedad a través de revistas científicas, foros nacionales e internacionales, publicación de Abstract en la página Web de la Universidad.

Así también en el numeral 3.4 Fortalecimiento de la capacidad de investigación de la UTA, considera incorporar a la Universidad expertos que potencialicen programas de investigación y permite que la investigación conste como eje transversal en los currículos de las diferentes carreras que ofrece la Universidad.

2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

Tabla 1. Descripción de variables



2.4.1 MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

2.4.1.1 Taxonomía de las algas

Son un grupo de tal diversidad, que en un sentido amplio se les considera bajo esta denominación global, carente de valor sistemático y que reúne diversas divisiones. Estas recogen en la actualidad los diversos tipos de algas desde las microscópicas hasta las que pueden medir más de un pie.

Las algas se definen como talofitas, es decir plantas cuyo cuerpo vegetativo no está dividido en tallo y raíz, sino que su única unidad es el talo. Se diferencian de otros tipos de plantas por tener una menor complejidad comparativamente, y por

llevar a cabo funciones clorofílicas. En la actualidad las algas se engloban dentro de los protistas.

2.4.1.2 Características generales de las algas

- Plantas no vasculares, fotosintéticas que contienen clorofila A y tienen estructuras reproductoras simples.
- Presencia de plastos y clorofila que las diferencia de los hongos, aunque existen algunos organismos unicelulares sin plastos pero que son algas.
- Esporas y gametos que se forman a partir de una célula madre que transforma todo su contenido en esporas o gametos (en las arquegoniadas una parte solamente del contenido de la célula madre se transforma en espora o gameto, el resto formará una envuelta pluricelular).
- Presentan una gran diversidad de formas y tamaños.
- Existen en casi todos los ambientes.
- Algunas se parecen a animales en que ingieren partículas de alimento, otras se parecen a plantas superiores pues tienen órganos semejantes a tallos, hojas y raíces.
- Algunos organismos apigmentados (no fotosintéticos, saprófitos o parásitos) deben considerarse algas.
- Constituyen una vasta reunión heterogénea de organismos muy distintos que no tienen más que unos pocos caracteres en común (Plantasyhongos, 2011).

2.4.1.3 Clases de algas

Dentro de las algas, es conveniente delimitar dos grandes grupos en relación con el hábitat: algas marinas y algas de agua dulce (presente estudio).

Las combinaciones de los distintos pigmentos fotosintéticos (clorofilas, xantofilas, carotenos y ficobilinas, estas últimas sólo en algas rojas) les confieren a las células o talos (término con el que se nombra su cuerpo vegetativo cuando éste es

pluricelular) un color que normalmente las identifica y sirve para clasificarlas y nombrar los grupos:

- Cianófitas (algas verde-azuladas),
- Clorófitas (algas verdes),
- Rodófitas (algas rojas),
- Crisófitas (algas doradas),
- Xantófitas (algas verde-amarillentas),
- Feófitas (algas pardas).

Lógicamente la correcta clasificación se apoya en otros caracteres sólidos, aunque no siempre fácilmente observables sin ayuda de instrumentos o técnicas de identificación de compuestos químicos.

Algunos de estos caracteres son la naturaleza de los productos celulares de reserva, la presencia o ausencia de células flageladas, la estructura de flagelos si éstos están presentes, los tipos de división celular y nucleica, la estructura de algunos orgánulos, la organización tisular del talo o la clase de ciclo vital.

Las algas son organismos acuáticos mayoritariamente, tanto de agua dulce como marinas, pero existen también muchos grupos con representantes terrestres, siempre en hábitats con humedad suficiente.

Una característica importante de algunas algas es que pueden formar simbiosis con otros organismos muy diferentes, como los líquenes, en los que intervienen hongos y a veces cianobacterias o las zooxantelas con corales, anémonas o esponjas (Mus, 2011).

2.4.1.3.1 Cianófitas

Conocidas también como cianobacterias o algas verde-azuladas, estas son siempre unicelulares que viven aisladas o formando colonias; en este caso envueltas en

vainas mucilaginosas de protección. Son bacterias fotosintéticas aeróbicas con clorofilas A y B, carotenoides y ficobilinas, aunque algunas especies pueden comportarse como heterótrofos y no fotosintetizar.

En general pasan a ser dominantes en dos situaciones:

- En situaciones de baja cantidad de nitratos, debido a que la mayoría de especies tienen capacidad de fijar el N_2 pasándolo de forma inorgánica a forma orgánica (utilizable así por otros organismos).
- Con poca circulación de agua, sobre todo si no hay o hay pocas plantas cultivadas, ya que promueven concentraciones bajas de O_2.

Utilizan eficientemente HCO_3 o CO_3 como fuente de carbono. Compiten mal por los fosfatos, prefiriendo, en general, una relación N / P baja.

Géneros y especies más frecuentes, entre ellos *Nostoc, Oscillatoria, Anabaena*, entre otras (Mus, 2011).



Figura 2. Fotografía de algas Cianófitas (Mus, 2011).

2.4.1.3.2 Clorófitas

Se trata de las auténticas algas verdes, son las más abundantes en cuanto a especies, formas y adaptaciones. Abarcan desde formas unicelulares flageladas microscópicas, hasta especies muy desarrolladas que presentan una organización muy compleja, incluso con aspectos muy semejantes a los de las plantas superiores.

Las más simples son unicelulares, microscópicas; las más desarrolladas son pluricelulares, con talos filamentosos ramificados o de aspecto laminar, y que alcanzan hasta un metro de longitud. El 90% de estos vegetales se encuentran en hábitats acuáticos, pero también aparecen sobre las rocas, suelos húmedos, troncos, e incluso la nieve y el hielo. Existen también algunas especies en simbiosis con protozoos, celentéreos (hidras) o formando líquenes.

Son siempre de color verde por su contenido en clorofila; los pigmentos que contienen varían según la especie, pero suelen ser: clorofila A y B, carotenos, luteína, y otros pigmentos que pueden estar enmascarados, como el hematocromo, que forma en alguna especie manchas rojas sobre la nieve. Como sustancia de reserva almacenan almidón o sustancias relacionadas en los *pirenoides*.

Se reproducen asexualmente por esporas (la mayoría) o fragmentación del talo (la forma más primitiva). Existen especies que no tienen flagelos (aplanosporas) o que poseen dos flagelos (zoosporas). La reproducción sexual se realiza mediante la unión de los gametos, que pueden ser iguales (isogamia) o distintos (oogamia, heterogamia).

Existen formas haploides puras que sufren meiosis inmediatamente después de que se ha formado el cigoto, dando lugar a esporofitos haploides; y también plantas diploides en las que se produce la meiosis antes de la formación de los gametos.

Muchas clases manifiestan alternancia de generaciones, otras no la manifiestan nunca, y también se presentan alternancia de fases nucleares de individuos o generaciones haploides y diploides (SN, 2004).

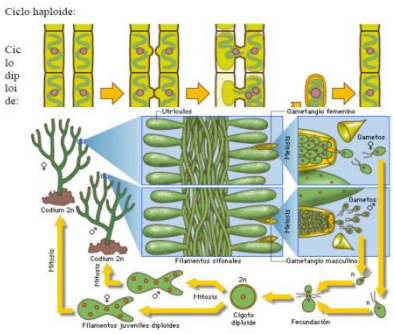


Figura 3. Fotografía de Clorófitas (SN, 2004).

2.4.1.3.3 Rodófitas

Todas las que aparecen en acuarios son pluricelulares y filamentosas, oscuras o negruzcas, pero no es reconocible en ellas de forma clara la coloración roja distintiva del grupo. Son conocidas como las famosas Algas Pincel y Algas Barba.

Aparecen fácilmente en tanques en los que hay exceso de fosfatos; esto pasa por ejemplo al alimentar excesivamente los peces o cuando hay muchas plantas sembradas y éstas agotan los nitratos, entonces los fosfatos quedan a disposición de las algas, aumentándolas.

También existen referencias de aparición de rodófitas cuando hay reducción drástica de los niveles de CO_2 del agua. Crecen tanto sobre substrato como sobre hojas de macrófitos, en este caso es usual que se dispongan sobre todo en los márgenes.

Pocos peces comen este tipo de algas, los más famosos son los comedores de algas siameses (*Crossocheilus siamensis*), pero también se utilizan (siempre con poco éxito en la eliminación, mayor en la prevención) *Jordanella floridae*, gambas (*Caridina japonica*) y otros invertebrados (Mus, 2011).



Figura 4. Fotografía de Rodófitas (Mus, 2011).

2.4.1.3.4 Crisófitas

Algas pardo-amarillentas debido a la presencia de un pigmento denominado fucoxantina. Estos seres tienen paredes celulares muy rígidas que están formadas por celulosa y compuestos silíceos. A este grupo pertenecen las algas Diatomeas cuyos caparazones tapizan los fondos marinos (Leva, 2011).



Figura 5. Fotografía de Crisófitas (Leva, 2011).

2.4.1.3.5 Xantófitas

Carecen de clorofila C y además carecen de fucoxantina, de modo que son más amarillentas. Presentan morfologías variadas, dominan las unicelulares, pero también las hay coloniales y algunas pluricelulares. Muchas están relacionadas con la sílice.

Lo más característico de ellas es que presentan el quiste silíceo que se organiza en el interior. El quiste es distinto al de las crisofíceas, consta de dos porciones casi iguales y no tiene una urna con tapón. La organización es muy similar a la de las crisofíceas. Es característica su organización.

Las xantofíceas prefieren las aguas dulces, en aguas marinas no son tan abundantes. Se conocen reproducciones sexuales de muchos casos. Existe un dominio de las isogamias (Elergonimista, 2006).



Figura 6. Fotografía de Xantófitas (Elergonimista, 2006)

2.4.1.3.6 Feofíceas

Son las llamadas algas pardas. Todas ellas son marinas (raramente se encuentran en aguas dulces) de aguas frías y poco profundas de la zona intermareal. No presentan formas unicelulares; son filamentosas, laminares o foliares. Excepcionalmente son bentónicas, como las de los sargazos.

Pueden desarrollar una gran envergadura, diferenciando órganos externos asimilados a hojas (filoides o frondes), tallos (estípite o cauloide) y raíces (rizoides). Suelen concentrarse en grandes masas que pueden quedar al aire cuando bajan las mareas.

El color pardo se debe a un pigmento denominado carotenoide ficoxantina, que se encuentra presente en sus cromoplastos, el cual apaga o enmascara el color verde de la clorofila (clorofilas A y C); dando lugar a gamas de colores marrones, verdes oliva, negro, etc. El almidón de reserva, del que carecen, está sustituido por un polisacárido llamado laminarina.



Figura 7. Fotografía de Feofíceas Pardas

Crecen a partir de células apicales, al igual que ocurre en las cormofitas; la mayoría presentan clara alternancia de generaciones. Muchos de las clases u órdenes de feófitos son los principales representantes vegetales en los mares fríos.

Destacan las clases Laminariales (arriba, dibujo y foto de Laminaria), con especies que pueden alcanzar más de 100 metros de longitud (como las de los géneros *Macrocystis* y *Nereocystis*), y que poseen vesículas que le permiten flotar (típicas en aguas del Océano Pacífico); y Fucales, a las que pertenecen los fucos y sargazos, propios de aguas cálidas, en las que suelen frotar libremente; pueden formar verdaderas praderas verdes sobre la superficie marina, ejemplo del mar de los Sargazos.



Figura 8. Fotografía de Feofíceas Laminares

Muchas especies de algas pardas tienen interés comercial para la producción de yodo y otras sustancias, ejemplo de diversas especies de laminarias y fucos, de las que se extrae el ácido algínico y los alginatos derivados, de aplicación en farmacia, perfumería, cosmética y conservas, así como en la fabricación de determinados materiales aislantes, resinas, papel, fotografía, etc.

También son apreciadas como alimento, ejemplo de la Alaria esculenta en Escocia e Irlanda, así como otras muchas en el sureste Asiático y Japón; como harinas de forraje para componer alimentos avícolas y como fertilizantes para enriquecer en nitrógeno la mezcla de los estiércoles (SN, 2004).

2.4.1.4 Taxonomía de la *Azolla*

El género *Azolla* fue establecido por Lamarck en 1783 en Moore y fue inicialmente incluido dentro de la familia *Salviniaceae* Sadeb., pero recientemente los taxónomos la han asignado a la familia monotípica *Azolla*ceae Chr. (Tryon, 1982). El género está dividido en 2 secciones (subgéneros) y 6 especies, sobre la base de sus órganos reproductivos. Las secciones son Eu*Azolla* y Rhizosperma.

Las especies que pertenecen a Eu*Azolla* son *A. filiculoides* Lamarck, A. *caroliniana* Willd., A. *microphylla* Kaulfuss y A. *mexicana* Presl., y las pertenecientes a Rhizosperma son A. *pinnata* Brown, y A. *nilotica* DeCaisne (Moore, 1969).

2.4.1.4.1 Distribución geográfica

La *Azolla* se distribuye ampliamente en América tropical y el Ecuador. En Ecuador se encuentra *Azolla* en la sierra a 3600 metros sobre el nivel del mar y en la costa en áreas cercanas al mar y zonas rurales.

Tabla 2. Distribución geográfica de *Azolla* en el Ecuador

Especie	**Distribución geográfica**
Azolla caroliniana	En la provincia del Guayas
Azolla filiculoides	En las provincias de Cotopaxi, Imbabura y en el Napo
Azolla mexicana	En la provincia de Cotopaxi
Azolla microphylla	En Galápagos y en la provincia del Guayas

Fuente: Montaño, M. 2003.

2.4.1.4.2 Clases de *Azolla*

2.4.1.4.2.1 Azolla caroliniana Willd. Sp. *Pl.* 5: 541 (1810). Holotipo: Estados Unidos, *Richard s.n.* (microficha MO ex B-W-20260).

Plantas 0.5-1 cm, dicotómicamente ramificadas; hojas c. 0.5 mm, casi lisas, no cercanamente imbricadas; microsporangios 8-400 en un indusio; gloquidios sin septos o raramente con 1 o 2 septos; megásporas desconocidas. Aguas estancadas, charcas, pantanos, ciénagas. T (Smith, 1981: 57); Ch (Smith, 1981: 57); N (Smith, 1981: 57). 0-700 m. (Canadá, E. Estados Unidos, Mesoamérica, Colombia, Venezuela, Guayanas, Perú, S. Brasil, Uruguay, N. Argentina, Cuba, Puerto Rico, Jamaica.). Se la conoce en Mesoamérica por las citas de Smith (1981). El ejemplar de Chiapas es estéril y por lo tanto la identificación es tentativa. Sin embargo, tiene hojas notoriamente menores que *A. mexicana.*

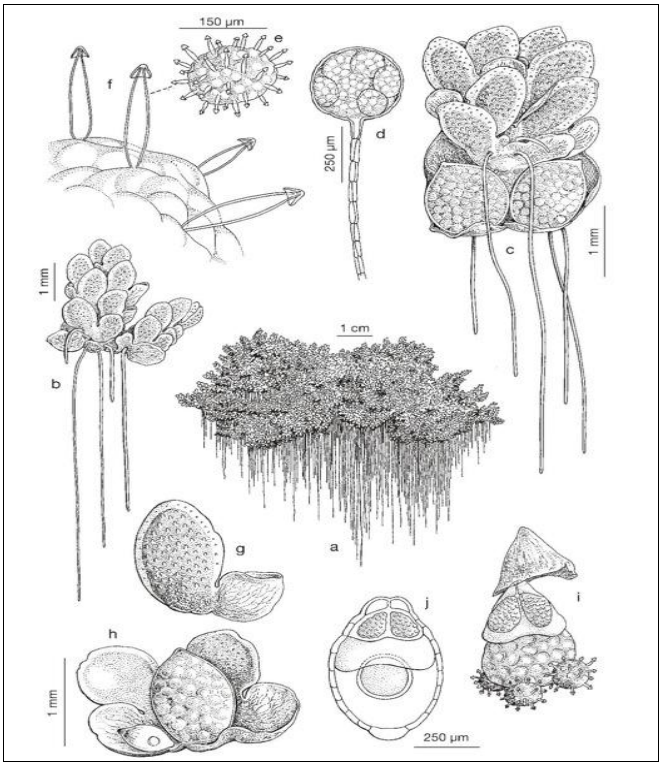


Figura 9. Azolla caroliniana, Sobradillo, Salamanca (SALA 15567): a) Hábito; b) id., a mayor aumento; c) ejemplar con dos microsporocarpos en la base; d) mocrosporangio; e) másula erizada de gloquidios; f) íd., detalle; g) hoja bilobada; h) microsporocarpo y megasporocarpo; i) megáspora con tres másulas, en la parte superior restos de indusio; j) megáspora.

2.4.1.4.2.2 Azolla filiculoides Lam., *Encycl.* 1: 343 (1783). Holotipo: Argentina, *Commerson s.n.* (P-LA).

Plantas 2-6 cm, alargadas; hojas c. 1 mm, papilosas, imbricadas; microsporangios 35-100 en un indusio; gloquidios sin septos o raramente con 1 o 2; megásporas con marcas elevadas, irregularmente hexagonales. Aguas estancadas, charcas, arroyos lentos, pantanos, ciénagas. G (Svenson, 1944: 79); H (Stolze, 1983: 8); N (Smith, 1981: 57). 600-1900 m. (Norteamérica, México, Mesoamérica, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay, Chile, S. Argentina, Hawái.)

Svenson (1944) pensó que *Azolla filiculoides* era la única especie conocida de Argentina, Uruguay, Chile y los Andes. El ejemplar tipo fue recolectado en el Estrecho de Magallanes. Esta especie se emplea mucho como biofertilizante en los campos de arroz, y por eso es introducida en muchos partes del Viejo Mundo, por ejemplo, China, África del sur y Australia (Moran, 2009).

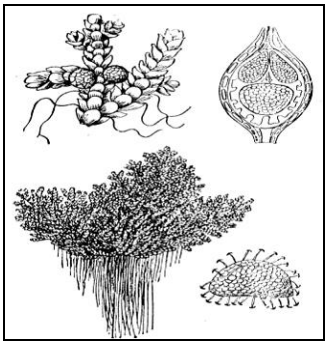


Figura 10. *Azolla filiculoides Lam*. (Moran, 2009).

2.4.1.4.2.3 Azolla mexicana C. Presl, *Abh. Königl. Böhm. Ges. Wiss.* ser. 5, 3: 150 (1845). Tipo: México, *Schiede y Deppe 839* (B).

Plantas 1-1.5 cm, dicotómicamente ramificadas; hojas c. 0.7 mm, papilosas, imbricadas; número de microsporangios por indusio desconocido; gloquidios multi-septados; megásporas foveoladas. Aguas estancadas, charcas, arroyos lentos, pantanos, ciénagas.Ch (Smith, 1981: 57); H (Svenson, 1944: 82); N (Svenson, 1944: 82); CR (Smith, 1981: 57); P (Crow 6041, P). 0-200 m. (Canadá,

Estados Unidos, México, Mesoamérica, Colombia, Venezuela, Guayana Francesa, Ecuador, Perú, Bolivia.)

Gómez (1978c) describió la relación entre esta especie, una avispa solitaria y un coleóptero. Este último vive como larva entre las raíces de la planta. La avispa busca las larvas para presa sumergiéndose y volcando la planta cuando hay larvas presentes (Moran, 2009).

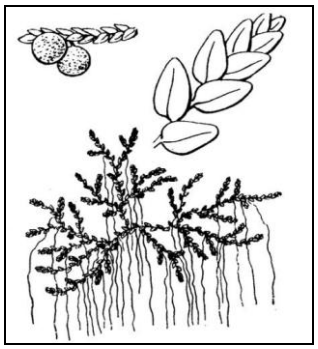


Figura 11. *Azolla mexicana* (Moran, 2009).

2.4.1.2.2.4 Azolla microphylla Kaulf., *Enum. Filic.* 273 (1824). Tipo: Estados Unidos *Chamisso s.n.* (B).

Plantas 1-2 cm, pinnadamente ramificadas, generalmente alargadas; hojas c. 1 mm, papilosas, imbricadas; número de microsporangios en un indusio desconocido; gloquidios multi-septados; megásporas lisas. Aguas estancadas, charcas, arroyos lentos, pantanos, ciénagas. G (Stolze, 1983: 10); H (Stolze, 1983: 10); ES (Svenson, 1944: 84); N (Stolze, 1983: 10); CR (Crow 3935, MO). 0-1500 m. (Mesoamérica, Colombia, Venezuela, Guayanas, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, República Dominicana.)

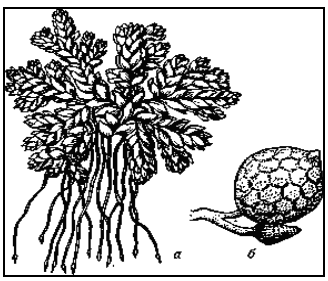


Figura 12. *Azolla microphylla*; a) punto de vista general; b) soros

2.4.1.4.3 Reproducción

Azolla puede reproducirse asexualmente por gajos. Cada rama rota formará una nueva planta y puede reproducirse sexualmente. Como todos los helechos, *Azolla* produce esporas.

A contrario de la mayoría de los helechos, *Azolla* da dos tipos de esporas. Durante los meses veraniegos, numerosas estructuras esféricas llamadas esporocarpos se forman en los enveses de las ramas. El esporocarpo macho, verdoso o rojizo, luce como una masa de huevos de un insecto. Tienen 2 mm de diámetro, y dentro hay numerosos esporangios macho.

Las esporas macho (microesporas) son extremadamente diminutas y se producen dentro de cada microesporangio. Un detalle curioso de las microesporas es que tienden a pegarse juntas en pequeñas islas o masas llamadas másulas.

Los esporocarpos femeninos son mucho más pequeños, y solo contienen un esporangio y una espora funcional. Desde que una espora individual femenina es considerablemente más grande que la espora masculina, se la llama megaespora.

Azolla tiene microscópicos gametocitos machos y hembras que se desarrollan dentro de los esporos. El gametocito femenino forma una protuberancia del megaespora y sostiene de uno a varios arquegonios, cada uno conteniendo un solo huevo. El microesporo forma un gametofito masculino con un solo anteridio que producirá ocho espermios nadantes (Scagel *et al*, 1966).

El gloquidio barbado en los clusters de esporos masculinos presumiblemente les causa que se fijen a las megaesporas femeninas, facilitando así la fertilización (Wikipedia, 2011).

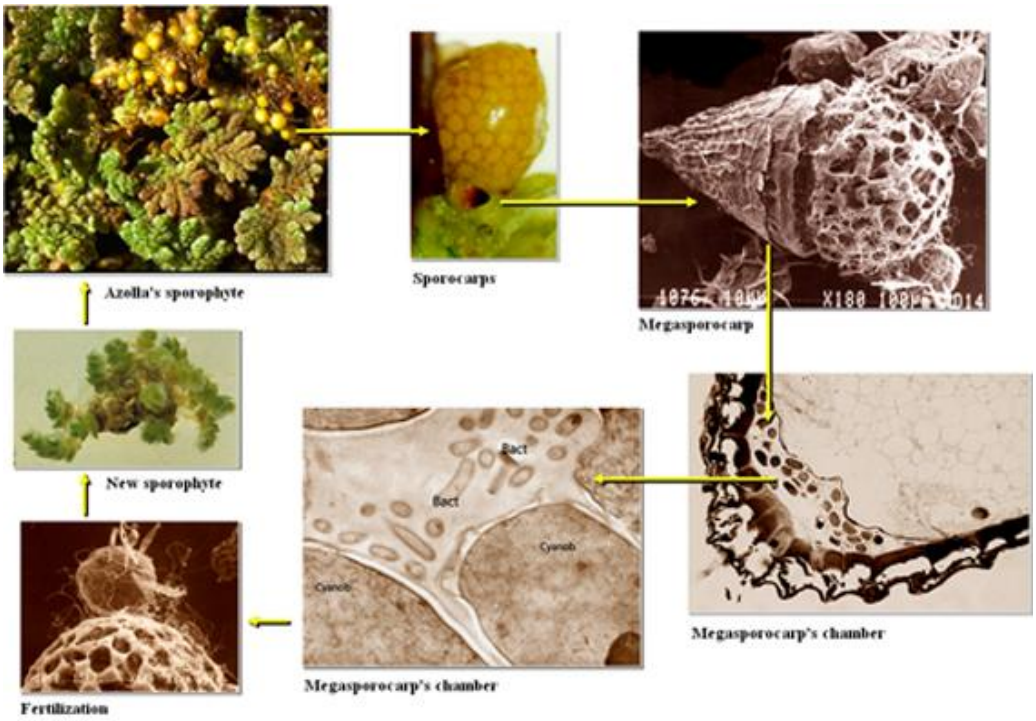


Figura 12. Esquema de la reproducción de *Azolla* (Wikipedia, 2011)

2.4.2 MARCO TEÓRICO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

La elaboración del compost no tiene un procedimiento establecido, lo básico es la homogenización de los ingredientes para la obtención de un buen sustrato.

2.4.2.1 Características de los ingredientes

Los principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos como el compost se presentan a continuación:

- **Los estiércoles:** Son la principal fuente de nitrógeno, además su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro entre otros elementos. Dependiendo de su origen puede aportar inoculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejoraran las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplican los abonos (Restrepo, 2007).

- **Cascarilla de Arroz:** Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de la humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es además una fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades. Este ingrediente puede ser sustituido por restos de cosechas, tusas de maíz, paja de trigo y/o bagazo de caña bien triturados (Restrepo, 2007).

- **Levadura:** Constituye la principal fuente de inoculación microbiana para la elaboración de abonos orgánicos, convirtiéndose en el arranque o la semilla de la fermentación, según Restrepo (2007), la levadura puede ser reemplazada por jugo de caña de azúcar crudo y fermentado por dos días. También se ha usado exitosamente la chicha de jora, en la elaboración de abonos orgánicos.

- **Carbonato de calcio:** Conocido también como cal agrícola, la función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico. Según Restrepo (2007) se lo puede sustituir con ceniza de los fogones de leña.

- **Melaza de caña:** Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio, además contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.

  Restrepo (2007) recomienda, que para lograr una aplicación homogénea de la melaza durante la elaboración de abonos orgánicos, diluir la melaza en una parte del volumen del agua que se utilizará al inicio de la preparación. Se la pude sustituir por panela, azúcar morena o jugo de caña.

- **Agua:** Tiene la finalidad de homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono, además propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos (Restrepo, 2007).

- **Microorganismos benéficos:** Como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible (APROLAB, 2007).

A continuación se describe las cantidades de cada ingrediente, sugerido por el Ing. Luis Chungata, técnico encargado de la Granja Agroecológica de Píllaro:

- 20 qq de estiércol de ganado o aves.
- 2 qq de cascarilla de arroz.
- 2 lb. de levadura.
- 60 lb. de carbonato de calcio (Regulador de pH).
- Inóculo de Microorganismos.
- 20 lt de Melaza se afora a 200 lt de agua más los Microorganismos Benéficos:
- Microorganismos benéficos: 3 g *Trichoderma*, 50 cc de *Bauveria*, 5 g de *Phaselomyces* y 50 cc de *Rhizobacter*

2.4.2.2 Preparación del compost

De acuerdo a la recomendación del mencionado técnico de la Granja de Píllaro, los pasos son los siguientes:

- Se forma una capa de 20 cm de altura de abono orgánico.
- Se coloca una capa de 1 a 2 cm de cascarilla de arroz.
- Espolvorear 20 libras de carbonato de calcio.

- Diluir 20 litros de melaza, 1 kg de levadura más los 100 cc de microorganismos beneficiosos en 50 litros de agua (caldo de cultivo)
- Aplicar 18 litros de caldo de cultivo por capa con regadera.
- Luego se forma otra capa igual a la anterior, hasta llegar a 80 cm de altura.
- Nuevamente se humedece y se remueven todos los ingredientes hasta mezclarlos.
- Cubrir con plástico.
- Remover cada 8 días durante 3 veces.
- La materia orgánica estará lista para ser utilizada a partir de los 45 días.

2.4.2.3 Composición

Tabla 3. Composición de abonos orgánicos (compost)

Identificación	ph	R	dS/m	%							ppm			
		C/N	C.E.	N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	Zn	Cu	Fe	Mn
COMPOST	7,6	9,3	2,24	1,9	0,96	1,54	14,3	0,97	0,37	30,6	284,5	42,9	3460,3	533,9

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP

2.4.2.4 Parámetros de calidad del compost

Ramos et al (2007), presentan los siguientes parámetros:

- **Color.** Marrón oscuro o negro ceniza.
- **Olor.** Agradable, similar a tierra de bosque.
- **Relación Carbono / Nitrógeno (C/N).** Igual o menor a 20/1.
- **Microorganismos.** Ausencia de huevos de insectos o nematodos.
- **Humedad.** 40 - 60%.

2.4.2.5 Ventajas

Algunas de las acciones más importantes de un buen compost cuando se agrega al cultivo se relacionan con la modificación de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, según lo expresado por la Biblioteca de campo (2002):

- Aumenta la capacidad del suelo para absorber y mantener aire y agua.
- Incrementa la permeabilidad del suelo, evitando que el agua se encharque en ellos.
- Optimiza la capacidad del suelo para mantener nutrientes (Capacidad de intercambio catiónico) y cederlos a microorganismos y plantas.
- Mejora la sanidad de los cultivos, permitiendo un aporte equilibrado de nutrientes y factores de crecimiento.
- Facilita una mejor absorción de nutrientes por la planta.
- Mejora el mantenimiento de nutrientes en la solución del suelo.
- Incrementa la calidad y cantidad de las cosechas como resultado de mejores condiciones nutricionales que implican mejor salud del vegetal.
- Disminuye el riesgo de erosión por agua o viento, porque los granos del suelo se forman, se mantienen mejor y son más estables.

2.4.2.6 Desventajas

- El periodo de elaboración puede llegar a ser largo, de 3 a 5 meses, por lo tanto hay que planificar su producción en el año.
- Para aplicaciones en extensiones grandes de terreno se requiere de un espacio de terreno para la elaboración más grande y mayor mano de obra.

2.5 HIPÓTESIS

- **Hi:** Las algas y el helecho acuático (*Azolla*) presentan una excelente biodinámica e importantes aportes fitoquímicos en el proceso de elaboración de compostaje.

- **Ho:** Las algas y el helecho acuático (*Azolla*) no presentan una excelente biodinámica e importantes aportes fitoquímicos en el proceso de elaboración de compostaje.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Características fitoquímicas y biodinámicas de las algas de agua dulce y del helecho acuático.

- **Variable dependiente:** Aplicación de las algas de agua dulce y del helecho acuático como alternativa de elaboración de compost.

CAPÍTULO III

LA METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

La investigación tiene una modalidad de campo y bibliográfica, debido a que se realizó la ejecución del proyecto en el campo donde se obtuvo información primaria y se sustentó la información secundaria a través de la modalidad bibliográfica y documental.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El nivel que tiene esta investigación es descriptivo, ya que es de carácter social, comparando la importancia tanto de las algas como del helecho en el proceso de compostaje.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se empleó un muestreo no probabilístico, ya que los factores en estudio son seleccionados en función de su accesibilidad y a criterio personal del investigador. En general se seleccionan a los factores siguiendo determinados criterios procurando, en la medida de lo posible, que la muestra sea representativa.

3.4 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tabla 4. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	CATEGORIA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
Independiente Características fitoquímicas y biodinámicas de las algas de agua dulce y del helecho acuático.	La fitoquímica y la biodinámica estudian cada grupo de la planta, desde su estructura hasta las propiedades, además del análisis de los componentes químicos como de los principios activos, así como también la relación con el medio en que les rodea.	Estructura	Morfología	Tamaño y forma	Cree usted que el tamaño y la forma son indicadores de la morfología en la estructura?	Observación Estructural Registro específico
			Fisiología	Tipos	Está de acuerdo en que los tipos de algas y helechos acuáticos ayudan a determinar la fisiología en marco de la estructura?	Observación Estructural Registro específico
			Ecología	Hábitat y condiciones del medio	Son el hábitat y las condiciones del medio indicadores adecuados de la ecología?	Observación Estructural Registro específico
			Biogeografía	Distribución geográfica	Es importante la distribución geográfica para poder determinar la biogeografía?	Observación Estructural Registro específico
		Propiedades	Contenido Nutricional	Macro y Micronutrientes	Cree usted que la determinación de los macro y micronutrientes muestran el nivel de contenido nutricional como una importante propiedad?	Observación Estructural Informe de Ensayo
			Elementos Minerales	Elementos Esenciales	Son los elementos esenciales indicadores de la presencia de elementos minerales dentro de la propiedades?	Observación Estructural Informe de Ensayo

Tabla 5. Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	CATEGORIA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
Dependiente Aplicación de las algas de agua dulce y del helecho acuático como alternativa de elaboración de compost.	El compostaje es un proceso biológico que consiste en la descomposición controlada de materiales orgánicos del que se obtiene un producto inocuo y con buenas propiedades como abono, el mismo que toma el nombre de compost.	Proceso biológico	Descomposición	Días	Es importante el tipo de material orgánico dentro del periodo de descomposición como proceso biológico?	Observación Estructural Registro específico
		Propiedades	Físicas	Rendimiento (Kg) Temperatura (T°)	Cree usted que la estructura, textura y temperatura son indicadores para determinar las propiedades físicas del compost?	Observación Estructural Registro específico
			Químicas	Macro, micronutrientes y pH	Está usted de acuerdo que el análisis de macro, micronutrientes y de pH es importante dentro de las propiedades químicas del compost?	Observación Estructural Informe de Ensayo

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.5.1 Factores en estudio

- Alga de agua dulce
- Helecho acuático (*Azolla* sp.)
- Elaboración de compost

3.5.2 Actividades por objetivo específico

3.5.2.1 Determinar la fitoquímica de las algas de agua dulce y del helecho acuático

Las técnicas e instrumentos a empleados fueron: observación, diarios de campo y análisis de laboratorio.

Se seleccionaron las algas y el helecho acuático, a estudiarse, de estos se tomó una muestra de 5 kilogramos respectivamente, y se realizó el análisis de los elementos presentes en los dos objetos en estudio.

Con la información obtenida se realizó una descripción detallada de los aportes de cada uno de los objetos en estudio.

3.5.2.2 Establecer la biodinámica de las algas de agua dulce y del helecho acuático

Las técnicas e instrumentos empleados fueron: observación, diarios de campo y análisis de laboratorio.

Para este objetivo se realizó una descripción de forma detallada del área donde se encuentren tanto las algas como del helecho acuático, y se determinó su zona de

vida, clima, tipo agua, estructura física, entre otros aspectos que se consideraron relevantes.

3.5.2.3 Elaborar compost con la adición de algas de agua dulce y del helecho acuático

Caracterización del lugar:

- **Provincia:** Cotopaxi
- **Cantón:** Latacunga
- **Parroquia:** La Matriz

Tratamientos:

Se utilizaron las algas y el helecho acuático, en una preparación base que fue igual para todos los tratamientos, variando únicamente el porcentaje de cada aditivo de acuerdo al peso de la preparación:

Tabla 6. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Algas (50%) del volumen total de la base de compost
T2	Algas (30%) del volumen total de la base de compost
T3	Algas (10%) del volumen total de la base de compost
T4	*Azolla* (50%) del volumen total de la base de compost
T5	*Azolla* (30%) del volumen total de la base de compost
T6	*Azolla* (10%) del volumen total de la base de compost
T7	Algas (50%) + *Azolla* (50%) del volumen total de la base de compost
T8	Algas (30%) + *Azolla* (30%) del volumen total de la base de compost
T9	Algas (10%) + *Azolla* (10%) del volumen total de la base de compost
T10	Testigo absoluto del volumen total de la base de compost

Se han seleccionado estos porcentajes de adición en base a la disponibilidad y accesibilidad tanto de las algas como del helecho acuático en fresco.

Diseño experimental:

Para el ensayo se empleó un diseño de bloques completamente al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones.

Tabla 7. Análisis de Varianza.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	**29**
Tratamientos	**9**
Repeticiones	**2**
E. Experimental	**18**
Promedio	
CV (%)	

Características del ensayo:

- **Número de unidades experimentales:** 30 unidades
- **Área Total:** 54 m^2
- **Distancia entre tratamientos:** 50 cm
- **Distancia entre repeticiones:** 1 m

Unidad experimental:

Esta unidad constó de 10 kg de compost elaborado en base a los ingredientes presentados en el ítem 2.4.2.1 del Capítulo II, completado con el porcentaje establecido por tratamiento de algas y helecho acuático, como se establece en la siguiente tabla:

Tabla 8. Descripción de la unidad experimental.

Tratamiento	Descripción	Total de cada unidad experimental: 10 kg		
		Algas (kg)	***Azolla* (kg)**	**Base de Compost (kg)**
T1	Algas (50%)	5	-	5
T2	Algas (30%)	3	-	7
T3	Algas (10%)	1	-	9
T4	*Azolla* (50%)	-	5	5
T5	*Azolla* (30%)	-	3	7
T6	*Azolla* (10%)	-	1	9
T7	Algas (50%) + *Azolla* (50%)	2,5	2,5	5
T8	Algas (30%) + *Azolla* (30%)	1,5	1,5	7
T9	Algas (10%) + *Azolla* (10%)	0,5	0,5	9
T10	Testigo absoluto	-	-	10

Características de la unidad experimental

- **Número de tratamientos:** 10
- **Número de repeticiones:** 3
- **Volumen por cada tratamiento:** 1200 cm^3
- **Peso de cada tratamiento:** 10 kg
- **Volumen total:** 36000 cm^3
- **Área neta por tratamiento:** 160 cm^2
- **Sistema de elaboración:** manual
- **Envase para cada tratamiento:** Fundas plásticas

Preparación de compost

Se elaboró un total de 300 kg de compost, el mismo que se fraccionó para cada uno de los tratamientos, con los siguientes ingredientes:

- 10 qq de estiércol de ganado.
- 1 qq de cascarilla de arroz.
- 1 lb. de levadura cerveza.

- 30 lb. de carbonato de calcio (Regulador de pH).
- Inóculo de microorganismos.
- 10 lt de melaza se aforó a 100 lt de agua más los microorganismos benéficos como; *Trichoderma*, *Bauveria*, *Phaselomyces* y *Rhizobacter*

Con el siguiente procedimiento:

- Se formó una capa de 20 cm de altura de estiércol de ganado.
- Se colocó una capa de 1 a 2 cm de cascarilla de arroz.
- Se espolvorearon 10 libras de carbonato de calcio.
- Se diluyeron 10 litros de melaza, 1 kg de levadura más los microorganismos beneficiosos en 100 litros de agua (Caldo de cultivo)
- Se aplicó el caldo de cultivo capa por capa con regadera.
- Luego se formó otra capa igual a la anterior y se mezclaron todos los ingredientes.
- Se colocó en fundas plásticas.
- Se removió el compost cada 8 días.

3.5.2.4 Describir el aporte de elementos nutricionales involucrados en el compost

Una vez elaborado el compost y aplicados los aditivos en las dosis antes mencionadas se realizó un análisis nutricional de cada tratamiento.

Parámetros de evaluación

- Descripción detallada de los resultados de los análisis de laboratorio de la fitoquímica de las algas y helecho acuático (*Azolla sp.*) en estudio.
- Descripción detallada de la biodinámica de las algas y helecho acuático (*Azolla sp.*) en estudio.
- Elaboración de compost con la aplicación de algas y helecho acuático (*Azolla sp.*) como aditivo.

- Evaluación de los diferentes tratamientos de compost, de los cuales se registró lo siguiente:

    - pH del compost cada 15 días.
    - Temperatura del compost cada 15 días.
    - Días a la cosecha de compost.

- Descripción detallada de los resultados nutricionales de cada uno de los tratamientos de la elaboración del compost con la utilización de las algas y helecho acuático como aditivo.

Además se realizó un registro fotográfico del desarrollo de la investigación.

3.5.2.5 Establecer el análisis económico de la elaboración del compost

Se analizó económicamente cada uno de los tratamientos determinando parámetros como costo beneficio y la tasa de retorno a la inversión.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Una vez que se obtuvo los resultados de laboratorio y los datos de los diferentes indicadores como pH, temperatura, rendimiento y días a la cosecha, se los puso en orden en Microsoft Office Excel y se los proceso en el programa INFOSTAT, con el cual se obtuvo el Análisis de Varianza – ADEVA, del diseño experimental bloques completos al azar, se interpretaron los resultados obtenidos una vez que se realizó la prueba de Tukey al 5%, obteniendo los rangos de significación con los cuales se determinó los mejores tratamientos para cada indicador.

Se interpretaron también, los análisis de laboratorio correspondientes a la fitoquímica, es decir a la presencia de macro y micronutrientes en las algas y del helecho acuático, así como también del agua en el que se desarrollan.

Las figuras que representan los resultados se las realizó en Microsoft Office Excel, tomando como opción los gráficos de barras verticales que son los más adecuados para mostrar los resultados de forma visible y comprensible.

Además se realizó la interpretación de los análisis de laboratorio, del contenido de macro y micronutrientes en cada uno de los tratamientos de compost una vez cosechado.

Es importante mencionar que los análisis se realizaron en el Laboratorio de servicio de análisis e investigación en alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP.

La interpretación y discusión, se realizó comparando los resultados obtenidos con la información bibliográfica recolectada en antecedentes investigativos y en referencias bibliográficas recientes.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Fitoquímica

Una vez que se tomó la muestra tanto de las algas como del helecho acuático, se envió al Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 9. Minerales presentes en las algas de agua

ALGAS DE AGUA DULCE	**HUMEDAD (%)**	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**	**CA (%)**	**Mg (%)**
	2,49	4,01	0,71	0,58	2,53	0,73
	Na (%)	**Cu (ppm)**	**Fe (ppm)**	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**	
	0,50	8	543	167	43	

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP 2013

Tabla 10. Minerales presentes en el helecho acuático

HELECHO ACUÁTICO	**HUMEDAD (%)**	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**	**CA (%)**	**Mg (%)**
	3,59	2,30	0,12	0,65	1,02	0,36
	Na (%)	**Cu (ppm)**	**Fe (ppm)**	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**	
	0,55	8	3088	13	25	

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP 2013

Como se puede observar en los resultados de las tablas 9 y 10, tanto las algas de agua dulce como el helecho acuático, tienen en su composición química los macro y micronutrientes adecuados, los mismos que permiten ser usados en el proceso de compostaje.

En las algas de agua dulce el contenido de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, manganeso y zinc es elevado en comparación del helecho acuático, lo que no sucede con el potasio, sodio y hierro que se encuentran en mayor cantidad en el helecho acuático que en las algas de agua dulce. Considerando que la cantidad de cobre en las dos especies es la misma.

4.2 Biodinámica

Una vez que se tomó la muestra tanto del agua donde crecen las algas como del helecho acuático, se envió al Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11. Minerales presentes en el agua de las algas

AGUA DE LAS ALGAS	**P (mg/100ml)**	**K (mg/100ml)**	**CA (mg/100ml)**	**Mg (mg/100ml)**	**Na (mg/100ml)**
	Nd*	23,02	54,96	12,03	133,07
	Cu (µg/100ml)	**Fe (µg/100ml)**	**Mn (µg/100ml)**	**Zn (µg/100ml)**	
	0,05	1	0,003	0,05	

***Nd**: No detecta

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP 2013

Tabla 12. Minerales presentes en el agua del helecho acuático

AGUA DEL HELECHO ACUÁTICO	**P (mg/100ml)**	**K (mg/100ml)**	**CA (mg/100ml)**	**Mg (mg/100ml)**	**Na (mg/100ml)**
	Nd*	1,20	3,95	2,39	6,64
	Cu (µg/100ml)	**Fe (µg/100ml)**	**Mn (µg/100ml)**	**Zn (µg/100ml)**	
	0,03	1	Nd*	0,07	

***Nd:** No detecta

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP

Es importante señalar como se determina en las tablas 11 y 12, el agua en la que se desarrolla las dos especies no contiene fosforo, lo que determina que la misma no está contaminada y permite el crecimiento de estos seres vivos.

El hierro es constante en el agua donde crecen las dos especies, mientras que los elementos como potasio, calcio, magnesio, sodio son demasiado elevados en el agua dulce de las algas en comparación a la del helecho acuático.

Es importante también mencionar que estas especies se las encuentra en altitudes que van desde los 2850 y 3400 msnm, en la zona interandina, donde se tiene una pluviosidad anual de 600 mm, además que la temperaturas fluctúa entre 12°C. y 18°C. Su clima va de frió en las partes altas a templado en los valles, con un nubosidad escasa

- **Estructura de las Algas de agua dulce**

Cada filamento, observado al microscopio, aparece formado por células rectangulares, más largas que anchas, carece de ramificaciones y tiene un crecimiento intercalado por alargamiento y división de todas las células. Cada célula presenta unos plastos (cloroplastos) cintiformes y espiralados con pirenoides, y el núcleo situado en el centro de ella (Ver Anexo 2).

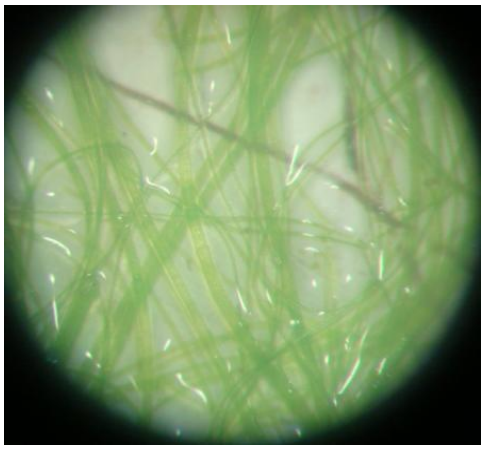


Figura 13. Fotografía del Conjunto de algas en el microscopio

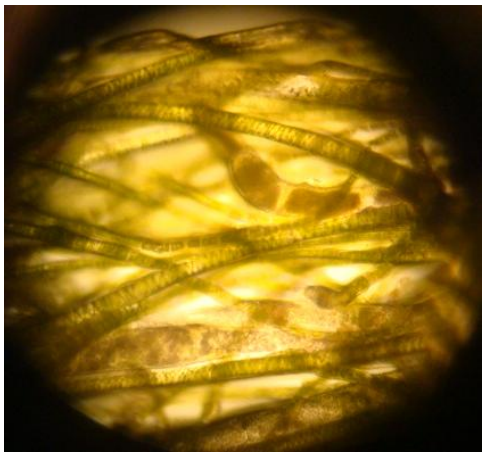


Figura 14. Fotografía de la estructura y morfología de las algas

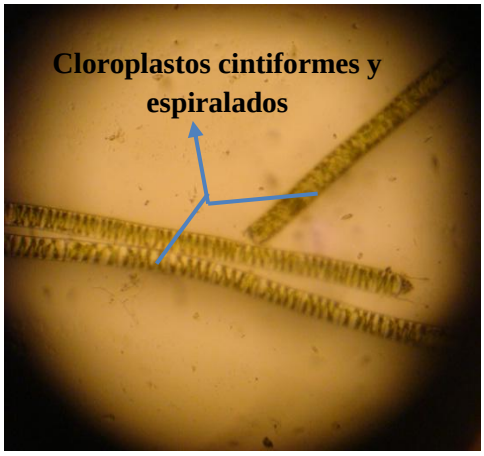


Figura 15. Fotografía de cloroplastos cintiformes y espiralados

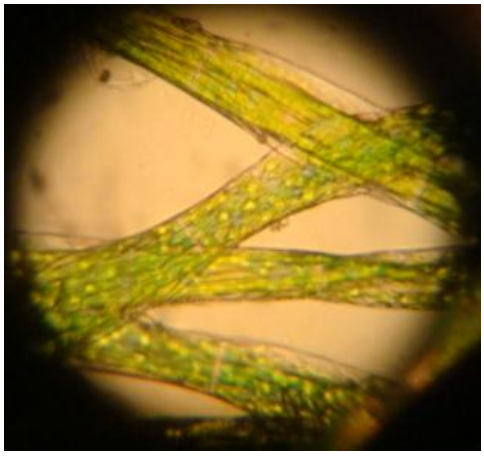


Figura 16. Fotografía de filamentos

- **Estructura del Helecho acuático:**

Flotan en la superficie del agua por medio de numerosas, pequeñas y estrechamente sobrepuestas escamas como hojas, con sus raíces colgando en el agua. Los esporofitos tienen hojas lobuladas, y rizomas. El lóbulo inferior de las hojas es usualmente más grande que el superior; y les permite flotar, esos lóbulos inferiores están en contacto con el agua. Plantas verde oscuras a rojizas, flotan individualmente o en matas, alcanzando un espesor de 20 cm.

Cuando las plantas se exponen a fuerte luz solar toman un color rojo. Lo mismo ocurre en invierno. A la sombra permanecen verdes. Forman relaciones

simbióticas con la cianobacteria *Anabaena azollae*, que da a la planta la capacidad de fijar nitrógeno del aire (Ver Anexo 3).



Figura 17. Fotografía de Azolla vista en el microscopio

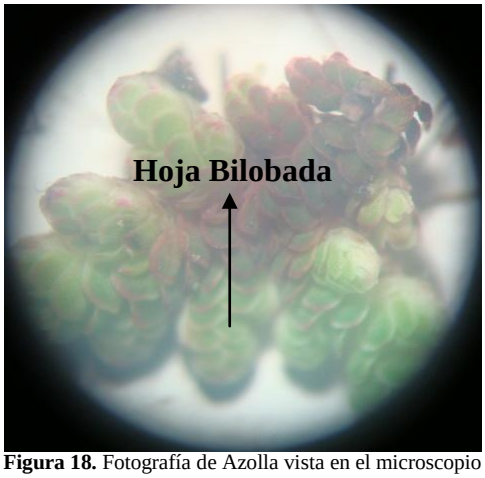


Figura 18. Fotografía de Azolla vista en el microscopio

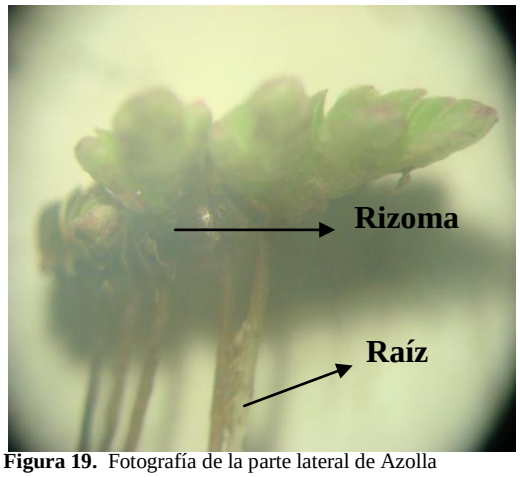


Figura 19. Fotografía de la parte lateral de Azolla

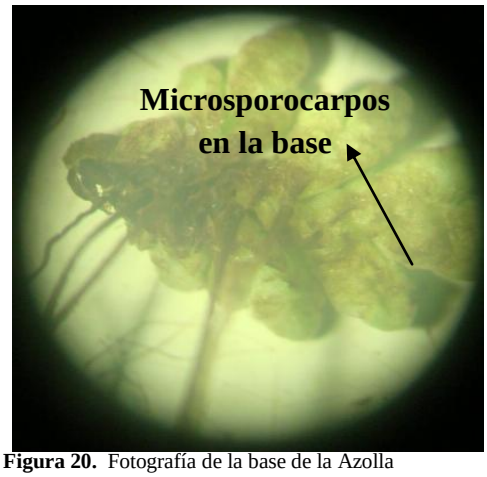


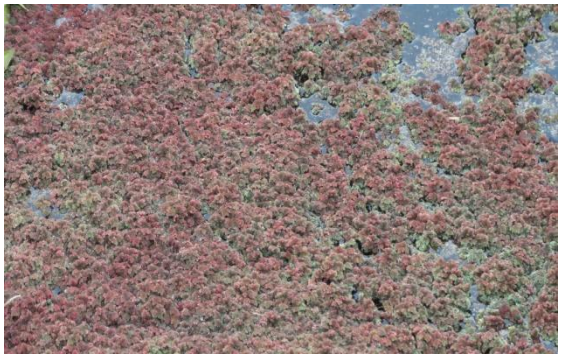
Figura 20. Fotografía de la base de la Azolla

De tal manera se determina que la taxonomía de las algas de agua dulce y del helecho acuático es:

Tabla 13. Taxonomía de las algas de agua dulce

ALGAS DE AGUA DULCE		
	**Reino**	Plantae
	División	*Chlorophyta*
	Clase	*Zygnematophyceae*
	Orden	*Zygnematales*
	Familia	*Zygnemataceae*
	Género	*Spirogyra*

Tabla 14. Taxonomía del helecho acuático

HELECHO ACUÁTICO		
	**Reino**	Plantae
	División	*Pteridophyta*
	Clase	*Pteridopsida*
	Orden	*Salviniales*
	Familia	*Azollaceae*
	Género	*Azolla*
	Especie	*filiculoides*

4.3 Compost con la adición de algas de agua dulce y del helecho acuático

4.3.1 pH durante la elaboración del compost

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 15) se observa alta significación estadística para tratamientos. El promedio general fue un pH de 6,89, ligeramente ácido, con un coeficiente de variación de 1,81%, que indica que existe poca dispersión en los datos obtenidos.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

F de V	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal
Total	29	0,81		
Tratamientos	9	0,51	0,06	3,66 **
Repeticiones	2	0,02	0,01	0,62 ns
Error Exp.	18	0,28	0,02	
Promedio	6,89			
C.V. %	1,81			

** = Altamente Significativo

ns = No Significativo

Para tratamientos, al realizar la prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 16 y Figura 21) se determinaron dos rangos de significación estadística, ocupando el primer lugar el tratamiento T2 (Algas al 30%) con un pH de 7,07 y el último lugar ocupa el T4 (*Azolla* al 50%) con un pH de 6,71.

Restrepo (2007), hace referencia a que el pH en este tipo de abonos (compost) debe oscilar entre 6 y 7,5, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de degradación de los materiales; lo que demuestra que el pH promedio obtenido durante el proceso de compostaje se encuentra en rangos óptimos y aceptables.

Sin embargo, al inicio de la fermentación, como menciona Restrepo (2007) y lo representa la Figura 22, el pH es bien bajo, pero gradualmente se va auto – corrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono compost.

Convirtiéndose en un compost adecuado para la mayoría de cultivos, que prosperan mejor en tierras con valores de pH entre 6 y 7, ya que una acidez marcada es un síntoma de deficiencia de nutrientes (Grupo Latino, 2006).

Tabla 16. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

Tratamientos	Promedio
T2	7,07 a
T5	7,02 a
T8	7,00 a
T10	7,00 a
T7	6,93 ab
T9	6,88 ab
T3	6,76 b
T6	6,76 b
T1	6,71 b
T4	6,71 b

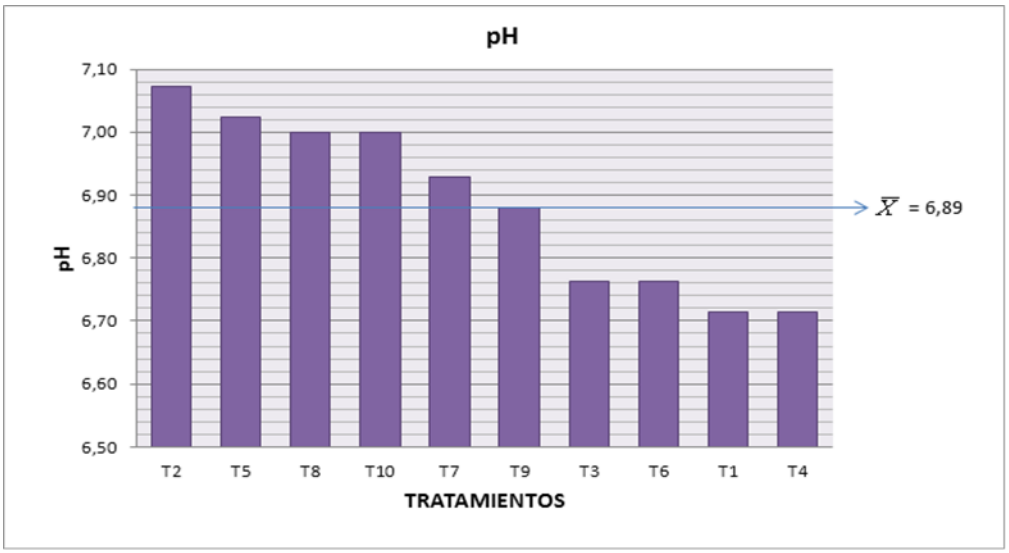


Figura 21. Promedios de los tratamientos en la variable pH en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

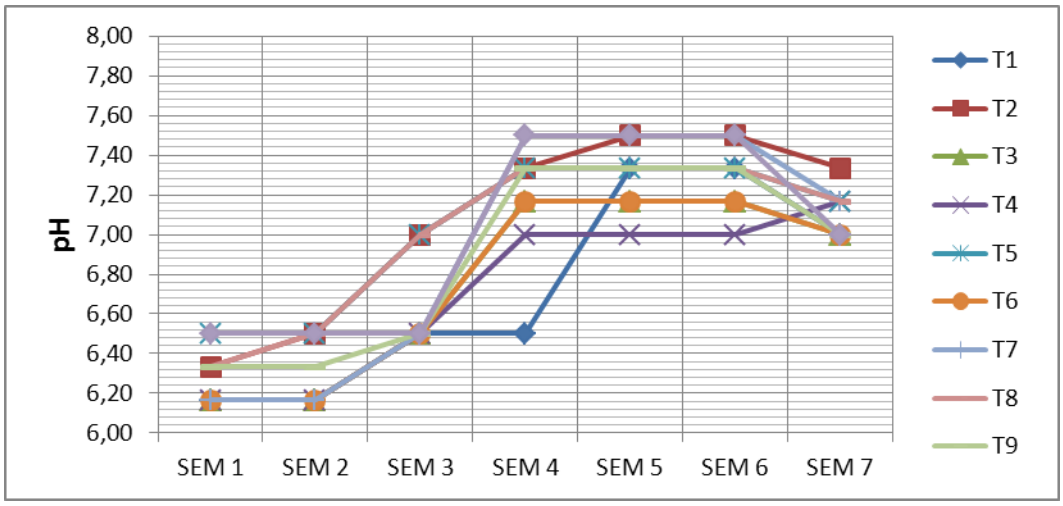


Figura 22. pH en el proceso de elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático durante 7 semanas.

4.3.2 Temperatura durante la elaboración del compost

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 17) se observa alta significación estadística para tratamientos. El promedio general fue una temperatura de 30,11ºC, con un coeficiente de variación de 2,52%, que indica que existe poca dispersión en los datos obtenidos.

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

F de V	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal
Total	29	110,28		
Tratamientos	9	99,24	11,03	19,12 **
Repeticiones	2	0,65	0,33	0,57 ns
Error Exp.	18	10,38	0,58	
Promedio	30,11			
C.V. %	2,52			

** = Altamente Significativo

ns = No Significativo

Para tratamientos, al realizar la prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 18 y Figura 23) se determinaron cuatro rangos de significación estadística, ocupando el primer lugar el tratamiento T4 (*Azolla* al 50%) con una temperatura promedio de 33ºC y el último lugar ocupa el T6 (*Azolla* al 10%) con una temperatura de 27,61ºC.

Si bien es cierto el promedio de temperatura (ºC) muestra una buena fluctuación como lo representa la figura 23, pero lo importante es la temperatura semanal que se obtiene durante el proceso de fermentación que produce aumento de temperatura, el mismo que es indispensable en la elaboración de compost, aunque no debe exceder como lo menciona la Fundación de hogares juveniles campesinos (2010), los 65ºC, ni estar inicialmente por debajo de los 40ºC, pues no habría actividad de los microorganismos presentes.

Lo que se demuestra en la figura 24, que determina que el compost elaborado cumplió con el proceso establecido con la fase mesófila que alcanzó temperaturas de 50ºC a 55ºC, la fase termófila de 60ºC a 68ºC, mientras que la fase de enfriamiento presentó temperaturas que descendieron hasta los 19ºC, llegando a la fase de maduración con 12ºC.

Tabla 18. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

Tratamientos	Promedio
T4	33,00 a
T8	31,75 ab
T3	31,60 ab
T5	31,17 ab
T2	30,79 abc
T7	30,63 bc
T1	28,72 cd
T9	28,10 d
T10	27,10 d
T6	27,62 d

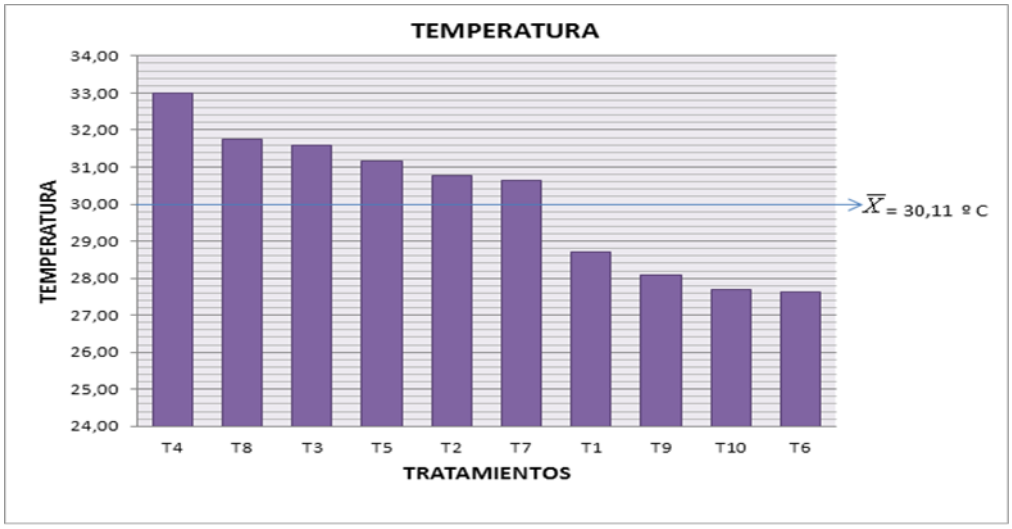


Figura 23. Promedios de los tratamientos en la variable Temperatura (ºC) en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

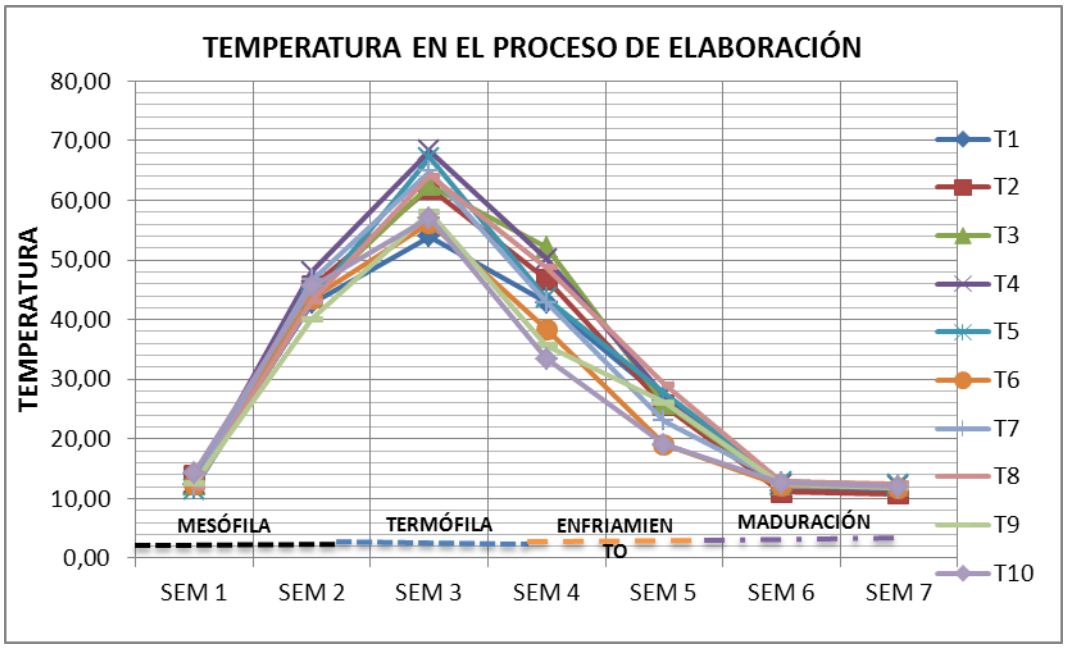


Figura 24. Temperatura (ºC) en el proceso de elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático durante 7 semanas.

4.3.3 Días a la cosecha del compost

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 19) se observa alta significación estadística para tratamientos. El promedio general fue de 88 días a la cosecha del compost, con un coeficiente de variación de 2,85%, que indica que existe poca dispersión en los datos obtenidos.

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

F de V	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal
Total	29	18430,00		
Tratamientos	9	18296,67	2032,96	322,88 **
Repeticiones	2	20,00	10,00	1,59 ns
Error Exp.	18	113,33	6,30	
Promedio	88,00			
C.V. %	2,85			

** = Altamente Significativo
ns = No Significativo

Para tratamientos, al realizar la prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 20 y Figura 25) se determinaron dos rangos de significación estadística, ocupando el

primer lugar el tratamiento T5 (*Azolla* al 30%) con 62 días a la cosecha y el último lugar ocupa el T9 (Algas al 10%) + *Azolla* al 10%) con 113 días a la cosecha.

Según el Grupo Latino (2006), el tiempo de descomposición de la materia orgánica y la producción de abono, oscila entre 60 y 90 días; varía según la zona, el clima y la calidad del material empleado en la compostación (Fundación, 2010).

Lo que demuestra lo representado en la figura 25, donde los tratamientos que contenían algas de agua dulce como T1 (Algas al 50%), T2 (Algas al 30%), T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%), T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%) y T9 (Algas al 10% + *Azolla* al 10%) en el proceso de elaboración de compost demoraron más días a la cosecha ya que las algas por su característica fibrosa no se descompone rápidamente, mientras que los tratamientos que contienen al helecho acuático T4 (*Azolla* al 50%), T5 (*Azolla* al 30%) y T6 (*Azolla* al 10%) aceleraron su descomposición al igual que tratamiento T3 (Algas al 10%) y el testigo absoluto.

Demostrando también que lo importante es lograr un material oscuro de apariencia granulosa y homogénea, de olor agradable, similar al del suelo de bosque (Fundación, 2010)

Tabla 20. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

Tratamientos	Promedio (Días)
T6	62 a
T5	62 a
T3	63 a
T4	65 a
T10	65 a
T2	112 b
T8	112 b
T9	113 b
T1	113 b
T7	113 b

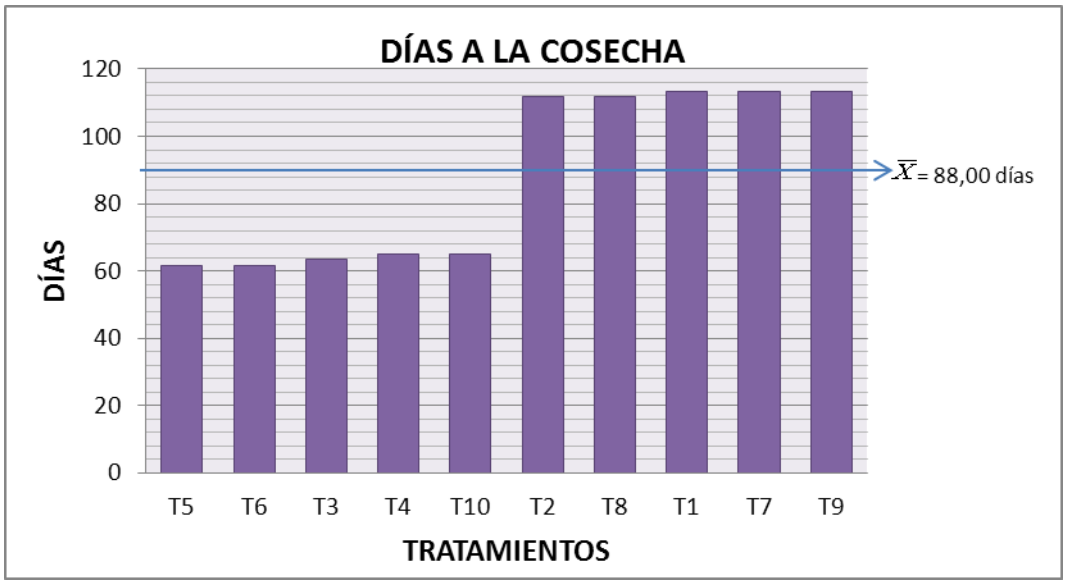


Figura 25. Promedios de los tratamientos en la variable días a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

4.3.4 Rendimiento en Kilogramos

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 21) se observa alta significación estadística para tratamientos y significación estadística para repeticiones. El promedio general fue de 7,13 kg de compost, con un coeficiente de variación de 2,14%, que indica que existe poca dispersión en los datos obtenidos.

Tabla 21. Análisis de varianza para la variable peso en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

F de V	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal
Total	29	15,82		
Tratamientos	9	15,38	1,71	73,55 **
Repeticiones	2	0,02	0,01	0,34 ns
Error Exp.	18	0,42	0,02	
Promedio	7,13			
C.V. %	2,14			

** = Altamente Significativo

ns= No Significativo

Para tratamientos, al realizar la prueba de significación de Tukey al 5% (Tabla 22 y Figura 26) se determinaron cuatro rangos de significación estadística, ocupando el primer lugar el tratamiento T5 (Algas al 30%) con 8,02 kg de compost a la cosecha y el último lugar ocupa el T1 (Algas al 50%) con 5,63 kg de compost a la cosecha.

Cabe señalar que el peso inicial de la mezcla para la elaboración de compost fue de 10 kg por tratamiento y lo que se demuestra con los datos obtenidos es la cantidad que por descomposición se ha cosechado en referencia al peso inicial. De tal manera que el mejor tratamiento el T5 (Algas al 30%) con 8,02 kg, es el que menos peso perdió después del proceso de compostaje y el T1 (Algas al 50%) con 5,63 kg es el que más materia descompuso.

Demostrando una vez más lo expuesto por Fundación (2010), que la calidad del material empleado en la compostación depende también la calidad final del abono obtenido.

De tal manera que, como se puede observar en la figura 26, los tratamientos que mayor pérdida de peso por descomposición tuvieron en el proceso de compostaje fueron los que tenían algas de agua dulce como ingrediente solo y en interacción como T1 (Algas al 50%), T2 (Algas al 30%), T3 (Algas al 10%) y T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%) junto con el T4 (*Azolla* al 50%).

Mientras que los tratamientos que contenían *Azolla* durante el proceso de compostaje como T5 (*Azolla* al 30%), T6 (*Azolla* al 10%), T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%) y T9 (Algas al 10% + *Azolla* al 10%), además del Tratamiento testigo, perdieron la menor cantidad de peso durante la descomposición en relación al peso inicial que fue de 10kg.

Tabla 22. Prueba de significación Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

Tratamientos	Promedio (kg)
T5	8,02 a
T8	7,78 a
T6	7,68 a
T9	7,67 a
T10	7,60 a
T7	7,02 b
T4	6,89 b
T3	6,67 bc
T2	6,37 c
T1	5,63 d

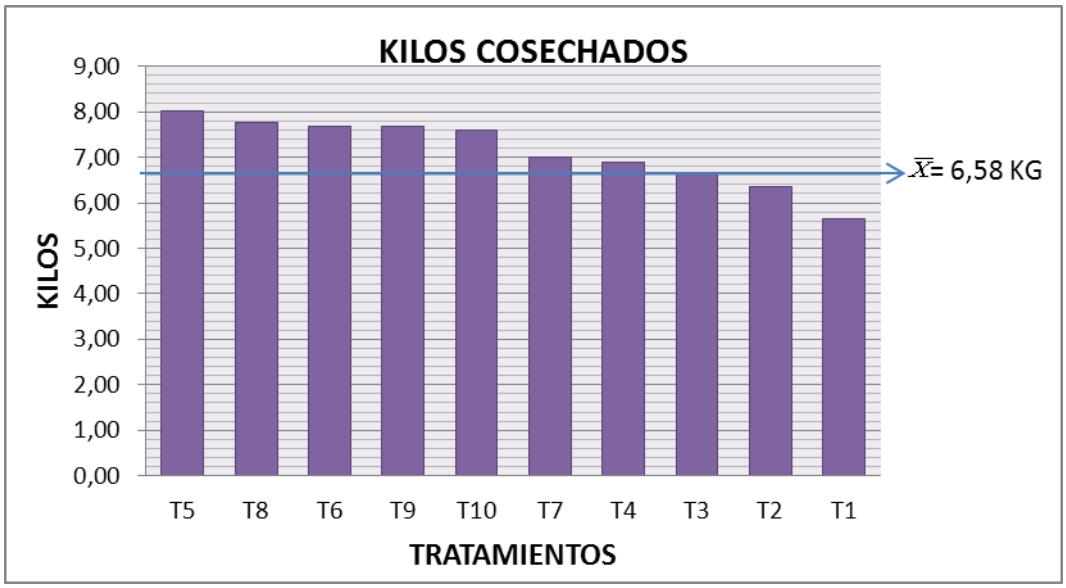


Figura 26. Promedios de los tratamientos en la variable rendimiento en kilogramos de compost a la cosecha, en la elaboración del compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

4.4 Aporte de elementos nutricionales involucrados en el compost

Una vez que se ha cosechado cada tratamiento de compost, se envió al Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, para que se realice el análisis respectivo y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 23. Macronutrientes presentes en el compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

TRAT.	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	N (%)	P (%)	K (%)
T1	50,92	69,79	1,01	0,28	1,57
T2	44,93	74,16	0,87	0,30	1,32
T3	43,90	70,99	0,90	0,23	0,30
T4	65,00	70,26	0,97	0,24	0,13
T5	53,36	71,80	0,97	0,22	0,20
T6	45,15	70,06	0,85	0,23	0,25
T7	45,00	74,52	0,90	0,28	1,24
T8	44,70	75,27	0,87	0,28	1,33
T9	32,80	71,69	0,90	0,22	1,25
T10	42,03	77,95	0,81	0,23	0,10

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP 2013

De los resultados obtenidos (Tabla 23), se determina que la calidad del compost obtenido es óptima, ya que como lo menciona la Fundación (2010), en lo que se refiere a humedad, para que los materiales se descompongan de forma adecuada, esta humedad debe fluctuara entre 50% y 60%, si está por encima o por debajo de este porcentaje, la actividad microbiana se detiene y se potencializa el crecimiento de bacterias y hongos indeseables o a su vez se lavan los nutrientes del compost.

En cuanto a la presencia de nitrógeno que según el Grupo Latino (2006) es uno de los más solubles en el agua del suelo y se pierde fácilmente por volatilización y lixiviación, se encuentra en cantidades altas en los tratamientos T1 (Algas al 50%), T4 (*Azolla* al 50%) y T5 (*Azolla* al 30%). En relación al tratamiento testigo que contiene la cantidad más baja de nitrógeno 0,81.

En lo que se refiere al fósforo que según la Fundación (2010), es que produce la energía en la planta, contribuye al crecimiento de la raíz, a la formación de frutos y a la formación de semillas, de tal manera que los tratamientos que contienen la mayor cantidad de este elemento son T2 (Algas al 30%), T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%) y T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%), frente al tratamiento T5 (*Azolla* al 30%) que presenta la menor cantidad.

De acuerdo a los análisis representado en el Tabla 23 la presencia de potasio en mayores cantidades esta en los tratamientos T1 (Algas al 50%), T3 (Algas al 10%) y T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%), frente al testigo que contiene la menor cantidad de este elemento que según el Grupo Latino (2006), regula el consumo de agua en las plantas, las partículas de suelo lo retienen con facilidad, además que la perdida de potasio por lixiviación es menor, dotando a la planta de gran vigor y resistencia a plagas y enfermedades.

Tabla 24. Micronutrientes presentes en el compost con la adición de algas de agua dulce y helecho acuático.

TRAT.	CA (%)	Mg (%)	Na (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
T1	1,04	0,30	0,23	28	11359	457	52
T2	1,05	0,27	0,22	28	11118	448	56
T3	1,30	0,18	0,22	22	5820	173	37
T4	1,20	0,19	0,23	23	6874	211	44
T5	1,10	0,18	0,19	22	4923	192	52
T6	1,07	0,17	0,22	21	6794	188	39
T7	0,91	0,27	0,21	26	11303	432	51
T8	0,83	0,25	0,21	26	11341	448	51
T9	0,77	0,22	0,18	24	10437	393	46
T10	1,06	0,18	0,22	24	6115	206	45

FUENTE: Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP 2013

Es importante destacar la presencia de micronutrientes en los diferentes tratamientos, ya que según el Grupo Latino (2006), el calcio, magnesio y azufre son elementos que las plantas necesitan en cantidades sustanciales, ya que la

deficiencia de estos nutrientes en el suelo pueden tener mucha influencia sobre el rendimiento y desarrollo de los cultivos.

En cuanto a los demás micronutrientes como Ca, Na, Cu, Fe y Zn, de acuerdo a lo que menciona el Grupo Latino (2006), las plantas requieren de estos elementos en pequeñas cantidades y cualquier deficiencia de los mismos se refleja en los rendimientos de la cosecha.

De tal manera que cada uno de los tratamientos al contener estos micronutrientes lo convierte en compost de excelente calidad, en comparación con el tratamiento testigo que en la mayoría de elementos contiene bajos niveles.

4.5 Análisis económico de la elaboración del compost.

Al realizar el análisis económico de la elaboración del compost, se consideraron dos parámetros importantes los materiales e insumos y la mano de obra, a los cuales se sumó el uso de las algas de agua dulce y de los helechos acuáticos, respectivamente.

En la tabla 25 y figura 27 que hacen referencia al beneficio costo por cada tratamiento se obtuvo matemáticamente como el mejor a T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%) con $1,94, seguido por T4 (*Azolla* al 50%) con $1,91 y el último lugar lo ocupa el T3 (Algas al 10%) con $1,21.

En cuanto a los costos de producción de compost, matemáticamente se determinó como se observa en la tabla 25 y figura 28, que el tratamiento más costoso fue el T10 (Testigo absoluto) con $5,40 y los más económicos fueron el T1 (Algas al 50%), T4 (*Azolla* al 50%) y T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%) con $3,25, para una cantidad de compost de 10kg.

Tabla 25. Análisis económico por tratamiento de la producción de compost.

Trat.	Descripción	Costo de producción (10kg)	Rendimiento (kg)	Costo del kg	Costo total compost	Retorno a la inversión	B/C
T1	Algas (50%)	3,25	16,90	0,3	5,07	420,15	1,56
T2	Algas (30%)	4,11	19,10	0,3	5,73	364,60	1,39
T3	Algas (10%)	4,97	20,00	0,3	6,00	302,41	1,21
T4	*Azolla* (50%)	3,25	20,67	0,3	6,20	535,90	1,91
T5	*Azolla* (30%)	4,11	24,05	0,3	7,21	485,10	1,76
T6	*Azolla* (10%)	4,97	23,05	0,3	6,91	363,73	1,39
T7	Algas (50%) + *Azolla* (50%)	3,25	21,05	0,3	6,31	547,62	1,94
T8	Algas (30%) + *Azolla* (30%)	4,11	23,33	0,3	7,00	467,72	1,70
T9	Algas (10%) + *Azolla* (10%)	4,97	23,00	0,3	6,90	362,78	1,39
T10	Testigo absoluto	5,4	22,81	0,3	6,84	322,40	1,27

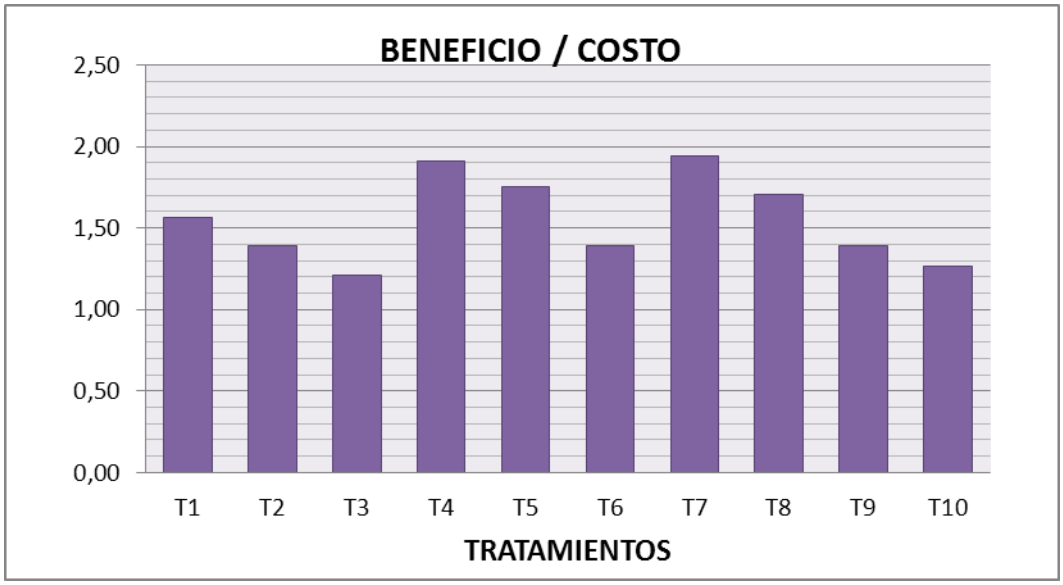


Figura 27. Costo / Beneficio por tratamiento de la producción de compost.

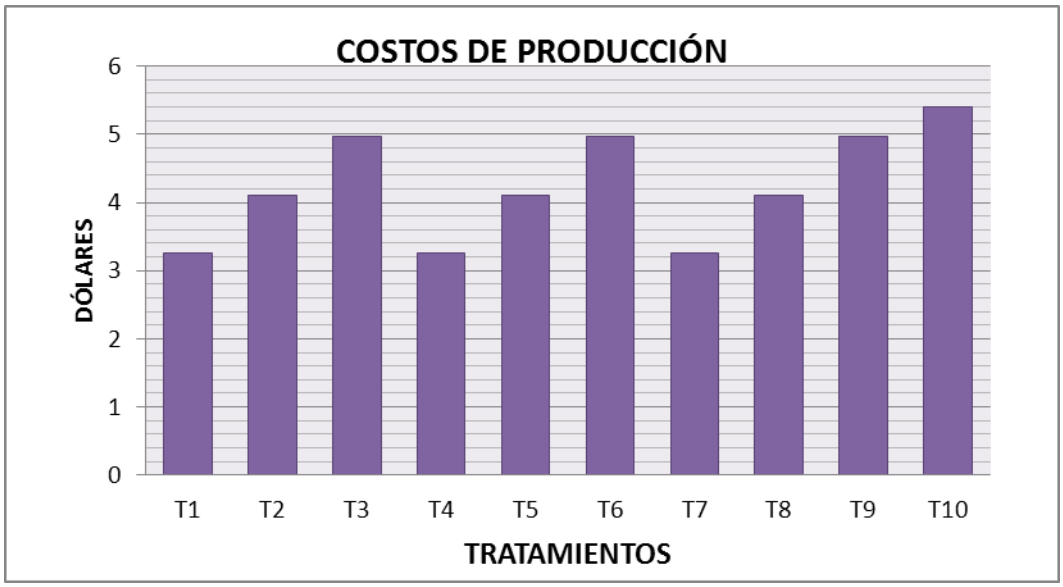


Figura 28. Costos de producción por tratamiento de la producción de compost.

4.6 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Con los resultados obtenidos se comprueba la hipótesis alternativa (H_i), donde se expresa que las algas de agua dulce y el helecho acuático, presentan una excelente biodinámica e importantes aportes fitoquímicos en el proceso de elaboración de compostaje.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que las algas de agua dulce y los helechos acuáticos son ricos en macro y micronutrientes como nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso y zinc en cantidades aceptables para poder ser utilizados como abonos orgánicos.

- La biodinámica de las algas y del helecho acuático determinó que el tipo de agua en la que crecen con gran desarrollo tiene presencia de nutrientes como calcio, magnesio, potasio, sodio, cobre, hierro manganeso y zinc, además tolera una temperatura entre 8ºc a 30ºC. El helecho acuático abarca una altitud en la sierra ecuatoriana entre los 2700 msnm hasta los 3500msnm; mientras que las algas de agua dulce se encuentran entre los 2700msnm hasta los 3000msnm.

- Al realizar la identificación taxonómica se determinó que las algas de agua dulce encontradas en el cantón Latacunga, pertenecen al Reino Plantae, División *Chlorophyta,* Clase *Zygnematophyceae,* Orden *Zygnematales,* Familia *Zygnemataceae,* Genero *Spirogyra.* Mientas que se determinó que el helecho acuático pertenece al Reino Plantae, División *Pteridophyta,* Clase *Pteridopsida,* Orden *Salviniales,* Familia *Azollaceae,* Genero *Azolla,* Especie *filiculoides*

- Al elaborar compost con la adición de algas de agua dulce y del helecho acuático, se determinó que los tratamientos que presentan pH neutro son el T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%) y el T10 (Testigo absoluto); además durante las 7 semanas aproximadamente de elaboración de compost se evidenciaron las 4 fases de evolución del proceso, como son: la fase mesófila alcanzó temperaturas de 50ºC a 55ºC, la fase termófila alcanzó de 60ºC a 68ºC, mientras que la fase de enfriamiento presentó temperaturas que descendieron hasta los 19ºC, llegando a la fase de maduración con 12ºC. En cuanto al peso cosechado de compost el mejor tratamiento fue el T5 (*Azolla* al 30%) con 8,02kg, considerando que el peso inicial de elaboración fue de 10kg, determinando que este tratamiento es el que más optimizo la presencia de *Azolla*, seguido por la el tratamiento T8 (Algas al 30% + *Azolla* al 30%) con 7,78kg, demostrando que la combinación de estas dos especies producen una buena materia orgánica de compost; en relación al tratamiento T10 (Testigo absoluto) que presento un pH de 7, con una temperatura promedio de 27,10ºC, 65 días a la cosecha y un rendimiento con relación al peso inicial (10 kg), de 7,60 kg.

- En cuanto al aporte de elementos nutricionales involucrados en el compost se determinó la presencia de humedad que va de desde 32,80% para el tratamiento T9 (Algas al 10% + *Azolla* al 10%) a 65,04% para T4 (*Azolla* al 50%), cenizas con valores desde 69,79% en el T1 (Algas al 50%) a 77,95% en el T10 (Testigo Absoluto), en cuanto a los macro nutrientes tenemos que para Nitrógeno (N) el tratamiento que mayor cantidad presenta es el T1 (Algas al 50%) con 1,01% y el de menor cantidad es el T10 (Testigo Absoluto) con 0,81%; para Fósforo (P) el de mayor cantidad es el T2 (Algas al 30%) con 0,30% y los de menor cantidad son el T5 (*Azolla* al 30%) y T9 (Algas al 10% + *Azolla* al 10%) con 0,22%; para Potasio (K) el T1 (Algas al 50%) con 1,57% es el de mayor porcentaje y el T10 (Testigo Absoluto) con 0,10% es de menor porcentaje. En lo que se refiere a los micronutrientes se encontró presencia de Calcio (Ca), Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Sodio (Na), Cobre (Cu) y Zinc (Zn).

- El análisis económico de la elaboración del compost determinó que el tratamiento con más beneficio / costo fue el T7 (Algas al 50% + *Azolla* al 50%) con un valor de $1,94, siendo el más costoso el tratamiento T10 (Testigo absoluto) con un costo de producción de $5,40 por 10kg de compost.

5.2 RECOMENDACIONES

Aplicar la propuesta:

"ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO - COMPOST, EMPLEANDO ALGAS Y HELECHOS DE AGUA DULCE"

Se recomienda utilizar las algas de agua dulce del Genero *Spirogyra* y el helecho acuático del Genero *Azolla,* para la elaboración de compost con el tratamiento T8 (Algas al 30% + Azolla al 30%) ya que este presentó parámetros adecuados como pH neutro, mayor peso en kilogramos al momento de la cosecha y costos de producción con un beneficio costo que permite recuperar la inversión.

Además se recomienda:

- Emplear este compost como sustrato en piloneras y enraizadoras
- Establecer parcelas demostrativas en varios cultivos usando este abono orgánico como abonadura en diferentes dosis.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 TÍTULO

“ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO - COMPOST, EMPLEANDO ALGAS Y HELECHOS DE AGUA DULCE”

6.2 DATOS INFORMATIVOS

- **Lugar de ejecución:** Provincia de Cotopaxi.
- **Ubicación:** Cantón Latacunga.

6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La agricultura actual está evolucionando a nuevas prácticas orientadas a la obtención de productos más sanos, con menos aplicación de insumos fitosanitarios, y que sean respetuosas con el entorno y el medio ambiente.

6.3.1 Abonos orgánicos (Compost)

El compostaje, de acuerdo a lo expresado por Ramos et al (2007), es un proceso biológico que consiste en la descomposición controlada de materiales orgánicos (frutas, hortalizas, restos de podas y cosechas, pasto, hojas, entre otros), del que se obtiene un producto inocuo y con buenas propiedades como abono. El producto final toma el nombre de compost.

Los materiales para ser compostados deben cumplir dos condiciones básicas: ser biodegradables y no estar contaminados, según la Biblioteca de campo (2002), la producción de compost y su aplicación cuenta con ventajas económicas y ambientales por lo que se recomienda extender su aplicación en la agricultura, la conservación de áreas verdes y la conservación de suelos.

6.3.2 Algas de agua dulce

Las algas pertenecen al reino vegetal, generalmente son esponjosas, suaves y gelatinosas. Se las conoce de todo tamaño, de colores verdes, marrones o rojos y se piensa que viven sólo en ambientes marinos; pero lo cierto, es que existen una gran variedad de algas de agua dulce, en su mayoría muy pequeñas o invisibles al ojo humano y que sólo se las ve cuando se colorea el agua o a través de un microscopio.

La mayoría de las algas de agua dulce viven en lagos y lagunas (masas de aguas quietas) o en ríos y pequeñas corrientes (aguas circulantes). Si bien se distribuyen en relación al espacio y al tiempo (periodicidad estacional), la temperatura, es un factor importante porque estratifica verticalmente la masa de agua, quedando una capa fría en la parte inferior y otra caliente en la superior. Influyen además, la cantidad de oxígeno, luz y elementos nutritivos existentes en sus hábitats (Prósperi, 2008).

6.3.3 Helecho acuático

Su nombre proviene de las voces griegas: *Azo* (secar) y *Olla* (matar), sugiriendo que el helecho muere cuando se seca, ya que este se desarrolla en el agua. Este helecho acuático tiene pequeñas hojas alternadas y divididas, cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra; raíces especiales suspendidas en el agua; se reproduce por división vegetativa y también a través de esporas. En condiciones óptimas (20-22ºC) es una planta de rápido crecimiento, que puede llegar a duplicar su biomasa en 72 horas (Deltoro, 2008).

La *Azolla* es rica en proteínas y minerales por lo cual se utiliza alternativamente en alimentación de peces, patos, gallinas, otras aves, cerdos, entre otros. También se emplea para la elaboración de compost en mezcla con tierra, hierbas u otros materiales vegetales. La *azolla* se utiliza en agricultura, alimentación animal, control de malezas, medicina cosmética y alimentación humana (MOCS, 2010).

6.4 JUSTIFIACIÓN

Una situación problemática bastante generalizada, es la que se deriva de la aplicación desmedida de fertilizantes en el suelo con el fin de aumentar el rendimiento de las cosechas, y en esos momentos los fertilizantes pierden su acción beneficiosa y pasan a ser contaminantes del suelo, a este fenómeno se lo conoce como salinización de los suelos, es por eso que muchas veces por mas fertilizantes que se utilice para una unidad de producción, los resultados obtenidos no son los esperados.

En los costos de producción los fertilizantes ocupan el 40 % de los costos totales, siendo en su mayoría químicos, demostrando de esta manera lo importantes que representan en la producción. Surge así la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, obligando la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles.

En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a los abonos orgánicos y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No se puede olvidar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental ya que se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales se aportaran posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Esta propuesta, pretende utilizar la cantidad de las algas y helechos acuáticos que crecen en los diferentes canales y lagunas del cantón Latacunga, para producir

compost y así contribuir para bajar el uso de fertilizantes en los cultivos y crear alternativas para mejorar la salud y los ingresos de los habitantes de la provincia de Cotopaxi.

6.5 OBJETIVOS

6.5.1 General

- Fomentar el uso de bioinsumos (algas y helechos acuáticos) para la producción agrícola del cantón Latacunga.

6.5.2 Específicos

- Difundir esta técnica de compostaje con el uso de algas de agua dulce al 30% y helechos acuáticos al 30%.
- Producir y comercializar abono orgánico – compost.

6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El empleo de fertilizantes y pesticidas de síntesis química, se ha vuelto adverso por el incremento de sus precios y los efectos de contaminación y degradación de suelos, por un lado, a la vez que la generación de desechos orgánicos en el cantón Latacunga, como las algas de agua dulce y el helecho acuático que crece en los canales de riego, es un problema mayúsculo, el aprovechamiento de estos desechos orgánicos en la producción de compost es factible y a la vez rentable (Ver Anexo 26), ya que es una estrategia de solución que genere impactos económicos, ambientales y sociales, tales como:

- Reducción en costos de producción agrícola.
- Recuperación agrícola en el cantón Latacunga y en la provincia en general.
- Uso eficiente de los desechos orgánicos.
- Conservación de áreas verdes y reservas de suelos.

- Regulación de la mancha urbana con el aprovechamiento alternativo de la reserva territorial.
- Producción de alimentos más sanos.

6.7 FUNDAMENTACIÓN

La producción y uso del compost, es una forma latente para comenzar y aprender cuestiones sobre el uso de materiales orgánicos, como las algas de agua dulce y los helechos acuáticos, para aumentar las propiedades fértiles del suelo. El compost puede ser visto como un elemento fundamental que sirva como la llave para lograr una agricultura ecológica.

Producir compost de alta calidad como alternativa, puede convertirse en un proceso sencillo, sin embargo se requiere de un alto grado de compromiso y preparación. Realizar compost con residuos de plantas, algas de agua dulce, los helechos acuáticos, estiércol animal o restos de cosechas, puede ser una fuente estable de nutrientes, libre de malezas y elementos patógenos. Aparte de ser utilizada en los suelos el compost se puede utilizar como un componente para jardinería.

6.8 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

6.8.1 Consideraciones a tener en cuenta

Al momento de instalar una compostera debe elegirse un lugar sombreado, en caso contrario la pila de compost deberá cubrirse con plástico, con la finalidad de no perder la humedad, de este modo facilitar el proceso de descomposición.

Para obtener un compost óptimo, es necesario garantizar una buena descomposición de los materiales o desechos orgánicos, esto permitirá matar las semillas de las malas hierbas, agentes patógenos, esporas de hongos y bacterias que causan enfermedades a las plantas cultivadas.

El compost a utilizar debe ser homogéneo y no debe notarse el material de origen que ha sido utilizado al inicio de la preparación, además debe tener un olor parecido a la tierra de los bosques y la temperatura en el montón no debe ser diferente a la temperatura del ambiente.

6.8.2 Características de los ingredientes

Los principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar los abonos orgánicos como el compost se presentan a continuación:

- **Los estiércoles:** Son la principal fuente de nitrógeno, además su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro entre otros elementos. Dependiendo de su origen puede aportar inoculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejoraran las condiciones biológicas, químicas y físicas del terreno donde se aplican los abonos (Restrepo, 2007).

  Cascarilla de Arroz: Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de la humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es además una fuente rica en silicio, lo que favorece a los vegetales, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades. Este ingrediente puede ser sustituido por restos de cosechas, tusas de maíz, paja de trigo y/o bagazo de caña bien triturados (Restrepo, 2007).

- **Levadura:** Constituye la principal fuente de inoculación microbiana para la elaboración de abonos orgánicos, convirtiéndose en el arranque o la semilla de la fermentación, según Restrepo (2007), la levadura puede ser reemplazada

por jugo de caña de azúcar crudo y fermentado por dos días. También se ha usado exitosamente la chicha de jora, en la elaboración de abonos orgánicos.

- **Carbonato de calcio:** Conocido también como cal agrícola, la función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico. Según Restrepo (2007) se lo puede sustituir con ceniza de los fogones de leña.

- **Melaza de caña:** Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos. Favorece la multiplicación de la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio, además contiene micronutrientes, principalmente boro, zinc, manganeso y hierro.

  Restrepo (2007) recomienda, que para lograr una aplicación homogénea de la melaza durante la elaboración de abonos orgánicos, diluir la melaza en una parte del volumen del agua que se utilizará al inicio de la preparación. Se la pude sustituir por panela, azúcar morena o jugo de caña.

- **Agua:** Tiene la finalidad de homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono, además propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica, durante todo el proceso de la fermentación cuando se están elaborando los abonos orgánicos (Restrepo, 2007).

- **Microorganismos benéficos:** Como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible (APROLAB, 2007).

6.8.3 Preparación de compost para 1 tonelada de compost

De acuerdo a la preparación de compost realizada en el ensayo se propone los siguientes ingredientes:

- 20 qq de estiércol de ganado
- 150 kg de algas de agua dulce
- 150 kg de helecho acuático
- 2 qq de cascarilla de arroz
- 2 lb. de levadura
- 60 lb. de carbonato de calcio
- 20 lt de Melaza se afora a 200 lt de agua más los Microorganismos benéficos: *Trichoderma*, *Bauveria*, *Phaselomyces* y *Rhizobacter*

Preparación

Se siguen los siguientes pasos:

- Se coloca sobre un plástico la tierra negra



Figura 29. Proceso inicial de elaboración de compost

- Se coloca la cascarilla de arroz.



Figura 30. Mezcla de cascarilla de arroz

- Sobre la mezcla se coloca el abono de ganado



Figura 31. Mezcla de los ingredientes del compost

- Espolvorear el carbonato de calcio.



Figura 32. Aplicación de cal agricola en la mezcla de compost

- Se coloca los 150 kg de algas de agua dulce y 150 kg de helechos acuáticos, previamente picados.



Figura 33. Algas de agua dulce y *Azolla* picadas

- En 50 litros de agua diluir: 20 litros de melaza, 1 kg de levadura y los 100 cc de microorganismos beneficiosos.



Figura 34. Inóculo de Microorganismos beneficos

- Aplicar el inóculo de microorganismos benéficos en la mezcla con regadera.



Figura 35. Riego del compost con el inóculo de microorganismos beneficos

- Se vuelven a incorporar los ingredientes anteriores y se remueven hasta mezclarlos.



Figura 36. Proceso final de elaboración de compost

- Cubrir con plástico.



Figura 37. Compost cubierto con plástico

- Remover cada 8 días durante 3 veces.



Figura 38. Volteo de la mezcla de compost

- La materia orgánica estará lista para ser utilizada a partir de los 112 días.



Figura 39. Compost cosechado

6.8.4 Parámetros de calidad del compost

Una vez terminada la etapa de mezcla de todos los ingredientes del abono, se debe controlar la humedad y la temperatura ya que después de los 14 días de haberlo preparado, el abono debe alcanzar temperaturas superiores a 50°C, lo q es una buena señal para continuar con las demás etapas del proceso, como se observa en la Figura 40.

Además es importante señalar que el pH para este tipo de abonos, debe oscilar entre 6 y 7,5, como se observa en la Figura 40, ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de elaboración.

Si la temperatura es elevada, no existe una buena humedad y el pH está variando es señal de que se debe voltear el abono y compensar la humedad regando agua o el caldo de cultivo.

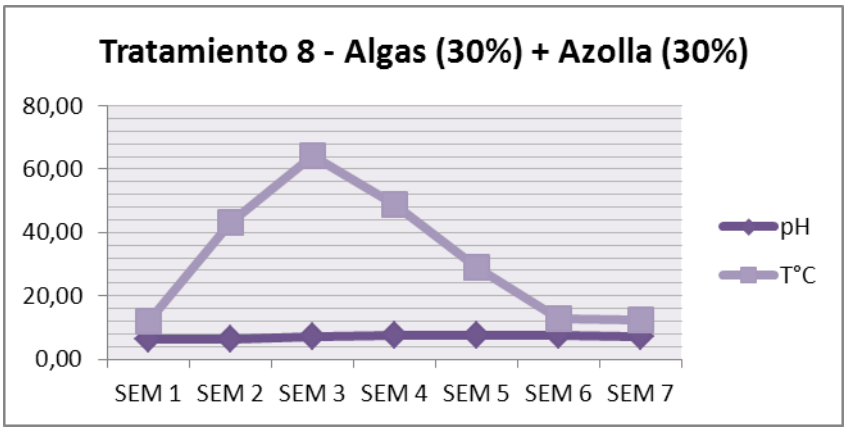


Figura 40. Fluctuación de los valores de pH y temperatura del compost

Además Ramos et al (2007), presentan los siguientes parámetros:

- **Color.** Marrón oscuro o negro ceniza.
- **Olor.** Agradable, similar a tierra de bosque.
- **Relación Carbono / Nitrógeno (C/N).** Igual o menor a 20/1.
- **Microorganismos.** Ausencia de huevos de insectos o nematodos.
- **Humedad.** 40 - 60%

6.8.5 Post - tratamiento del compost elaborado

Es el conjunto de operaciones dadas luego de la elaboración del compost, y están determinadas de la siguiente manera:

- Tamizado o cernido del compost: Elimina las impurezas existentes y permite el desmenuzamiento de partículas grandes, dando al compost una calidad homogénea.
- Ensacado y almacenado: Se debe realizar un ensacado que permita al compost no compactarse demasiado. Se debe almacenar en lugares secos alejados del sol y de la lluvia.
- Utilización y venta: La producción y utilización del compost y los niveles de venta que alcanzan, constituyen un referente para la justificación, mejoramiento y mantenimiento del proyecto.

6.8.6 Ventajas

Algunas de las acciones más importantes de un buen compost cuando se agrega al cultivo se relacionan con la modificación de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, según lo expresado por la Biblioteca de campo (2002):

- Aumenta la capacidad del suelo para absorber y mantener aire y agua.
- Incrementa la permeabilidad del suelo, evitando que el agua se encharque en ellos.
- Optimiza la capacidad del suelo para mantener nutrientes (Capacidad de intercambio catiónico) y cederlos a microorganismos y plantas.
- Mejora la sanidad de los cultivos, permitiendo un aporte equilibrado de nutrientes y factores de crecimiento.
- Facilita una mejor absorción de nutrientes por la planta.
- Mejora el mantenimiento de nutrientes en la solución del suelo.
- Incrementa la calidad y cantidad de las cosechas como resultado de mejores condiciones nutricionales que implican mejor salud del vegetal.
- Disminuye el riesgo de erosión por agua o viento, porque los granos del suelo se forman, se mantienen mejor y son más estables.

6.8.7 Desventajas

- El periodo de elaboración puede llegar a ser largo, de 3 a 5 meses, por lo tanto hay que planificar su producción en el año.
- Para aplicaciones en extensiones grandes de terreno se requiere de un espacio de terreno para la elaboración más grande y mayor mano de obra.

6.9 ADMINISTRACIÓN

La presente propuesta se la presentará a la administración de la Granja Agroecológica Integral Tunducama, la misma que constituye un escenario demostrativo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi, ya que se estima recibir al año 5000 visitantes: entre agricultores, estudiantes y

docentes de Institutos Tecnológicos Agropecuarios y Universidades Agropecuarias de la región central del país, así como también a colegios, universidades y demás entidades interesadas en la ejecución de esta propuesta

6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En la Granja Agroecológica Integral Tunducama o en la institución interesada, se prevé producir mensualmente de 100 a 500 qq de compost a $ 5.00 el saco de 45 kg. A la vez que se creara un logotipo que identifique al compost detallando la presencia de macro y micronutrientes.

Se pretende implementar parcelas demostrativas, con diferentes cultivos utilizando el compost generado, para que de esta manera se sustente las recomendaciones del uso en los diferentes productos, garantizando la eficacia del producto.

Se implementará registros de cultivos, con el detalle de: superficie, especie, variedad, tipos y frecuencias de aplicación del compost, así como también los rendimientos para obtener información cuantitativa que permita sustentar la información hasta estandarizar la producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arce, O. 2006. Eutrofización de cuerpos de agua. Pág.30
2. APROLAB, 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Instructivo No. 001-2007. Perú. Pág. 22
3. BIBLIOTECA DE CAMPO. 2002. Manual agropecuario, tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente, Limerin S.A. Bogotá - Colombia.
4. Asamblea Constituyente. 2008. Constitución de la República del Ecuador
5. Deltoro, V. 2008. Azolla filiculoides. Disponible en http://bdb.cma.gva.es/ficha.asp?id=24904, el 12 de junio de 2011.
6. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS. 2002. Riesgos a la salud causados por cianobacterias y algas de agua dulce en aguas recreacionales. Pág. 2. Perú
7. CHUNGATA, L. Técnico de la Granja de Píllaro del HCPT, comunicación personal. Píllaro - Ecuador
8. Cubas, P. 2008. Algas eucariotas. Disponible en www.aulados.net Botánica 2008, el 9 de junio de 2011
9. Elergonimista. 2006. Algas, División Chrysophyta. Disponible en http://www.elergonomista.com/botanica/chryso.htm, el 12 de junio de 2011.
10. Foladori, G. 2006. El enfoque técnico y el enfoque social de la sustentabilidad. Capítulo 8. Pág. 203.
11. Fundación Hogares Juveniles Campesinos.2010. Granja Integral Autosuficiente. Bogotá – Colombia. Pág. 304
12. Gallipato. 2011. El siluro (Silurus glanis) y Azolla (helecho de agua). Disponible en http://gallipatoalcublano.blogspot.com/2011/02/especies-invasoras-ii.html. el 12 de junio de 2011
13. Grupo Latino. 2006. Volvamos al Campo, Manual de cultivos orgánicos y alelopatía, Colombia. Pág. 700
14. INFOJARDIN. 2011. Helecho de agua, Azolla, Doradilla, Yerba del agua. Disponible en http://fichas.infojardin.com/acuaticas/azolla-caroliniana-helecho-agua-doradilla-yerba-agua.htm, el 12 de junio de 2011

15. Leva, R. 2011 Microbiología, Algas Eucariotas.

16. LGsonic. 2011. Problema con las algas. Disponible en: http://www.lgsonic.com/es/problemas-con-las-algas/, el 1 de julio de 2011.

17. Lucio, A. 2011. Módulo de Metodología de la Investigación. Maestría en Agroecología y Ambiente. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

18. Mercado Orgánico Consciente y Solidario - MOCS. 2010. Planta milagrosa, "Azolla". Disponible en http://mercadoconsciente.blogspot.com/2010/08/planta-milagrosa-azola.html. el 16 de junio de 2011

19. Montaño, M. 2003. Utilización de la simbiosis Azolla-Anabaena en el cultivo del arroz. Proyecto *Azolla-Anabaena*, Guayaquil - Ecuador.

20. Montaño, M. 2009. Azolla – Anabaena, abono verde y alimento de ganado. Guayaquil - Ecuador.

21. Moore, A. 1969. Azolla: biology and agronomic significance. Bot. Rev. 35. Pág 17-34.

22. Morales, P. 2010. Fitoquímica. Disponible en http://biologia.laguia2000.com/botanica/fitoquimica, el 11 de junio de 2011.

23. Morán, R. 2009. Clave para las especies del género Azolla.

24. Mus, M. 2011. Las algas no deseadas en el acuario de agua dulce. Disponible en http://wiki.infopez.com/index.php/las_algas_(no_deseadas)_en_el_acuario_de_agua_dulce, el 16 de junio de 2011.

25. Perkins, S., Peters, G., Lumpkin, T. y Calvert, H. 1985. Scan. Electron Microsco Disponible en http://tropicos.info/Name/40023609?projectid=3, el 26 de junio de 2011

26. Pfeiffer, E. 2010. Introducción al método agrícola biodinámica. Disponible en http://www.pulsardelatierra.org/blog/?p=144, el 11 de junio de 2011.

27. Piamonte, R. 2007. Agricultura biodinámica: conceptos y contribuciones para el desarrollo de una nueva agricultura.

28. Plantasyhongos. 2011. Algas. Disponible en http://www.plantasyhongos.es/algas/algas.htm, el 16 de junio de 2011

29. Prosperi, C. 2008. Las algas microscópicas y su efecto sobre el ambiente. Disponible en http://www.ecologiasocialnqn.org.ar/econtpo b6.htm, el 12 de junio de 2011.

30. Quintero, L.1995. El sistema simbiotiótico fijador de nitrógeno Azolla – Anabaena. Agromicrobiología elemento útil en la agricultura sostenible. Colegio de posgraduados. Pág. 127 – 147. México

31. Quintero, L. y Ferrara-Cerrato 2000. Azolla helecho fijador de nitrógeno y su potencial en México. En. J.J. Peña Cabriales (ed). La fijación biológica de nitrógeno en América Latina: El aporte de las técnicas isotópicas. Irapuato - México

32. RAMOS, R.; NOVOA, V.; VARGAS, Y. y ROMERO, F. 2007. Bioabonos de calidad, una alternativa ecológica papa la nutrición de los cultivos, Guía de compostaje, Manual No. 67, INIAP – ESPOCH – SENACYT. Pág. 34

33. RESTREPO, J. 2007. Manual Práctico A, B, C de la agricultura orgánica y panes de piedra, Volumen 1: Abonos orgánicos fermentados, Cali – Colombia. Pág. 86.

34. RUIZ, D. 2002. Agricultura orgánica. Pág. 17.

35. Sánchez. R. 2011. El Episodio Azolla. Disponible en http://cambioclimaticoenergia. blogspot.com/2011/02/el-episodio-azolla.html, el 26 de junio de 2011.

36. SN. 2004. Las algas. Pág. 1-2

37. Svenson, H. y Fern J. 1944. Azolla en Mesoamerica. Pág. 69-84

38. Tryon, R.M., y A. F. Tryon. 1982. Ferns and Aliens plants, with special reference to tropical America. Springer-Verlag, New York - USA

39. Universidad de Sevilla. 2008. Estudio y control del helecho acuático invasor *azolla filiculoides* en los humedales del Parque Nacional de Doñana – Resumen.

40. Velásquez, J. 1994. Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad central de Venezuela consejo de desarrollo científico y humanístico. Caracas. Pág. 992

41. Wikipedia. 2011. Azolla. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Azolla, el 26 de junio de 2011.

ANEXOS

Anexo 1.- Distribución del experimento para la elaboración del compost

T1	T3	T8
T5	T10	T7
T2	T4	T3
T9	T1	T6
T4	T7	T9
T3	T5	T10
T7	T2	T4
T10	T6	T1
T6	T8	T5
T8	T9	T2

Anexo 2. Registro específico algas de agua dulce

DIMENSIÓN	CATEGORIA	INDICADOR	OBSERVACIONES	FOTOGRAFIAS
Estructura	Morfología	Tamaño y forma	- Cada filamento observado al microscopio, aparece formado por células rectangulares, más largas que anchas - Carece de ramificaciones - Tiene un crecimiento intercalado por alargamiento y división de todas las células - Cada célula presenta unos plastos (cloroplastos) cintiformes y espiralados con pirenoides, y el núcleo situado en el centro de ella.	
	Fisiología	Tipos	- **Reino:** Plantae - **División:** *Chlorophyta* - **Clase:** *Zygnematophyceae* - **Orden:** *Zygnematales* - **Familia:** *Zygnemataceae* - **Género:** *Spirogyra*	
	Ecología	Hábitat y condiciones del medio	- El agua en la que se desarrolla no contiene fosforo - Crece en altitudes de 2850 y 3400 msnm - Pluviosidad anual de 600 mm. - Temperaturas que fluctúan entre 12°C. y 18°C. - Su clima va de frió en las partes altas a templado en los valles.	
	Biogeografía	Distribución geográfica	En la provincia de Cotopaxi, se las encuentra en todas las lagunas, lagos, canales de riego y fuentes de agua.	

Anexo 3. Registro específico helecho acuático

DIMENS	CATEGORIA	INDICADO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFIAS
Estructura	Morfología	Tamaño y forma	- Flotan en la superficie del agua por medio de numerosas, pequeñas y estrechamente sobrepuestas escamas como hojas, con sus raíces colgando en el agua. - Los esporofitos tienen hojas lobuladas, y rizomas. - El lóbulo inferior de las hojas es usualmente más grande que el superior; y les permite flotar, - Los lóbulos inferiores están en contacto con el agua.	
	Fisiología	Tipos	- **Reino:** Plantae - **División:** *Pteridophyta* - **Clase:** *Pteridopsida* - **Orden:** *Salviniales* - **Familia:** *Azollaceae* - **Género:** *Azolla* - **Especie:** *filiculoides*	
	Ecología	Hábitat y condiciones del medio	- Cuando las plantas se exponen a fuerte luz solar toman un color rojo. Lo mismo ocurre en invierno. - A la sombra permanecen verdes. - Forman relaciones simbióticas con la cianobacteria *Anabaena azollae*, que da a la planta la capacidad de fijar nitrógeno del aire.	
	Biogeografía	Distribución geográfica	En la provincia de Cotopaxi, se la encuentra en las acequias o canales de riego que bajan directamente de los afluentes, especialmente en el cantón Mulalo.	

Anexo 4.- Análisis de las algas de agua dulce y del helecho acuático con su respectivo análisis del agua.

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340

LSAIA/DNICEESC

INFORME DE ENSAYO No: 13-052

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Victoria López — **INSTITUCION:** Particular
DIRECCION: Latacunga — **ATENCION:** Srta. Victoria López
FECHA DE EMISION: 11 de marzo del 20|13 — **FECHA DE RECEPCION.:** 25 de febrero del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 05 al 11 de marzo del 2013 — **HORA DE RECEPCION:** 14h41
ANALISIS SOLICITADO MINERALES, NITRÓGENO

ANÁLISIS		Ca	P	Mg	K	Na	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
UNIDAD		mg/100ml	mg/100ml	mg/100ml	mg/100ml	mg/100ml	
13-0480		54,96	N.D.	12,03	23,02	133,07	Agua Algas
13-0481		3,95	N.D.	2,39	1,20	6,64	Agua Azola
ANÁLISIS	HUMEDAD	Ca^{++}	P^{+++}	Mg^{++}	K^{+}	Na^{+}	
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
13-0482	3,59	1,02	0,12	0,36	0,65	0,55	Helecho acuático (Azola-anabaena)
13-0483	2,49	2,53	0,71	0,73	0,58	0,50	Algas de agua dulce
ANÁLISIS		Cu	Fe	Mn	Zn		
MÉTODO		MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02		
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980		
UNIDAD		µg/100ml	µg/100ml	µg/100ml	µg/100ml		
13-0480		0,05	1	0,003	0,05		
13-0481		0,03	1	N.D.	0,07		
ANÁLISIS		Cu^{++}	Fe^{++}	Mn^{++}	Zn^{++}	NITRÓGENO$^{\Omega}$	
MÉTODO		MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-01.04	
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD		ppm	ppm	ppm	ppm	%	
13-0482		8	3088	13	25	2,30	
13-0483		8	543	167	43	4,01	

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente
N.D. No Detecta

RESPONSABLES DEL INFORME

Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

LABORATORIO LSAIA
D.N.I.A.F.
EST. EXP. SANTA CATALINA

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TECNICO

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

Anexo 5.- Análisis del compost elaborado por tratamiento

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tfls. 2690691-3007134, Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340

LSAIA/DNIC/EESC

INFORME DE ENSAYO No: 13-363

NOMBRE PETICIONARIO: Ing. Victoria López
DIRECCION: Latacunga
FECHA DE EMISION: 12 de diciembre del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 02 al 11 de diciembre del 2013

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Ing. Victoria López
FECHA DE RECEPCION.: 25 de noviembre del 2013
HORA DE RECEPCION: 15h20
ANALISIS SOLICITADO Cenizas, Nitrógeno, Minerales

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS$^{\Omega}$	NITRÓGENO$^{\Omega}$						IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.04						
METODO REF	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%	%						
13-2075	50,92	69,79	1,01						Compost Tratamiento 1
13-2076	44,93	74,16	0,87						Compost Tratamiento 2
13-2077	45,00	74,52	0,90						Compost Tratamiento 7
13-2078	44,70	75,27	0,87						Compost Tratamiento 8
13-2079	32,80	71,69	0,90						Compost Tratamiento 9
ANÁLISIS		Ca^{Ω}	P^{Ω}	Mg^{Ω}	K^{Ω}	Na^{Ω}			
MÉTODO		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03			
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980			
UNIDAD		%	%	%	%	%			
13-2075		1,04	0,28	0,30	1,57	0,23			
13-2076		1,05	0,30	0,27	1,32	0,22			
13-2077		0,91	0,28	0,27	1,24	0,21			
13-2078		0,83	0,28	0,25	1,33	0,21			
13-2079		0,77	0,22	0,22	1,25	0,18			
ANÁLISIS		Cu^{Ω}	Fe^{Ω}	Mn^{Ω}	Zn^{Ω}				
MÉTODO		MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02				
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980				
UNIDAD		ppm	ppm	ppm	ppm				
13-2075		28	11359	457	52				
13-2076		28	11118	448	56				
13-2077		26	11303	432	51				
13-2078		26	11341	448	51				
13-2079		24	10437	393	46				

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

RESPONSABLES DEL INFORME

Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

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

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electronico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Página 1 de 1

Anexo 6.- Análisis del compost elaborado por tratamiento

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1 Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134 Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340

LSAIA/DNC/EESC

INFORME DE ENSAYO No: 13-349

NOMBRE PETICIONARIO: Ing. Victoria López
DIRECCION: Latacunga
FECHA DE EMISION: 20 de noviembre del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 18 al 19 de noviembre del 2013

INSTITUCION: Particular
ATENCION: Ing. Nancy Panchi
FECHA DE RECEPCION.: 11 de noviembre del 2013
HORA DE RECEPCION: 10h30
ANALISIS SOLICITADO Cenizas, Nitrógeno, Minerales

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS[Ω]	NITRÓGENO[Ω]					IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.04					
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%	%					
13-1993	43,94	70,99	0,90					Compost tratamiento 3
13-1994	65,04	70,26	0,97					Compost tratamiento 4
13-1995	53,36	71,80	0,97					Compost tratamiento 5
13-1996	45,15	70,06	0,85					Compost tratamiento 6
13-1997	42,03	77,95	0,81					Compost tratamiento 10
ANÁLISIS		Ca^{Ω}	P^{Ω}	Mg^{Ω}	K^{Ω}	Na^{Ω}		
MÉTODO		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03		
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980		
UNIDAD		%	%	%	%	%		
13-1993		1,30	0,23	0,18	0,30	0,22		
13-1994		1,20	0,24	0,19	0,13	0,23		
13-1995		1,10	0,22	0,18	0,20	0,19		
13-1996		1,07	0,23	0,17	0,25	0,22		
13-1997		1,06	0,23	0,18	0,10	0,22		
ANÁLISIS		Cu^{Ω}	Fe^{Ω}	Mn^{Ω}	Zn^{Ω}			
MÉTODO		MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02			
METODO REF.		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980			
UNIDAD		ppm	ppm	ppm	ppm			
13-1993		22	5820	173	37			
13-1994		23	6874	211	44			
13-1995		22	4923	192	52			
13-1996		21	6794	188	39			
13-1997		24	6115	206	45			

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

RESPONSABLES DEL INFORME

Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

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

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 7. Valores de pH en la primera semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	6,00	6,00	6,50	18,50	6,17
T2	Algas (30%)	6,50	6,00	6,50	19,00	6,33
T3	Algas (10%)	6,00	6,50	6,00	18,50	6,17
T4	Azolla (50%)	6,50	6,00	6,00	18,50	6,17
T5	Azolla (30%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T6	Azolla (10%)	6,00	6,00	6,50	18,50	6,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	6,50	6,00	6,00	18,50	6,17
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	6,50	6,50	6,00	19,00	6,33
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	6,50	6,00	6,50	19,00	6,33
T10	Testigo absoluto	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50

Anexo 8. Valores de pH en la segunda semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	6,00	6,00	6,50	18,50	6,17
T2	Algas (30%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T3	Algas (10%)	6,00	6,50	6,00	18,50	6,17
T4	Azolla (50%)	6,50	6,00	6,00	18,50	6,17
T5	Azolla (30%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T6	Azolla (10%)	6,00	6,00	6,50	18,50	6,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	6,50	6,00	6,00	18,50	6,17
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	6,50	6,00	6,50	19,00	6,33
T10	Testigo absoluto	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50

Anexo 9. Valores de pH en la tercera semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T2	Algas (30%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T3	Algas (10%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T4	Azolla (50%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T5	Azolla (30%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T6	Azolla (10%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T10	Testigo absoluto	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50

Anexo 10. Valores de pH en la cuarta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	6,50	6,50	6,50	19,50	6,50
T2	Algas (30%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T3	Algas (10%)	7,50	7,00	7,00	21,50	7,17
T4	Azolla (50%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T5	Azolla (30%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T6	Azolla (10%)	7,00	7,00	7,50	21,50	7,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,50	7,00	7,50	22,00	7,33
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T10	Testigo absoluto	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50

Anexo 11. Valores de pH en la quinta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T2	Algas (30%)	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50
T3	Algas (10%)	7,50	7,00	7,00	21,50	7,17
T4	Azolla (50%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T5	Azolla (30%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T6	Azolla (10%)	7,00	7,00	7,50	21,50	7,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,50	7,00	7,50	22,00	7,33
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T10	Testigo absoluto	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50

Anexo 12. Valores de pH en la sexta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T2	Algas (30%)	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50
T3	Algas (10%)	7,50	7,00	7,00	21,50	7,17
T4	Azolla (50%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T5	Azolla (30%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T6	Azolla (10%)	7,00	7,00	7,50	21,50	7,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,50	7,00	7,50	22,00	7,33
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T10	Testigo absoluto	7,50	7,50	7,50	22,50	7,50

Anexo 13. Valores de pH en la séptima semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T2	Algas (30%)	7,00	7,50	7,50	22,00	7,33
T3	Algas (10%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T4	Azolla (50%)	7,50	7,00	7,00	21,50	7,17
T5	Azolla (30%)	7,00	7,50	7,00	21,50	7,17
T6	Azolla (10%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	7,50	7,00	7,00	21,50	7,17
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,00	7,50	7,00	21,50	7,17
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00
T10	Testigo absoluto	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00

Anexo 14. Valores de pH consolidados de las siete semanas del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	6,57	6,71	6,86	20,14	6,71
T2	Algas (30%)	7,00	7,07	7,14	21,21	7,07
T3	Algas (10%)	6,86	6,79	6,64	20,29	6,76
T4	Azolla (50%)	6,86	6,64	6,64	20,14	6,71
T5	Azolla (30%)	6,86	7,14	7,07	21,07	7,02
T6	Azolla (10%)	6,64	6,64	7,00	20,29	6,76
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	7,07	6,86	6,86	20,79	6,93
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,07	6,93	7,00	21,00	7,00
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	6,79	6,86	7,00	20,64	6,88
T10	Testigo absoluto	7,00	7,00	7,00	21,00	7,00

Anexo 15. Valores de Temperatura (ºC) en la primera semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	14,30	12,20	10,60	37,10	12,37
T2	Algas (30%)	13,00	14,30	14,20	41,50	13,83
T3	Algas (10%)	13,00	13,30	10,80	37,10	12,37
T4	Azolla (50%)	13,40	12,40	12,00	37,80	12,60
T5	Azolla (30%)	11,80	11,50	11,20	34,50	11,50
T6	Azolla (10%)	12,50	12,80	11,40	36,70	12,23
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	12,40	12,00	12,00	36,40	12,13
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	11,40	12,10	12,00	35,50	11,83
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	12,90	12,70	11,90	37,50	12,50
T10	Testigo absoluto	14,90	14,70	12,90	42,50	14,17

Anexo 16. Valores de Temperatura (ºC) en la segunda semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	41,20	43,00	44,20	128,40	42,80
T2	Algas (30%)	44,50	45,00	47,10	136,60	45,53
T3	Algas (10%)	45,00	44,30	42,10	131,40	43,80
T4	Azolla (50%)	48,80	49,70	45,50	144,00	48,00
T5	Azolla (30%)	42,20	43,20	44,10	129,50	43,17
T6	Azolla (10%)	41,00	43,50	46,10	130,60	43,53
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	44,30	46,70	48,90	139,90	46,63
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	43,00	44,00	42,40	129,40	43,13
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	39,80	38,60	41,90	120,30	40,10
T10	Testigo absoluto	45,00	44,90	46,80	136,70	45,57

Anexo 17. Valores de Temperatura (ºC) en la tercera semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	52,00	54,30	55,40	161,70	53,90
T2	Algas (30%)	62,30	63,50	60,10	185,90	61,97
T3	Algas (10%)	63,00	61,50	63,20	187,70	62,57
T4	Azolla (50%)	68,00	69,40	67,50	204,90	68,30
T5	Azolla (30%)	65,00	66,70	69,70	201,40	67,13
T6	Azolla (10%)	55,40	56,00	57,30	168,70	56,23
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	66,90	65,50	62,10	194,50	64,83
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	65,10	64,00	63,20	192,30	64,10
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	59,00	56,30	58,60	173,90	57,97
T10	Testigo absoluto	59,30	54,50	57,30	171,10	57,03

Anexo 18. Valores de Temperatura (ºC) en la cuarta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	41,00	43,40	44,20	128,60	42,87
T2	Algas (30%)	45,60	48,70	45,90	140,20	46,73
T3	Algas (10%)	55,10	51,50	49,60	156,20	52,07
T4	Azolla (50%)	51,80	48,70	49,90	150,40	50,13
T5	Azolla (30%)	42,10	41,90	46,80	130,80	43,60
T6	Azolla (10%)	39,80	37,50	37,90	115,20	38,40
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	39,80	43,50	45,30	128,60	42,87
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	49,30	47,50	49,50	146,30	48,77
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	35,50	34,10	37,40	107,00	35,67
T10	Testigo absoluto	31,20	33,40	35,80	100,40	33,47

Anexo 19. Valores de Temperatura (ºC) en la quinta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	21,30	23,40	35,10	79,80	26,60
T2	Algas (30%)	25,30	27,30	24,10	76,70	25,57
T3	Algas (10%)	26,40	25,90	25,50	77,80	25,93
T4	Azolla (50%)	27,30	29,30	25,40	82,00	27,33
T5	Azolla (30%)	29,30	27,30	26,50	83,10	27,70
T6	Azolla (10%)	20,10	19,50	17,40	57,00	19,00
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	22,20	21,50	25,20	68,90	22,97
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	29,30	28,50	29,50	87,30	29,10
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	25,10	25,30	28,10	78,50	26,17
T10	Testigo absoluto	19,80	18,90	18,50	57,20	19,07

Anexo 20. Valores de Temperatura (ºC) en la sexta semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	11,30	11,80	11,00	34,10	11,37
T2	Algas (30%)	11,40	10,40	11,50	33,30	11,10
T3	Algas (10%)	12,40	12,10	12,50	37,00	12,33
T4	Azolla (50%)	12,50	12,90	11,90	37,30	12,43
T5	Azolla (30%)	12,80	12,80	13,00	38,60	12,87
T6	Azolla (10%)	11,90	12,10	12,50	36,50	12,17
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	12,40	13,00	12,90	38,30	12,77
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	13,10	13,20	12,10	38,40	12,80
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	11,90	12,50	13,10	37,50	12,50
T10	Testigo absoluto	12,40	12,60	12,80	37,80	12,60

Anexo 21. Valores de Temperatura (ºC) en la séptima semana del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	11,00	11,40	11,00	33,40	11,13
T2	Algas (30%)	11,10	10,20	11,00	32,30	10,77
T3	Algas (10%)	12,40	12,00	11,90	36,30	12,10
T4	Azolla (50%)	12,30	12,50	11,70	36,50	12,17
T5	Azolla (30%)	12,20	12,00	12,50	36,70	12,23
T6	Azolla (10%)	11,50	11,70	12,00	35,20	11,73
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	12,00	12,50	12,20	36,70	12,23
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	12,90	12,70	11,90	37,50	12,50
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	11,20	11,80	12,40	35,40	11,80
T10	Testigo absoluto	12,00	12,10	11,90	36,00	12,00

Anexo 22. Valores de Temperatura (ºC) consolidados de las siete semanas del proceso de elaboración del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	27,44	28,50	30,21	86,16	28,72
T2	Algas (30%)	30,46	31,34	30,56	92,36	30,79
T3	Algas (10%)	32,47	31,51	30,80	94,79	31,60
T4	Azolla (50%)	33,44	33,56	31,99	98,99	33,00
T5	Azolla (30%)	30,77	30,77	31,97	93,51	31,17
T6	Azolla (10%)	27,46	27,59	27,80	82,84	27,61
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	30,00	30,67	31,23	91,90	30,63
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	32,01	31,71	31,51	95,24	31,75
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	27,91	27,33	29,06	84,30	28,10
T10	Testigo absoluto	27,80	27,30	28,00	83,10	27,70

Anexo 23. Días a la cosecha del compost

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	110	115	115	340	113
T2	Algas (30%)	115	110	110	335	112
T3	Algas (10%)	65	60	65	190	63
T4	Azolla (50%)	65	65	65	195	65
T5	Azolla (30%)	60	60	65	185	62
T6	Azolla (10%)	65	60	60	185	62
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	115	110	115	340	113
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	110	110	115	335	112
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	110	115	115	340	113
T10	Testigo absoluto	65	65	65	195	65

Anexo 24. Peso en Kilogramos (kg) del compost cosechado

Trat.	Descripción	R1	R2	R3	Total	Promedio
T1	Algas (50%)	5,71	5,67	5,52	16,90	5,63
T2	Algas (30%)	6,43	6,48	6,19	19,10	6,37
T3	Algas (10%)	6,81	6,62	6,57	20,00	6,67
T4	Azolla (50%)	6,95	7,10	6,62	20,67	6,89
T5	Azolla (30%)	8,05	7,95	8,05	24,05	8,02
T6	Azolla (10%)	7,57	7,62	7,86	23,05	7,68
T7	Algas (50%) + Azolla (50%)	6,90	7,14	7,00	21,05	7,02
T8	Algas (30%) + Azolla (30%)	7,95	7,76	7,62	23,33	7,78
T9	Algas (10%) + Azolla (10%)	7,62	7,52	7,86	23,00	7,67
T10	Testigo absoluto	7,52	7,57	7,71	22,81	7,60

Anexo 25. Costos de producción del proceso de elaboración de 300 kg de compost

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
A. MATERIALES E INSUMOS				
Tierra negra	kg	59	0,3	17,7
Estiércol de ganado	kg	59	0,3	17,7
Cascarilla de arroz	kg	18	0,2	3,6
Algas de agua dulce	kg	40,5	0,1	4,05
Helecho acuático	kg	40,5	0,1	4,05
Levadura	lb	1	0,7	0,7
Carbonato de calcio	lb	0,5	0,1	0,05
Melaza	lt	4	0,3	1,2
Microorganismos	cc	30	0,1	3
			Total A	**52,05**
B. OPERATIVA				
Elaboración	Hora	4	1	4
Volteo quincenal	Hora	2	1	2
Riego	Hora	0,5	1	0,5
Cosecha	Hora	3	1	3
Ensacado	Hora	0,5	1	0,5
			Total B	**10**
			Total A + B	**62,05**

Anexo 26. Costos de producción por tratamiento del proceso de elaboración de 10 kg de compost

Tratamiento 1				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	5,00	0,44	2,20
Algas de agua dulce (50%)	Kg	5,00	0,01	0,05
			Total A	**2,25**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**3,25**

Tratamiento 2				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	7,00	0,44	3,08
Algas de agua dulce (30%)	Kg	3,00	0,01	0,03
			Total A	**3,11**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,11**

Tratamiento 3				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	9,00	0,44	3,96
Algas de agua dulce (10%)	Kg	1,00	0,01	0,01
			Total A	**3,97**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,97**

Tratamiento 4				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	5,00	0,44	2,20
Helecho acuático (50%)	Kg	5,00	0,01	0,05
			Total A	**2,25**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**3,25**

Tratamiento 5				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	7,00	0,44	3,08
Helecho acuático (30%)	Kg	3,00	0,01	0,03
			Total A	**3,11**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,11**

Tratamiento 6				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	9,00	0,44	3,96
Helecho acuático (10%)	Kg	1,00	0,01	0,01
			Total A	**3,97**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,97**

Tratamiento 7				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	5,00	0,44	2,20
Algas de agua dulce (25%)	Kg	2,50	0,01	0,03
Helecho acuático (25%)	Kg	2,50	0,01	0,03
			Total A	**2,25**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**3,25**

Tratamiento 8				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	7,00	0,44	3,08
Algas de agua dulce (15%)	Kg	1,50	0,01	0,02
Helecho acuático (15%)	Kg	1,50	0,01	0,02
			Total A	**3,11**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,11**

Tratamiento 9				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	9,00	0,44	3,96
Algas de agua dulce (5%)	Kg	0,50	0,01	0,01
Helecho acuático (5%)	Kg	0,50	0,01	0,01
			Total A	**3,97**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**4,97**

Tratamiento 10				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
A. MATERIALES E INSUMOS				
Compost base	Kg	10,00	0,44	4,40
			Total A	**4,40**
B. OPERATIVA				
mano de obra	Hora	1,00	1,00	1,00
			Total B	**1,00**
			Total A + B	**5,40**

Anexo 27. Fotografías del ensayo