ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA Y SU APLICACIÓN EN CULTIVO DE PAPA A ESCALA DE LABORATORIO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

GEOVANNA CAROLINA TOLAGASI SAAVEDRA

carolina_tosa@yahoo.com

DIRECTOR: PROF. MSc. ING.ISAÍAS MARCELO MUÑOZ RODRIGUEZ

marcelo.munoz@epn.edu.ec

Quito, Abril 2013

© Escuela Politécnica Nacional (2012)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Geovanna Carolina Tolagasí Saavedra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

Geovanna Carolina Tolagasí Saavedra

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Carolina Tolagasí, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Marcelo Muñoz
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por estar a mi lado y con sus bendiciones ayudarme a culminar otra etapa más en mi vida.

Agradezco a mi familia por creer ciegamente en mí y brindarme su apoyo incondicional y sincero. Leslita gracias por tu apoyo siempre fiel.

More y Julio han sido un apoyo fundamental en todo esto.

Agradezco a mis profesores ya que sus conocimientos, calidad humana y enseñanzas han marcado mi vida profesional, en especial Ing. Neyda Espín.

Agradezco a la “Escuela Politécnica Nacional” por los conocimientos que imparte, por la calidad de maestros, enseñanza que será en mí provechosa para mi desempeño como futura profesional.

DEDICATORIA

A mi padre quien creyó en mí, me apoyó y enseñó cada cosa de mi vida desde muy pequeña.

INDICE DE CONTENIDOS

1.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PALMA AFRICANA 1
1.1.1 Recepción del fruto.....1
1.1.2 Esterilización 2
1.1.3 Desfrutamiento 3
1.1.4 Digestión.....3
1.1.5 Prensado 3
1.1.6 Desfibrado 3
1.1.7 Clarificación 4
1.1.8 Subproductos derivados del aceite de palma.....4
1.2 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS ORGÁNICOS.....6
1.2.1 Sistema de conversión bioquímica 6
1.2.2 Sistemas de conversión térmica.....7
1.3 COMPOSTAJE.....8
1.3.1 Compostaje por digestión aerobia 9
1.3.2 Compostaje por digestión anaerobia 13
1.4 MICROORGANISMOS EFICIENTES 16
1.4.1 Acción microbiana en el proceso de mineralización de residuos orgánicos16
1.4.2 Tipos de microorganismos 17
1.4.3 Microorganismos empleados en la descomposición de residuos de la industria aceitera.....18
1.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS.....20
1.6 ASPECTOS GENERALES DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE.....21
1.6.1 Tamaño de la partícula 21
1.6.2 Control de la temperatura 21
1.6.3 Control de humedad 22
1.6.4 Control de aireación y riego en función de la temperatura.....22
1.6.5 Control de patógenos.....23
1.6.6 Control de pH 24
1.6.7 Tamizado y rendimiento.....24
1.6.8 Parámetros finales del compost.....24

1.7 CULTIVO DE PAPA Y SUS NECESIDADES NUTRICIONALES 25
1.7.1 Botánica del cultivo 25
1.7.2 Características agroecológicas del cultivo 26
1.7.3 Etapas del cultivo 28
1.7.4 Necesidades nutricionales del cultivo 29
2 MATERIALES Y MÉTODOS 31
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL 31
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES A UTILIZAR 31
2.2.1 Componentes del compost 31
2.2.2 Componentes del cultivo de papa 32
2.3 ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO 34
2.3.1 Preparación de composteras 34
2.3.2 Activación de los microorganismos 35
2.3.3 Seguimiento del compostaje 35
2.4 CARACTERIZACIÓN DEL ABONO OBTENIDO 37
2.4.1 Análisis bromatológico del compost obtenido 37
2.4.2 Análisis físico – químico 38
2.4.3 Análisis microbiológico 39
2.5 INCORPORACIÓN DEL ABONO AL CULTIVO DE PAPA EN FUNDA 39
2.5.1 Análisis del suelo 39
2.5.2 Plan de fertilización de acuerdo al análisis de suelo 40
2.5.3 Preparación del cultivo en fundas 42
2.5.4 Preparación de la Semilla 43
2.6 EFECTO DEL ABONO OBTENIDO EN EL CULTIVO DE PAPA A ESCALA DE LABORATORIO 43
2.6.1 Diseño experimental 43
2.6.2 Análisis Técnico-Económico 45
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 49
3.1 EFECTO DE DOS MICROORGANISMOS EN LA ELABORACION DE COMPOST 49
3.1.1 Análisis de la humedad 49

3.1.2 Análisis de la temperatura 49
3.1.3 Análisis del pH 50
3.1.4 Análisis bromatológico 51
3.2 ANÁLISIS FÍSICO, BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST FINAL OBTENIDO 54
3.2.1 Análisis físico del compost final 54
3.2.2 Análisis bromatológico del compost final 54
3.2.3 Análisis microbiológico del compost final 56
3.3 ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL COMPOST EN EL CULTIVO DE PAPA EN FUNDAS 58
3.3.1 Análisis del suelo 58
3.3.2 Temperatura y humedad en el cultivo 59
3.3.3 Longitud del tubérculo 61
3.3.4 Diámetro del tubérculo 63
3.3.5 Aspecto 64
3.3.6 Rendimiento 65
3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA 67
3.4.1 Costos directos 67
3.4.2 Costos indirectos 71
3.4.3 Punto de equilibrio 72
4 CONCLUSIONES 75
RECOMENDACIONES 76
BIBLIOGRAFÍA 77
ANEXOS 82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación general de microorganismos según necesidades nutricionales como fuentes de energía y carbono 18
Tabla 2. Principales ventajas y desventajas del uso de abonos orgánicos en el suelo... 20
Tabla 3. Requisitos de la EPA para el control de patógenos en el proceso de compostaje
Tabla 4. Medidas para corregir el pH en el suelo 24
Tabla 5. Parámetros de control de los residuos orgánicos durante la fase inicial y final del proceso de compostaje 25
Tabla 6. Características del cultivo de papa variedad “yema de huevo” en el Ecuador 27
Tabla 7. Macronutrientes, valores referenciales y formas de asimilación de las plantas en el cultivo de papa. 30
Tabla 8. Insumos para la elaboración del compost 32
Tabla 9. Equipos para la elaboración del compost 32
Tabla 10. Insumos adquiridos para la aplicación del compost en el cultivo de papa 33
Tabla 11. Equipos para la aplicación del compost en el cultivo de papa 33
Tabla 12. Materiales utilizados para la elaboración de las instalaciones (invernadero).. 34
Tabla 13. Interpretación del análisis químico de suelos y recomendaciones generales de fertilización 40
Tabla 14. Recomendación general de fertilización 41
Tabla 15. Fraccionamiento de aplicación de macronutrientes 42
Tabla 16. Resultado de los análisis bromatológicos realizados al compost en la semana 20 52
Tabla 17. Resultado de los análisis bromatológicos realizados al compost en la semana 25 53
Tabla 18. Comparación de las características físicas del compost 54
Tabla 19. Resultados del análisis bromatológico realizado al compost final obtenido en la semana 25 55
Tabla 20. Valores óptimos de nutrientes para un compost según Bioagro y valores del análisis bromatológico del compost final obtenido 55
Tabla 21. Análisis microbiológico del compost analizado en función al indicador bacteriológico de contaminación según la EPA. 57
Tabla 22. Análisis del suelo para el cultivo de papa variedad *“yema de huevo”* 58

Tabla 23. Tendencia de la humedad relativa del cultivo en función del tiempo 61
Tabla 24. Longitud promedio de la papa por tratamiento 61
Tabla 25. Análisis de varianza para la variable longitud del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"* 62
Tabla 26. Promedios de diámetro del tubérculo por tratamiento de papa 63
Tabla 27. Análisis de varianza para la variable diámetro del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"* 64
Tabla 28. Relación de aspecto de la papa cosechada "yema de huevo" 64
Tabla 29. Promedio unidades por funda por tratamiento 65
Tabla 30. Análisis de varianza para número de tubérculos por tratamiento 66
Tabla 31. Producción total por tratamiento. 66
Tabla 32. Promedios de la variable peso promedio por tratamiento 67
Tabla 33. Análisis de varianza para la producción del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"* 67
Tabla 34. Costos directos del compost 68
Tabla 35. Costos directos de cultivo de papa 68
Tabla 36. Costos directos de producción de papa por tratamiento 70
Tabla 37. Costos indirectos proyecto 71
Tabla 38. Costos directos del compost. 97
Tabla 39. Costos directos del compost. 98
Tabla 40. Costos fijos del proyecto. 99
Tabla 41. Datos de temperatura y humedad en el compost 100
Tabla 42. Datos promedio de unidades por funda en cada tratamiento. 101
Tabla 43. Datos promedio de unidades por funda en cada tratamiento. 102
Tabla 44. Costos directos para análisis punto de equilibrio. 107
Tabla 45. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en To. 108
Tabla 46. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T1. 109
Tabla 47. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T2 y T3. 110
Tabla 48. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T4. 111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de extracción del aceite de palma y subproductos 1
Figura 2. Balance de masa de los subproductos generados a partir de la extracción del aceite de palma. 5
Figura 3. Esquema de los elementos que intervienen en la formación de compost..... 9
Figura 4. Beneficios del compostaje 10
Figura 5. Proceso de compostaje..... 11
Figura 6. Fases del compostaje por digestión anaerobia..... 15
Figura 7. Metabolismo de acción de los microorganismos eficientes sobre los residuos orgánicos..... 16
Figura 8. Representación de longitud y diámetro en una papa 45
Figura 9. Tendencia de la temperatura de los residuos en función del tiempo 49
Figura 10. Tendencia del pH de los residuos en función del tiempo..... 50
Figura 11. Tendencia de la temperatura del cultivo en función del tiempo 60
Figura 12. Punto de equilibrio para tratamiento TO..... 72
Figura 13. Punto de equilibrio para tratamiento T1..... 72
Figura 14. Punto de equilibrio para tratamiento T2 y T3 73
Figura 15. Punto de equilibrio para tratamiento T4..... 73
Figura 16. Esquema del invernadero 85
Figura 17. Detalle de la estructura..... 86
Figura 18. Análisis físico-químico de los residuos a compostarse. 87
Figura 19. Análisis bromatológico inicial del compost I (Trichoeb)..... 88
Figura 20. Análisis bromatológico inicial del compost 2 (Nemateb). 89
Figura 21. Análisis bromatológico final del compost 1 (Trichoeb)..... 90
Figura 22. Análisis bromatológico final del compost 2 (Nemateb)..... 91
Figura 23. Análisis bromatológico final del compost obtenido (Compost 1+ Compost 2). 92
Figura 24. Análisis de cenizas y sólidos volátiles. 93
Figura 25. Análisis microbiológico del compost final obtenido..... 94
Figura 26. Análisis de suelos 95
Figura 27. Distribución de las repeticiones en cada tratamiento. 96

Figura 28. Microorganismo utilizados..... 105
Figura 29. Incorporación de los microorganismo utilizados 105
Figura 30. Preparación de las composteras y mezcla de los microorganismos utilizados 105
Figura 31. Disposición de las fundas en el diseño experimental..... 106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Esquema invernadero 85
Anexo II. Detalle de la estructura 86
Anexo III. Análisis físico – químico de los residuos a compostarse 87
Anexo IV. Analisis bromatologico inicial del compost 1 (microorganismo utilizado trichoeb) 88
Anexo V. Analisis bromatologico inicial del compost 2 (microorganismo utilizado nemateb) 89
Anexo VI. Analisis bromatologico final del compost 1 (microorganismo utilizado trichoeb) 90
Anexo VII. Analisis bromatologico final del compost 2 (microorganismo utilizado nemateb) 91
Anexo VIII. Analisis bromatologico final del compost obtenido (compost 1 + compost 2) 92
Anexo IX. Analisis de cenizas y solidos volatiles escanear 93
Anexo X. Análisis microbiológico del compost final obtenido 94
Anexo XI. Análisis del suelo previo a la siembra del cultivo de papa variedad “yema de huevo” 95
Anexo XII. Distribución de las repeticiones dentro de los tratamientos 96
Anexo XIII. Costos directos del compost 97
Anexo XIV. Costos directos del compost 98
Anexo XV. Costos fijos del proyecto 99
Anexo XVI. Datos de temperatura y humedad en el compost 100
Anexo XVII. Promedio unidades por funda/tratamiento 101
Anexo XVIII. Datos de la temperatura en el cultivo de papa 102
Anexo XIX. ELaboración de compost incorporando microorganismos (trichoeb y nemateb) 105
Anexo XX. Disposición de los tratamientos en el área experimental 106
Anexo XXI. Costos directos para análisis de punto de equilibrio 107
Anexo XXII. Costos indirectos para análisis de punto de equilibrio tratamiento to 108
Anexo XXIII. Costos indirectos para análisis de punto de equilibrio tratamiento t1 109

Anexo XXIV. Costos indirectos para análisis de punto de equilibrio tratamiento t2 y t3 110
Anexo XXV. Costos indirectos para análisis de punto de equilibrio tratamiento t4 111

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ácidos grasos: Un **ácido graso** es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Wikipedia, “Acidos Grasos” http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos_grasos (Abril, 2010).

Ácidos Grasos Saturados: Tienen cadena más corta que los demás ácidos grasos, pero también las más largas, ya que puede formarse solo con cuatro carbonos, pero algunas ceras pueden llegar a tener 35. “Acidos Grasos Saturados” http://www.botanical-online.com/acidos_grasos_saturados.htm. (Mayo 2010).

Actinomicetos: Género muy heterogéneo de eubacterias gram-positivas, con tendencia a desarrollar formas filamentosas. Incluyen miembros de la microbiota de la tierra (estreptomicetos, actinoplanáceas y otros), junto con otros patógenos humanos y animales (especies Actinomyces, Mycobacterium, Nocardia y Dermatophilus). Actualmente este género consta de una sola especie: *C. granulomatis*. “Portal del Médico Cubano”. http://www.medicoscubanos.com/diccionario_medico.aspx?q=Actinomicetos. (Septiembre 2010).

Auxinas: Hormona vegetal que potencia el crecimiento de las plantas. “Diccionario de la Lengua Española” http://www.wordreference.com/definicion/auxina. (Mayo 2010).

Capacidad de Campo: es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando perdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas despues de la lluvia o riego). “Wikipedia”. http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_de_campo. (Mayo 2010).

Citoquinas: Conjunto de proteínas que regulan interacciones de las células del sistema inmune. Su función inmunorreguladora es clave en la respuesta inmune, en la inflamación y en la hematopoyesis de distintos tipos celulares. “Medicina Molecular” http://www.medmol.es/glosario/61/. (Junio 2010).

Conidias: Espora asexual inmóvil formada directamente a partir de una hifa o célula conidiógena o esporógena. Aparecen en Ascomycotina, Deuteromycotina y algunos Basidiomycotina. Se utiliza también para las esporas de las bacterias del género Streptomyces. “Wikipedia”. http://es.wikipedia.org/wiki/Conidio. (Mayo 2010).

Enzima: Molécula formada principalmente por proteína que producen las células vivas y que actúa como catalizador y regulador en los procesos químicos del organismo. “Diccionario de la Lengua Española”. http://www.wordreference.com/definicion/enzima. (Junio 2010).

Esterilización: Proceso generalmente calórico, que tiene como objetivo destruir los gérmenes patógenos que hay o puede haber en cualquier lugar u objeto. “Diccionario de la Lengua Española”. http://www.wordreference.com/definicion/esterilizaci%C3%B3n. (Junio 2010).

Hidrólisis: Descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en otras más sencillas por acción del agua. “Diccionario de la Lengua Española”. http://www.wordreference.com/definicion/hidrolisis. (Junio 2010).

Índice de yodo: Es una escala utilizada para definir el grado de insaturación de un compuesto orgánico que contiene enlaces diénicos o triénicos. “Wikipedia”. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_yodo. (Junio 2010).

Lipasa: proteína (enzima) secretada por el páncreas dentro del intestino delgado. Ayuda a que el cuerpo absorba la grasa descomponiéndola en ácidos grasos. “Medline Plus”. http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003465.htm. (Junio 2010).

Mesocarpio: Capa media de las tres que forman el pericarpio de los frutos, que es carnosa y envuelve la semilla. “Diccionario de la Lengua Española”. http://www.wordreference.com/definicion/mesocarpio. (Junio 2010).

Permeabilidad del Suelo: Es una propiedad asociada al transporte de líquidos en el suelo; se refiere a la movilidad que presentan los líquidos en el suelo. “Permeabilidad del suelo”. ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm. (Julio 2010).

Quinina: Alcaloide que se extrae de la quina o corteza del quino, amargo y de color blanco, y que se usa en el tratamiento de enfermedades infecciosas. Diccionario de la Lengua Española”. http://www.wordreference.com/definicion/quinina. (Julio 2010).

Tasa de extracción de aceite: es la relación másica del aceite de palma extraído y la fruta procesada, en un determinado período de tiempo. “Procesos Industriales Aceiteros”. Urrueta J. “Procesos Industriales”. http://www.comexpalma.org/comexpalma2010/imgs/2_congreso/02_PrUrueta.pdf. (Julio 2010).

RESUMEN

Este proyecto de titulación enfoca el estudio de un compost conformado por los desechos de palma africana *(elaeis guineensis)* y su aplicación en el cultivo de papa.

Para la elaboración del compost se utilizaron dos composteras en las que se mezclaron los desechos de la producción de aceite de palma africana: raquis, ceniza y fibra en porcentajes de 57%, 29% y 14% respectivamente y un agente de degradación en cada compostera: Trichoeb y Nemateb.

Durante el proceso de maduración se controlaron los parámetros variables de aireación mediante volteos frecuentes y humedad mediante el control de la prueba empírica del puño.

Con el fin de controlar los parámetros de respuesta: temperatura, pH, análisis bromatológico completo (pH, relación carbono/nitrógeno [C/N], conductividad eléctrica [C.E.], nitrógeno total [N total], fósforo [P], potasio [K], calcio [Ca], manganeso [Mn], materia orgánica [M.O.], humedad [H], boro [B], zinc [Zn], cobre [Cu], hierro [Fe] y manganeso [Mg]), se utilizaron los instrumentos adecuados como son termómetro, cintas de pH y equipos de laboratorio.

Transcurrido dos meses, tiempo estimado para la degradación de los desechos se adicionó gallinaza a ambos compost, la misma que es un agente rico en nitrógeno para alcanzar parámetros ideales de un compost maduro.

Obtenido el compost ideal, se planteó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y cinco repeticiones para incorporarlo en el cultivo de papa en fundas. Los tratamientos tuvieron las siguientes proporciones T0: testigo (sin materia orgánica), T1:200 g de materia orgánica, T2: 300 g de materia orgánica, T3: 400 g de materia orgánica y T4: 500 g de materia orgánica más fertilización química en cada uno de ellos.

El requerimiento de fertilización química se lo pudo conocer mediante la realización de un análisis del suelo y en base a este resultado se incorporaron los

nutrientes necesarios para un adecuado desarrollo de la planta de papa en fundas.

El cultivo se realizó en un invernadero para poder monitorizar los parámetros de humedad relativa y temperatura mediante un termohigrómetro. El riego se realizó mediante regaderas controlando que se sature la capacidad de campo por medio de la prueba empírica del puño. Esto permitió conocer la incidencia de estos parámetros en la producción.

Al término del cultivo de papa se evaluaron los parámetros de respuesta: longitud, diámetro y rendimiento para identificar el tratamiento más eficiente en cuanto a producción.

Finalmente, se realizó el análisis económico del cultivo determinando el punto de equilibrio para cada uno de los tratamientos y se dimensionaron los galpones necesarios para alcanzar este objetivo.

En base a los resultados del ensayo se determinó que los microorganismos Trichoeb y Nemateb resultaron igualmente eficientes para la degradación de desechos de la extracción de aceite de palma africana.

Con respecto a la elaboración del compost y su aplicación en cultivo de papa en macetas, T4 resultó ser el tratamiento más óptimo ya que se obtuvo una mayor producción.

INTRODUCCIÓN

Las extractoras de aceite de palma africana generan gran cantidad de desechos.

En el Ecuador según FEDEPALMA, 2002 un ejemplo claro de ello constituye la extracción de aceite de palma africana. Al cuantificar la proporción aprovechable se determinó que del racimo de fruta fresca que ingresa a la planta extractora solo el 35% es aprovechado como aceite crudo, el 10% se evapora y el 55% restante se considera desecho. Este desecho está constituido por raquis, fibra y ceniza.

En este contexto, cobra especial importancia la recuperación de la materia orgánica de los desechos de los procesos de la extracción de aceite de palma africana para su transformación en abono o compost que puede ser empleado en diferentes cultivos.

Estos residuos de palma africana tienen un alto contenido de celulosa y lignina por lo que se deben utilizar microorganismos especializados como hongos, levaduras y actinomicetos para degradar estas moléculas más complejas. (ANCUPA, 2006).

Los abonos orgánicos o compost son utilizados para mejorar y fertilizar los suelos agrícolas, la calidad de estas enmiendas orgánicas se determina a través de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Lasaridi *et al*., 2006).

Según Leblanc *et al*., 2007 la calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo.

El objetivo de este proyecto fue determinar un microorganismo eficiente para la degradación de los desechos de la extracción del aceite de palma africana mediante la obtención de un abono orgánico y su aplicación en el cultivo de papa en macetas.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PALMA AFRICANA

En la Figura 1 se presenta un diagrama de flujo del proceso de extracción del aceite de palma y subproductos.

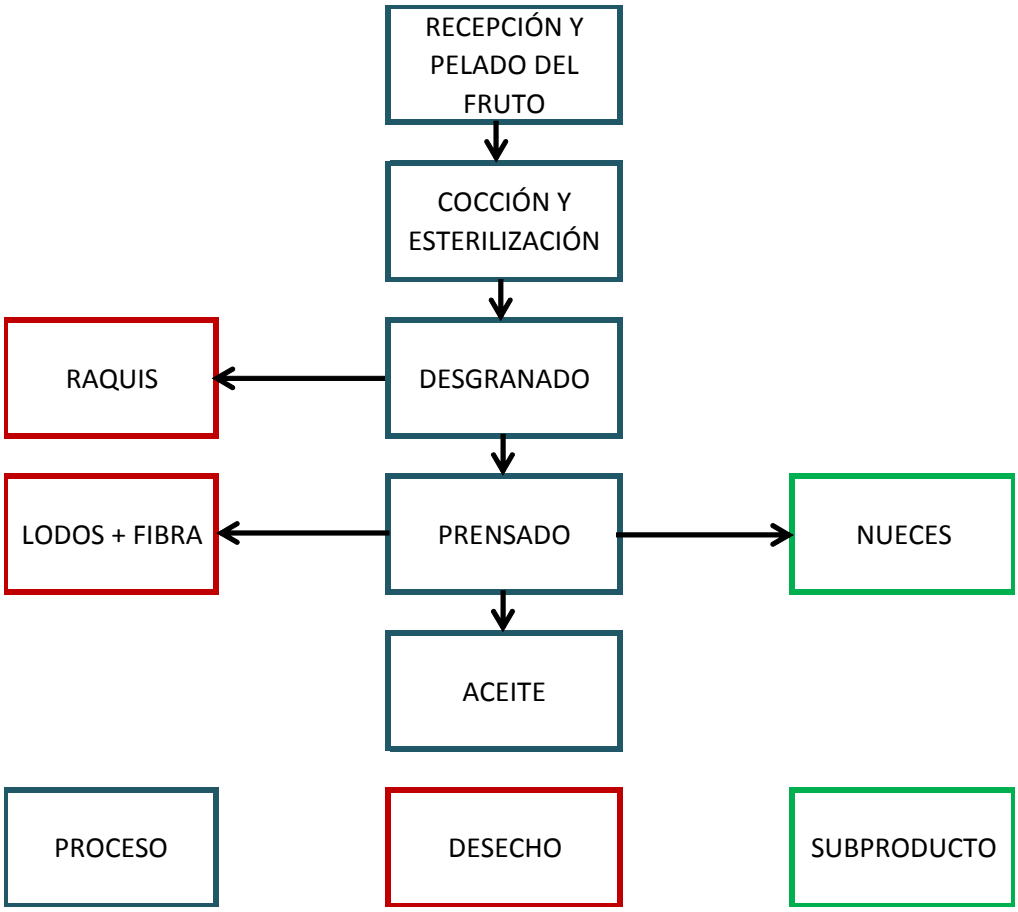


Figura 1. Proceso de extracción del aceite de palma y subproductos

1.1.1 RECEPCIÓN DEL FRUTO

Esta etapa inicia con el pesaje del camión que lleva la fruta. Luego la fruta es llevada a tolvas de recepción para control y evaluación de la calidad en función del tamaño, cantidad de pulpa: dura (poco mesocarpio) o tenera (alta cantidad de

mesocarpio), madurez, impurezas, tamaño del tallo entre otras (FEDELPALMA, 2002).

1.1.2 ESTERILIZACIÓN

La esterilización es fundamental para las etapas posteriores del proceso.

Los objetivos de la esterilización son:

- Inactivar la enzima lipasa, responsable de la hidrólisis del aceite en ácidos grasos y glicerol (desacelera la acidificación de la fruta).
- Secar el punto de unión de la fruta y el raquis para facilitar la separación en el desfrutado.
- Ablandar el mesocarpio para permitir el rompimiento de las celdas que contienen el aceite, durante la digestión y el prensado.
- Reducir el tamaño de la almendra dentro de la nuez, lo que facilita su desprendimiento de la cáscara en el momento del rompimiento.
- Coagular las proteínas y el material mucilaginoso para evitar la formación de emulsiones que impiden el clarificado del aceite.

En este proceso los racimos son sometidos a un calentamiento con vapor de agua a una temperatura mínima de 130 ℃, entre 241- 276 Pa de presión durante un tiempo de 80 min en el autoclave.

Este proceso se lo realiza con el fin de detener la actividad de la enzima lipasa, que aumenta la producción de ácidos grasos libres y disminuye la calidad del aceite.

La presión y temperatura facilitan tanto el desprendimiento de las almendras en el interior de las nueces como su posterior separación (FEDELPALMA, 2002).

En gran medida la tasa de extracción de aceite depende de esta etapa.

1.1.3 DESFRUTAMIENTO

Es la etapa en la que la fruta, después de cocida, es desprendida del raquis mecánicamente mediante un desgranador rotativo, para permitir su procesamiento posterior

1.1.4 DIGESTIÓN

Los digestores son cilindros compuestos por un eje vertical rotativo con brazos agitadores cuya función es que la fruta sea maxilada o macerada y calentada, separándola del mesocarpio y rompiendo las celdas que contienen el aceite, preparándola para el siguiente paso que es el prensado (ANCUPA, 2006).

1.1.5 PRENSADO

El objetivo de esta etapa es romper mecánicamente, a través del calor y la presión, las celdas del mesocarpio que contienen el aceite. La presión aplicada debe ser tal que se extraiga la mayor cantidad de aceite y se minimice la rotura de nueces y almendras. La temperatura en la prensa oscila entre los 45 y 48 ºC y una presión de 2068 Pa (FEDELPALMA, 2002).

El aceite extraído pasa por un tamiz vibratorio, luego se bombea directamente al calentador para aumentar la temperatura del aceite hasta 95 ℃. Después es enviado a los tanques de clarificación continua, donde el aceite limpio asciende a la superficie de los clarificadores y de allí al depósito de aceite clarificado. Finalmente, pasa al secador, donde se reduce la humedad hasta menos de 0,1% para mantener su calidad (ANCUPA, 2006). El aceite puro y seco se bombea a los tanques de almacenamiento para su posterior despacho a las refinadoras.

1.1.6 DESFIBRADO

Esta etapa está diseñada para lograr una separación efectiva entre las nueces y

las fibras, para ello se utiliza un equipo desfibrador.

El equipo logra esto por medio de sus paletas que a gran velocidad sacuden y desparraman la torta de fibras y nueces procedentes de las prensas, separando y preparando la fibra para su utilización posterior como combustible y las nueces para ser procesadas (ANCUPA, 2006).

1.1.7 CLARIFICACIÓN

El aceite crudo extraído del mesocarpio por prensado contiene cantidades variables de impureza de material vegetal que se presentan como sólidos insolubles, además contiene agua en proporciones variables.

Este proceso está conformado por un tanque clarificador continuo de aceite, el cual separa el aceite del agua y los sólidos con los cuales está mezclado. (Surre y Ziller, 1969).

1.1.8 SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL ACEITE DE PALMA

a) Subproductos sólidos

Los subproductos sólidos generados durante el proceso de extracción son de importancia por su composición, para ser utilizados en su totalidad como abonos y combustibles principalmente.

Los racimos vacíos y los efluentes son los principales subproductos del proceso de extracción de aceite de palma, como demuestra el balance de masa de los subproductos de la Figura 2. (MAGAP, 2005).

La fibra tiene un contenido bajo de humedad, por lo que es ideal como fuente de energía para la generación de vapor y de potencia eléctrica requeridos para la planta de extracción.

La incineración del raquis conlleva a la contaminación atmosférica y se encuentra prohibido en todo proceso de extracción de aceite de palma.

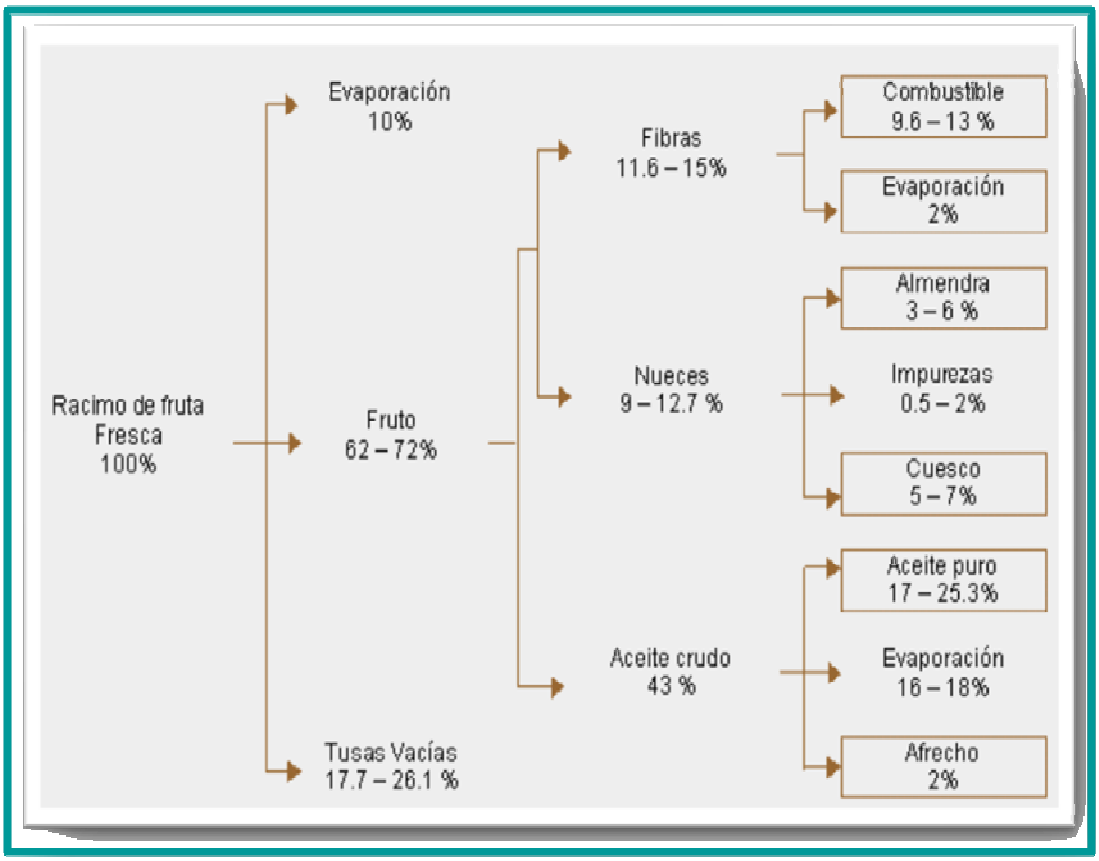


Figura 2. Balance de masa de los subproductos generados a partir de la extracción del aceite de palma.
(MAGAP, 2005)

b) Subproductos líquidos

Estudios recientes han establecido que por cada tonelada de fruta fresca procesada se genera un alto porcentaje de aguas residuales que no son aprovechadas y generan contaminación. (ONUDI, 2007).

A continuación se citan algunas alternativas de uso y destino de estos efluentes:

- El aceite recuperado de lodos o de lagunas de oxidación puede ser usado en procesos de fabricación de jabones, aceites o para concentrados de animales ya que es un suplemento rico en grasa y vitaminas.

- Los lodos y el efluente líquido alcalino contribuyen con nutrientes y materia orgánica estabilizada.

1.2 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS ORGÁNICOS

Los procesos que generan biomasa se pueden agrupar en cuatro categorías: desechos urbanos, desechos agrícolas, desechos pecuarios y desechos agroindustriales. Este tipo de residuos son susceptibles de ser transformados biológicamente según el tipo de digestión, dando lugar a CO_2 (dióxido de carbono), CH_4 (metano), H_2O (agua), micronutrientes, y materia orgánica transformada (Chefetz y Chen, 1996).

En general, el tratamiento de los desechos orgánicos consiste en convertirlos en materias relativamente inocuas para la vida ya sea por compostaje o mineralización de esta manera son reintroducidos en los ciclos productivos. Los residuos también pueden ser aprovechados para obtener energía. (ONUDI, 2007).

Entre los sistemas de recuperación de energía a partir de desechos orgánicos se encuentran los siguientes:

1.2.1 SISTEMA DE CONVERSIÓN BIOQUÍMICA

Sistema Aerobio

Es un proceso bacteriano que ocurre en presencia de oxígeno, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias.

Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase. (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

Digestión Anaerobia

Es un proceso de fermentación natural que ocurre espontáneamente en ausencia de oxígeno en fuentes ricas de material orgánico, se obtiene como producto final metano; el cual puede ser utilizado en la producción de energía eléctrica y

térmica. (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

Fermentación Alcohólica

Es un proceso biológico de fermentación anaeróbica, originada por la actividad de algunos microorganismos que procesan los hidratos de carbono, generalmente azúcares, para obtener como productos finales: etanol y dióxido de carbono. (Ward, 1991).

1.2.2 SISTEMAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA

Pirólisis

Se puede definir como la descomposición térmica de un material en ausencia de oxígeno. Esto genera una corriente de gas compuesto por: hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros gases; así como ceniza inerte, lo que depende de las características del material.

En general, a partir de la pirolisis se puede producir gas sintético, combustible líquido/sólido y sólidos (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

Combustión

La combustión es una reacción química en la que el combustible se mezcla con el comburente. El producto final debe volatilizarse, gasificarse y oxidarse, desprendiendo calor y produciendo óxidos.

Los tipos de combustibles son materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Este proceso se realiza para producir vapor y electricidad.

El producto de estas reacciones puede incluir monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y cenizas (Ward, 1991).

El proceso de combustión se presenta en la Ecuación 1.2.2.

$$MateriaOrgánica \xrightarrow{\Delta Calor} CO_2 + CO + H_2O + cenizas$$

[1.2.2]

Incineración

Es un proceso de combustión controlada que quema todos los desechos combustibles a temperaturas de alrededor de 900 ℃; a fin de convertirlos en residuos inertes.

El vapor producido a partir de la incineración de estos residuos orgánicos impulsa una turbina que a su vez activa un generador eléctrico.

Gasificación y Licuefacción

La gasificación es un proceso termoquímico en la que un sustrato que contiene compuestos de carbono (residuos de madera) es transformado a través de diferentes reacciones químicas en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno y/o vapor de agua), en un gas combustible de bajo poder calórico.

El gas resultante puede utilizarse como combustible en quemadores de caldera, turbinas de gas o en aparatos de combustión (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

1.3 COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso de descomposición oxidativa de los constituyentes orgánicos de los materiales de desecho. La composta se forma de desechos orgánicos. Compostaje es el resultado del ciclo aeróbico (con alta presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica.

Se lleva a cabo bajo condiciones controladas sobre sustratos sólidos orgánicos heterogéneos, originando un producto que representa grandes beneficios cuando es adicionado al suelo. (Peña 2002).

1.3.1 COMPOSTAJE POR DIGESTIÓN AEROBIA

Según Asian Institute of Technology, 2002 el compostaje es un proceso aeróbico y biológico de degradación de la materia orgánica bajo condiciones controladas.

El compost maduro es un abono orgánico altamente humificado en el ocurre una transformación de nitrógeno amoniacal a nitrato. En la Figura 3 se presenta un esquema de los elementos que intervienen en la formación de compost.

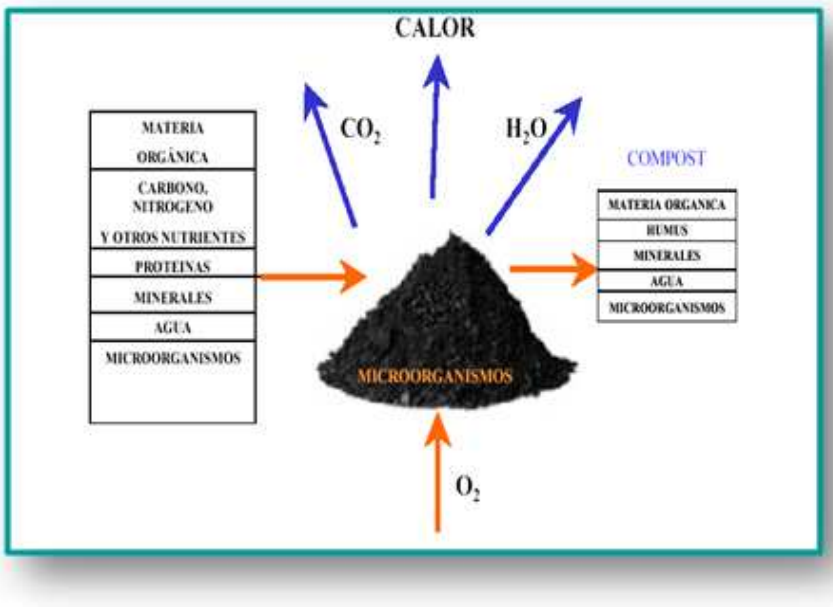


Figura 3. Esquema de los elementos que intervienen en la formación de compost (Avendaño, 2003)

Los ácidos resultantes de los procesos de degradación de la materia orgánica disuelven parte de los productos minerales del suelo y los hacen aprovechables para la nutrición de las plantas. (Tchobanoglous y Theisen, 1997). En la Figura 4 se resumen los beneficios del compostaje en el suelo.

El proceso técnico de la elaboración del compost no se limita únicamente a la descomposición de la materia orgánica, que también integra las actividades de separación, reciclaje y transporte de los materiales orgánicos que van a descomponerse.

En la actualidad, se ha convertido en una la alternativa para el manejo de desechos sólidos orgánicos de diferentes industrias.

Figura 4. Beneficios del compostaje
(Alm, 1991)

1.3.1.1 Microorganismos que intervienen en el compostaje

Los residuos orgánicos están compuestos en su mayoría por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina y ceniza. Al someter a estos materiales a una descomposición aerobia bacteriana, el producto resultante después de cesar casi toda la actividad microbiológica es un material humificado conocido como compost.

En el proceso de compostaje se presentan diferentes tipos de microorganismos entre los más importantes están los facultativos (microorganismos que tienen la capacidad de crecer en presencia o ausencia de oxigeno molecular) y anaerobios (microorganismos que generan energía mediante fermentaciones y que existen en anaerobio). (Tchobanoglous y Theisen, 1997). En la Figura 5 describe el proceso de compostaje.

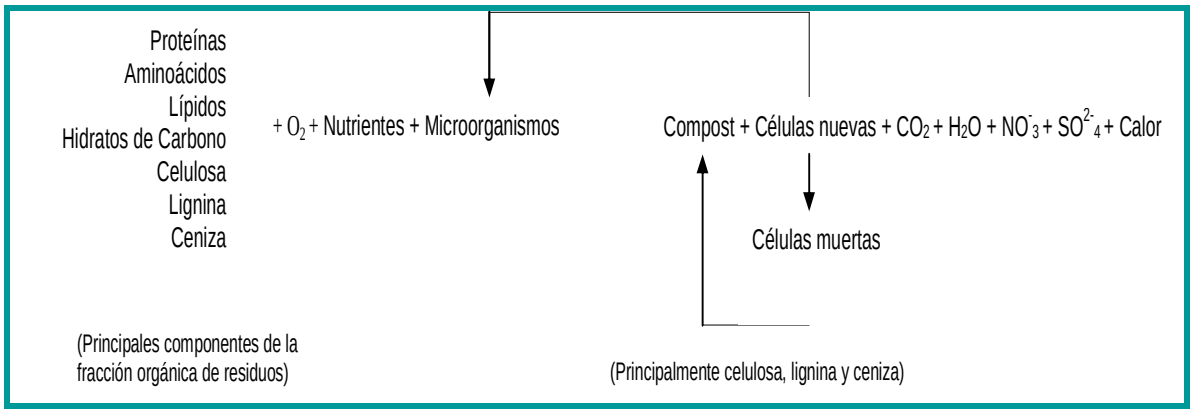


Figura 5. Proceso de compostaje
(Tchobanoglous y Theisen *et al*., 1997).

El compostaje es un proceso por el cual el contenido orgánico de los desechos es oxidado por la acción de microorganismos, resultando en material inerte y estabilizado, que es un mejorador de suelos. Este método sería sumamente beneficioso para los países en desarrollo, ya que se recupera un recurso provechoso de los desechos industriales de la extracción del aceite de palma africana.

A continuación se describen los diferentes tipos de microorganismos que intervienen en el compostaje.

a) Bacterias ácido lácticas

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas y levaduras. Son comunes en materias vegetales en descomposición y de productos lácteos, entre los que se incluyen organismos como: Streptococcus y Lactobacillus. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica. (Jorgensen, 1959).

b) Hongos y levaduras

Los hongos pueden metabolizar compuestos carbonados como celulosa, hemicelulosa y quitina, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada a través de la acción enzimática.

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas beneficiando el crecimiento de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. (Sztern y Pravia, 1999).

c) Actinomicetos

Presentan características morfológicas similares a las bacterias. Degradan desde azúcares simples hasta sustratos complejos como: celulosa, lignina, quitina y proteínas. Ciertas especies aparecen durante la fase termofílica y otras llegan a ser importantes durante la fase de enfriamiento cuando quedan los compuestos resistentes no degradados en fases anteriores a la formación del compost.

Se desarrollan a pH de 5 a 7, tiene capacidad para formar conidias lo que les permite resistir condiciones no favorables de temperatura, acidez y humedad. (Tate, 2000).

1.3.1.2 Etapas del Compostaje

a) Etapa Mesotérmica (10-40 ºC)

Cuando se inicia el proceso, las moléculas de azúcares, almidones y proteínas de rápido uso energético sirven de sustrato inicial a los microorganismos mesófilos.

En esta etapa, se destacan fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en relación con oxidaciones aeróbicas. Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis; se dan también procesos de nitrificación y oxidación.

Se inicia el aumento de temperatura, existe liberación de CO_2 y H_2O, esto reduce el carbono y el porcentaje de la fracción mineral aumenta. En esta etapa se produce una reducción del volumen de residuos orgánicos.

El almidón desaparece cuando los microorganismos ejercen su actividad sobre este compuesto y su descomposición se realiza a mayor velocidad que las destrucciones de celulosa y hemicelulosa (Sztern y Pravia, 1999).

b) Etapa Termogénica (40-75 ºC)

En esta etapa se da lugar a la degradación de moléculas complejas como celulosa, lignina, lípidos y grasas, a través de la acción de actinomicetos, hongos y bacterias especializadas.

Generalmente, en esta etapa se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. El CO_2 se produce en volúmenes importantes.

Las bacterias más abundantes en esta fase son las esporuladas que resisten altas temperaturas como los Bacillus, los cuales realizan el 10% de la descomposición biológica de la materia orgánica (Sztern y Pravia, 1999).

Esta etapa es de gran importancia para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta la depuración de la biomasa.

c) Etapa de Enfriamiento y Maduración

Con el consecuente agotamiento de la materia orgánica, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura hasta alcanzar valores cercanos a la temperatura ambiente (Sztern y Pravia, 1999).

En esta etapa se evidencia la transformación a material mineralizado y nitrato disponibles para las plantas y se reduce el porcentaje de carbono.

La finalización del proceso de compostaje se da por la ausencia de actividad metabólica.

1.3.2 COMPOSTAJE POR DIGESTIÓN ANAEROBIA

El compost por digestión anaerobia permite obtener el biogás que utiliza desechos orgánicos de mataderos, industria de embalaje y cuartos fríos.

Es una conversión biológica y se puede representar a partir de la Ecuación 1.3.2.

$$MateriaOrgánica + H_2O + Nutrientes \rightarrow Nuevascélulas + M.O(resistente) + CO_2 + CH_4 + NH_3^- + H_2S$$

[1.3.2]

En la Ecuación [1.3.2] los productos finales están dados por la formación de: dióxido de carbono, metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno.

En las fermentaciones anaerobias el dióxido de carbono y el metano constituyen más del 99% del gas total producido. (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

El proceso de digestión anaerobia ocurre en fases bien diferenciadas que incluyen:

1. **Fase Hidrolítica.-** Las bacterias emiten enzimas extracelulares que promueven la hidrólisis de las moléculas complejas y las reducen a moléculas simples.
2. **Fase Acidogénica.-** En esta fase las sustancias orgánicas son oxidadas a ácidos conocidos como volátiles; tales como: ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico.
3. **Fase Acetogénica.-** Los productos de la anterior fase son convertidos en acetatos, hidrógenos y dióxido de carbono.
4. **Fase Metanogénica.-** Es la etapa final en la que actúan las bacterias metanogénicas convirtiendo los acetatos de la fase anterior en metano (CH_4) y gas carbónico (CO_2). Este gas formado por 30 - 40% de CO_2 y 60 - 70% de CH_4 es conocido como biogás. (ONUDI, 2007).

En conclusión este proceso puede ser representado en el esquema que se presenta en la Figura 6.

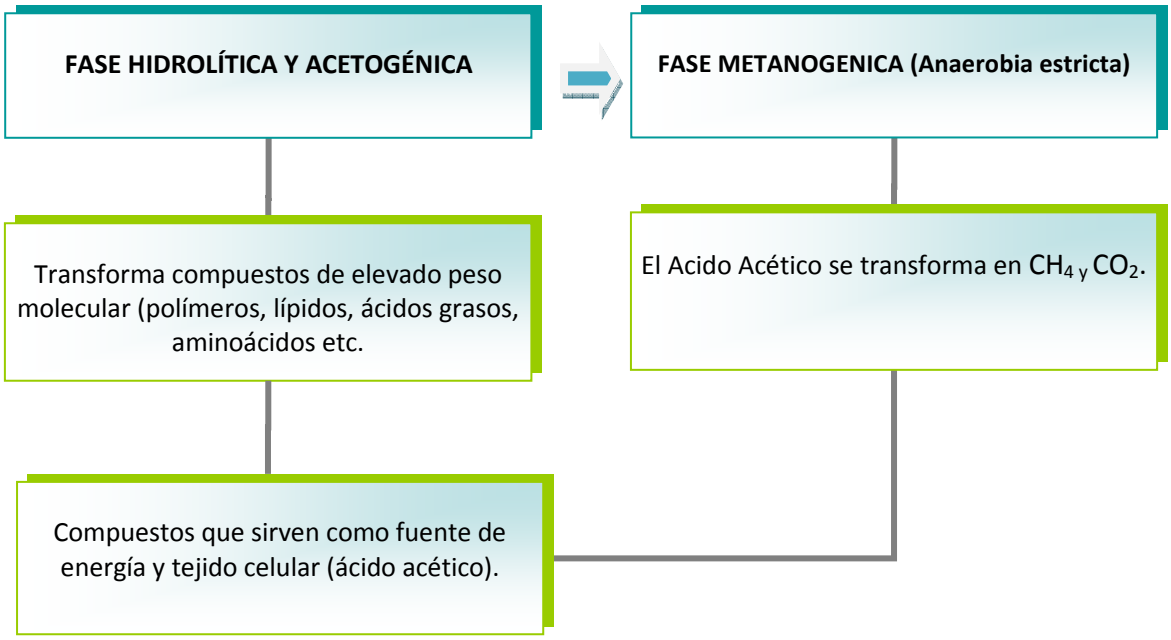


Figura 6. Fases del compostaje por digestión anaerobia
(Tchobanoglous y Theisen, 1997)

Dentro de los factores que influyen en la digestión anaerobia se encuentran:

1. **Temperatura:** Este factor influye en la actividad bacteriana, la temperatura ideal debe estar entre 25 – 40 ℃.

2. **pH:** Este parámetro tiene influencia sobre la velocidad de crecimiento y muerte de los microorganismos, las bacterias metanogénicas son sensibles a las variaciones de pH. Según INPOFOS, 1997, el pH tiende a ser una medida que indica como avanza el proceso; en un inicio su descenso hasta 6.5 indica un proceso normal. Conforme el tiempo transcurre se estabiliza el valor entre 7 y 8, lo que permite la degradación y la maduración. Un valor superior a 8 provoca pérdidas de nitrógeno en forma de amoniaco. En general pH ligeramente alcalino favorece el desarrollo y velocidad de reacción de diferentes tipos de microorganismos del suelo. En tanto que pH inferior a 5,5 y valores superiores a 8 inhiben de igual manera el crecimiento y desarrollo de microorganismos, si el pH es alcalino mayor a 8 ocasiona la precipitación de nutrientes del medio, haciendo que estos no sean asequibles para los microorganismos.

3. **Tiempo de retención**: Es el tiempo que debe permanecer el compost dentro del reactor y depende de la temperatura a la cual se encuentra.

1.4 MICROORGANISMOS EFICIENTES

Los microorganismos eficientes constituyen una combinación de microorganismos benéficos de origen natural o artificial (aislados en laboratorio) presentes en el suelo. Generalmente el metabolismo de acción sobre los residuos orgánicos consiste en secretar vitaminas, minerales, ácidos orgánicos y antioxidantes, promoviendo así la descomposición de los residuos, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7. Metabolismo de acción de los microorganismos eficientes sobre los residuos orgánicos
(Surre y Ziller, 1969)

1.4.1 ACCIÓN MICROBIANA EN EL PROCESO DE MINERALIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

En la naturaleza todo se recicla; la materia cumple un ciclo que comienza cuando

las plantas transforman la materia inorgánica del medio (agua, sales minerales, nutrientes) en materia orgánica (tejidos vivos), y continúa en pasos sucesivos a través de los distintos niveles tróficos (herbívoros y carnívoros), hasta los descomponedores finales (lombrices, insectos, microorganismos) que se encargan de cerrar este ciclo, manteniendo la fertilidad del suelo, al consumir materia orgánica, animal o vegetal, y degradarla o descomponerla en materia inorgánica y humus, aprovechables otra vez por las plantas (Sztern y Pravia, 1999).

La eficiencia con la que los microorganismos realizan las transformaciones químicas, se debe a su gran poder catalítico. (Sztern y Pravia, 1999).

Los compuestos orgánicos son atacados por microorganismos que digieren u oxidan estos elementos en presencia de oxígeno, si se agota el oxígeno se da lugar a fermentaciones anaerobias. Cuando la mayor parte de compuestos orgánicos se transforman en CO_2, generan condiciones aeróbicas y se desarrollarán organismos fotoautótrofos nuevamente que darán paso al proceso de fotosíntesis.

1.4.2 TIPOS DE MICROORGANISMOS

Los microorganismos que tienen metabolismo aerobio se alimentan de materia orgánica y desarrollan tejido celular a partir de nitrógeno, fósforo, algo de carbono y otros nutrientes necesarios. Gran parte del carbono sirve como fuente de energía para los organismos y se consume como dióxido de carbono, por lo tanto este elemento resulta determinante como fuente de energía y como carbono celular (Avendaño, 2003).

En la Tabla 1 se detalla una breve descripción de la clasificación general de los diferentes grupos fisiológicos según sus necesidades nutricionales.

Los autótrofos son aquellos que pueden obtener energía (ATP) en presencia de oxígeno. Estos son productores primarios porque sintetizan materia orgánica a partir de CO_2, tanto para su propio beneficio como para el de los

quimioheterótrofos (Boyer, 2000).

Tabla 1. Clasificación general de microorganismos según necesidades nutricionales como fuentes de energía y carbono

CLASIFICACIÓN	FUENTES DE ENERGÍA	FUENTES DE CARBONO
AUTÓTROFOS		
Fotoautótrofos	Luz	CO_2
Quimiautótrofos	Reacción de oxidación- reducción	CO_2
HETERÓTROFOS		
Quimioheterótrofos	Reacción de oxidación- reducción	Carbono orgánico

(Tchobanoglous y Theisen, 1997)

Los fototróficos utilizan como fuente de energía la luz solar, debido a que contienen pigmentos que les permiten usar la luz como fuente de energía.

Los heterotróficos utilizan de uno o más compuestos orgánicos como fuentes de Carbono (Boyer, 2000).

1.4.3 MICROORGANISMOS EMPLEADOS EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ACEITERA

1.4.3.1 Trichoeb

Es un producto biológico que contiene conidias liofilizadas del hongo *Trichoderma* spp (Deuteromycetos) por lo tanto es biorregulador y antagonista de fitopatógenos (Equabiológica, 2009).

a) Funciones

- Acelera el proceso microbiológico en el suelo proporcionando un compost de calidad.
- Ayudar a la absorción de micronutrientes.
- Acelera la descomposición de materiales como celulosa y lignina.
- Activa los mecanismos de defensa en el suelo.

b) Almacenado y transporte

- Condiciones: Almacenar únicamente en el envase original y mantener en lugares limpios y frescos.
- Temperatura: Ideal a 4℃.
- Recomendaciones: No exponer el producto ni al sol ni altas temperaturas

c) Información Agronómica

- Clase: Bio-estimulante, bio-regulador, antagonista de hongos fitopatógenos.
- Modo de acción: Es un bioestimulante que ayuda a la absorción de nutrientes, mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas produciendo factores de crecimiento (auxinas, giberelinas, y citoquinas).
- Es bio-regulador que inhibe el desarrollo de fitopatógenos al suelo como antagonista. Crece y coloniza rápidamente el suelo.
- Aplicación: Directa al suelo
- Fitotoxicidad: No es fitotóxico

d) Aplicaciones y Usos:

- Manejar un pH de 7
- La aplicación manual para bomba de mochila debe ser de 4 a 5 gramos por bomba de 20 litros. Realizar una premezcla para garantizar la uniformidad de las conidias en la aplicación (Equabiológica, 2009).
- No exponer el producto a altas temperaturas, almacenar a 4℃.
- Se recomienda realizar las aplicaciones en la tarde cuando hay menor incidencia de rayos UV.
- Realizar las aplicaciones una semana antes que trichoderma spp, para aprovechar su acción nematicida (Equabiológica, 2009).

1.4.3.2 Nemateb

Es un producto biológico que contiene conidias del hongo *Paecilomyces Ilacinus*, siendo bioregulador y controlador de nematodos patógenos. Efectivo contra huevos y larvas juveniles de nematodos noduladores *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp, Scutellonema sp*. (Equabiológica, 2009).

Presenta similares funciones, condiciones de almacenamiento y transporte, información agronómica y usos que Trichoeb.

1.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS

En la Tabla 2 se presentan las ventajas y desventajas del uso de abonos.

Tabla 2. Principales ventajas y desventajas del uso de abonos orgánicos en el suelo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los abonos orgánicos mejoran las características físico- químicas del suelo, aumenta la capacidad de retención del agua y mejora la aireación y drenaje.	Son de lenta absorción lo que repercute en tiempo y costos en cultivos intensivos.
Los abonos orgánicos incorporan macro y micronutrientes al suelo favoreciendo la fertilidad y rendimiento de los cultivos a largo plazo.	Se requiere de instalaciones, mano de obra, insumos para la preparación y manejo.
Funcionan como estabilizadores contra la erosión y no produce sobrecarga química al suelo.	Los rendimientos de los cultivos disminuyen después de cierto tiempo.
Presenta un elevado poder amortiguador con relación al pH al incorporar materia orgánica al suelo; impidiendo alteraciones de las condiciones químicas del suelo.	Se requiere de productos químicos como complemento a los abonos orgánicos para controlar plagas y enfermedades en los cultivos.
Neutralizan el exceso de Calcio, atenúa la clorosis férrica y otras enfermedades carenciales.	El uso de abonos orgánicos representa mayor inversión ya que actúan a mediano y largo plazo en los cultivos.

Continuación de la Tabla 2. Principales ventajas y desventajas del uso de abonos orgánicos en el suelo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Los abonos orgánicos al incorporar materia orgánica al suelo hacen posible la diversidad microbiana que permite transformar los residuos vegetales y animales en elementos solubles y movilizan los minerales del suelo, transformándolos a condiciones en que puedan ser absorbidos por las plantas.	---
Contribuyen al reciclaje de residuos orgánicos restableciendo el equilibrio biológico natural.	---
Este tipo de abonos son sustentables y sostenibles.	---
Los macro y micronutrientes que incorporan al suelo son de lenta absorción, lo que evita pérdidas por evaporación y lixiviación.	---

(Suquilanda, 1996)

1.6 ASPECTOS GENERALES DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE

1.6.1 TAMAÑO DE LA PARTÍCULA

El tamaño de la partícula influye en el tiempo de descomposición de los materiales porque al ser los residuos de menor tamaño aumentan el área superficial que favorece la actividad microbiana. Es recomendable que las partículas tengan un tamaño de 3 a 13 mm. (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

1.6.2 CONTROL DE LA TEMPERATURA

La temperatura debe ser tomada en el núcleo de las composteras, en dos puntos equidistantes y considerando el valor promedio aritmético entre ellos.

En el proceso de compostaje esta variable puede llegar hasta los 70 ºC aunque no es recomendable ya que superados los 65 ºC comienzan a morir una gran cantidad de bacterias y microorganismos beneficiosos para el proceso. (Peña,

2002).

1.6.3 CONTROL DE HUMEDAD

Para el control del contenido de humedad, se puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

- Tomar con la mano una muestra de material; cerrar la mano y apretar.
- Si se verifica que sale un hilo de agua continuo, entonces el material contiene más de un 40% de humedad. Caso contrario el contenido en humedad es menor al 40%.
- Si el material no gotea y cuando se abre el puño el material permanece moldeado, se estima un 20 a 30% de humedad; este valor corresponde a la humedad adecuada de los residuos (Sztern y Pravia, 1999).
- Finalmente si se abre el puño y el material se disgrega, la humedad es inferior al 20% (Sztern y Pravia, 1999).
- No superar la capacidad de campo (Muñoz, 2008).

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 25-45 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico; es decir, se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, esta oscila entre 50-60%. (Muñoz, 2008).

1.6.4 CONTROL DE AIREACIÓN Y RIEGO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

Se recomienda realizar las aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, luego de haber alcanzado su valor máximo en la etapa termogénica. Inmediatamente a la remoción del material, la temperatura experimenta un descenso y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogénica. Si hay necesidad de riego es conveniente hacerlo en las etapas mesotérmicas (Sztern y Pravia, 1999).

1.6.5 CONTROL DE PATÓGENOS

La destrucción de organismos patógenos es un elemento importante en el proceso de compostaje porque afectará al perfil de temperatura y al proceso de aireación. La tasa de mortalidad de patógenos está en función del tiempo y la temperatura, la mayoría de patógenos mueren a temperaturas aproximadas de 50 ℃, si se mantiene esta temperatura durante una hor a en el proceso.

Es preciso considerar que existe una autodepuración biológica que se produce como consecuencia de una serie de procesos antagónicos entre las bacterias patógenas y los microorganismos del suelo que interactúan durante el proceso de fermentación aerobia (Tchobanoglous y Theisen, 1997).

En la Tabla 3 se detallan los requisitos de la EPA (Enviroment Protection Agency) para el control de patógenos en el proceso de compostaje.

Tabla 3. Requisitos de la EPA para el control de patógenos en el proceso de compostaje

REQUISITO	OBSERVACIONES
Proceso para reducir significativamente la presencia de patógenos.	Se mantienen los residuos orgánicos en condiciones operacionales mínimas a 40℃. Durante ese período la temperatura debe exceder los 55℃ por 4 horas.
Procesos para reducción adicional de patógenos.	Se mantienen los residuos orgánicos en condiciones operacionales a 40℃ durante 3 días.
	Se mantienen los residuos en condiciones operacionales a 55℃ durante por lo menos 15 días.
	Durante la etapa termogénica deberá hacer un mínimo de cinco volteos de la hilera.

(Tchobanoglous y Theisen, 1997)

1.6.6 CONTROL DE pH

El pH constituye una de las variables importantes por lo que de esta depende la actividad microbiológica de los diferentes microorganismos que actúan en el proceso. El pH óptimo para la propagación microbiana debe ser ligeramente alcalino entre 7 a 7,5 (Suquilanda, 1996).

En la Tabla 4 se indican las medidas a tomar cuando el suelo presenta problemas de pH.

Tabla 4. Medidas para corregir el pH en el suelo

pH	MEDIDAS PARA CORREGIR EL pH EN EL SUELO
pH Alcalino (> 7)	Se colocan ácidos orgánicos o roca fosfórica entre otros.
pH ácido (< 7)	Se coloca ceniza, cal o materiales que aporten calcio o que sean alcalinos.

1.6.7 TAMIZADO Y RENDIMIENTO

Para lograr un compost apto para su aplicación agronómica, debe presentar una granulometría adecuada y homogénea. Al tamizar los residuos orgánicos se obtiene un tercio de compost en relación a la masa inicial debido al consumo de la materia orgánica durante el proceso.

1.6.8 PARÁMETROS FINALES DEL COMPOST

El grado de descomposición de la materia orgánica puede estimarse en función a la disminución de la temperatura de la biomasa, la cantidad de materia orgánica disponible, la relación carbono/nitrógeno (C/N) menor o igual que 15.5 y la relación Sólidos Volátiles/Sólidos Totales (SV/ST) por debajo de 0,3 (Muñoz, 2008).

El nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable para las raíces, con la ventaja de ser retenido en la capa cultivable del suelo y es liberado

lentamente evitando pérdidas por lixiviación.

En la Tabla 5 se detallan los parámetros de control de los residuos orgánicos domiciliarios durante la fase inicial y final del proceso de compostaje.

Tabla 5. Parámetros de control de los residuos orgánicos durante la fase inicial y final del proceso de compostaje

PARAMETROS DE CONTROL	FASE INICIAL	FASE FINAL
Relación C/N	< 30	< 15
pH inicial	6,8- 7,5	7,5 – 8,5
Materia orgánica (%)	60- 70	< 30
Humedad (%)	40 – 50	< 20
Recuento de coliformes fecales (N.M.P)	-	<1,3*106
Relación SV/ST	< 0,6	< 0,3

(Muñoz, 2008; INPOFOS, 1997)

1.7 CULTIVO DE PAPA Y SUS NECESIDADES NUTRICIONALES

La papa ha sido por milenios un cultivo de alta prioridad en el Ecuador. A través del tiempo, la papa evolucionó hasta ser un alimento básico de elevado valor nutritivo (Pumisacho y Sherwood, 2002).

La fertilización del cultivo de papa es una práctica agronómica sumamente importante en toda América del Sur, pues un correcto control permite incrementar notablemente el rendimiento de los tubérculos cosechados.

Es difícil lograrla ya que en el proceso intervienen factores dinámicos de tipo biológico, químico y agro físico que interactúan entre el suelo, la planta y la atmósfera. Sin embargo, es posible llegar a aproximaciones con un buen análisis de suelo, el mismo que ayuda a evaluar la fertilidad del suelo. (Fernández, 2001).

1.7.1 BOTÁNICA DEL CULTIVO

La papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas

- Familia: Solanácea
- Género: *Tuberosum*
- Subgénero: Potatoe
- Sección: Petota
- Serie: Tuberosa

La papa es dicotiledónea herbácea rastrera, generalmente de tallos gruesos y leñosos con entrenudos cortos. El follaje alcanza una altura entre 0,60 a 1,50 m., las hojas son compuestas y pignadas.

Las plantas silvestres se mantienen por largos períodos de tiempo debido al continuo rebrote de los tubérculos. En contraste, las variedades cultivadas viven de cuatro a siete meses. Las plantas provienen de semilla sexual, poseen un sistema radicular fibroso, con raíz primaria, hipocotilo, cotiledones y epicotilo; a partir de los cuales se desarrolla el tallo y el follaje. (Haverkort, 1982).

En tanto que las plantas de cultivo comercial se originan de un tallo lateral que emerge de un brote proveniente de tubérculos usados como “semilla”, las raíces son adventicias (Pumisacho y Sherwood, 2002).

1.7.2 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DEL CULTIVO

En el Ecuador alrededor del 80% de los suelos cultivados con papa, son de origen volcánico y se identifican tres principales zonas productoras de papa:

1. Zona Norte (Carchi e Imbabura)
2. Zona Centro (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar)
3. Zona Sur (Cañar, Azuay y Loja)

Estos suelos presentan alta capacidad de fijación de fósforo y altos contenidos de materia orgánica (Díaz, 2010).

Son suelos localizados en zonas frías, lo que debido a una baja actividad microbiana retarda la descomposición de la materia orgánica y promueve su acumulación a través de los años. Generalmente, son suelos francos, franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso, por su textura y topografía poseen buen drenaje natural. (Gonzales *et al.*, 1986).

El contenido de materia (M.O.) de los suelos es muy variable. Un típico suelo de pradera (Molisol) puede contener 5 a 6 % de materia orgánica en los 15 cm superiores, mientras que un suelo arenoso aproximadamente 1%. En tanto que un suelo pobremente drenado a menudo tiene contenidos de materia orgánica próximos al 10 % o más y los suelos tropicales (Oxisoles) son conocidos por sus bajos contenidos de materia orgánica. (Kononova, 1982).

La mayoría de los suelos en las zonas paperas tienen valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos menores a 6,4. La papa cultivada en un suelo ácido tiene dificultad en absorber la mayoría de nutrientes que demanda la papa (Amezquita, 1994).

La porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de humedad de los suelos en Ecuador son altas (Pumisacho y Sherwood, 2002).

En la Tabla 6 se presenta las características del cultivo de la papa variedad “yema de huevo” en el Ecuador.

Tabla 6. Características del cultivo de papa variedad “yema de huevo” en el Ecuador

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA (VARIEDAD “Yema de huevo”)
Tipo de suelo	Valles templados de la Sierra
Ph	Ligeramente ácido (5,5-5,9)
Temperatura	15- 18°C
Altitud	2500 a 2800 msnm
Pendiente	< 20%
Materia Orgánica	8 a 16% (volumen)
Humedad	Cercana a la capacidad de campo
Maduración	90 dìas
Rendimiento	10- 12 t/ha.

(Pumisacho y Sherwood, 2002)

1.7.3 ETAPAS DEL CULTIVO

El cultivo de la papa presenta diversas fases o etapas, la importancia de conocer estas etapas, radica en el manejo de plagas y enfermedades (Corporación Colombiana de de Investigación Agropecuaria, 2000).

a) **Dormancia o reposo:** Período entre la cosecha y la brotación, para el tubérculo semilla dura entre 2 a 3 meses y para la semilla sexual 4 a 6 meses. La dormancia puede ser rota o inducida por heridas o alguna enfermedad en el tubérculo; en estos casos la brotación ocurre en menor tiempo. También puede inducirse por tratamiento químico con el ácido giberélico en dosis de 1 a 5 ppm.

b) **Brotación:** Fase en la que comienzan a emerger las yemas de los tubérculos, dura 2 a 3 meses, luego se procede a la siembra. Es ideal que los tubérculos presenten por lo menos tres brotes cortos, fuertes y que tengan una longitud de 0,5 a 1 cm.

c) **Emergencia:** La emergencia de los brotes tarda de 10 a 12 días en tubérculos y de 8 a 10 días en semilla sexual, plantadas en campo y con condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

d) **Desarrollo de tallos:** En esta etapa, hay crecimiento de follaje y raíces en forma simultánea durante 20 a 30 días.

e) **Floración y tuberización:** La floración es señal del inicio de la tuberización, ocurre a los 30 a 50 días después de siembra. En variedades precoces, esto ocurre a los 30 días después de la siembra; en variedades intermedias, entre los 35 a 45 días; y en las tardías entre 50 a 60 días. Esta etapa dura unos 30 días.

f) **Desarrollo de los tubérculos:** Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días para variedades precoces, 90 días para intermedio y 120 días para variedades tardías, los tubérculos pueden cosecharse y almacenarse. Dentro del desarrollo de los tubérculos es fundamental la relación de aspecto, se busca papas que tienen un aspecto esférico.

Según Pumisacho y Sherwood, 2002, la papa requiere temperaturas entre 17 y 20 ℃ para su tuberización (formación de tubérculos) y crecimiento. La papa es considerada una planta termoperiódica, lo que significa que es necesaria una variación, entre la temperatura diurna y nocturna, de por lo menos 10℃. Si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados. Cuando esta situación se da a menudo a lo largo del ciclo vegetativo, el rendimiento y la calidad son afectados, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas más no para los tubérculos.

Según Estrada, 1990, la humedad relativa moderada entre 55% y 70% es un factor fundamental para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el período de floración hasta la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental elevada favorece el ataque de hongos, por tanto esta circunstancia es vital para el manejo de enfermedades en el cultivo.

1.7.4 NECESIDADES NUTRICIONALES DEL CULTIVO

Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de producción

Con respecto a los macronutrientes, aproximadamente el 50% de suelos en el Ecuador, tiene bajos contenidos de nitrógeno.

Mientras que el 80% de los suelos tienen contenidos bajos de fósforo y el 70% de niveles altos de potasio, calcio y magnesio (Pumisacho y Sherwood, 2002).

En el caso de micronutrientes existen deficiencias comunes para zinc, magnesio y boro.

El azufre es considerado como un elemento limitante en la producción de papa, debido a la pérdida por lixiviación y extracción por los cultivos. (INPOFOS, 1997).

En la Tabla 7 se detallan los valores referenciales de los macronutrientes, características y formas de asimilación de nutrientes.

Tabla 7. Macronutrientes, valores referenciales y formas de asimilación de las plantas en el cultivo de papa.

PARÁMETROS/ CARACTERÍSTICAS	VALORES REFERENCIALES	FORMAR DE ASIMILACIÓN DE NUTRIENTES
Nitrógeno (N): Componente de vitaminas y aminoácidos que forman protíenas	50 kg N/ha	Nítrica (NO3) y Amoniacal(NH4+) Nitratos
Fósforo (P): Contribuye en el proceso de fotosíntesis, respiración, energía; promueve crecimiento de raíces y tubérculos.	De 40 a 100 kg de / ha de P2O5	Iones Ortofosfatos Primarios o Secundarios y que están presentes en el suelo.
Potasio (K): Es vital para la fotosíntesis en la síntesis proteica. Es activador de los sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de la planta.	300 -600 kg/ha de Iones K2O	Iones K+
Azufre (S): Contribuye al desarrollo de enzimas, vitaminas vegetales, es fundamental en la formación de clorofila.	30 kg S/ha	S elemental (debe ser oxidado a sulfato)

(Pumisacho y Sherwood, 2002)

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

La investigación se llevó a cabo, en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Cotocollao, sector Carcelén, con unas características medio ambientales según datos del INAMHI, 2010 descritas a continuación:

Latitud: 0-10 S.

Longitud: 78-29 W (Quito).

Temperatura promedio: 18 ℃.

Humedad: 52 %.

Presión: 1026 hPa.

En este sitio se construyeron las composteras para la elaboración del abono orgánico a partir de dos microorganismos eficientes, y un invernadero para el cultivo de papa, el mismo que cuenta con un área de trabajo de 15 m^2 y sus medidas generales son 5 x 3 x 4.5 m. Los materiales utilizados en su construcción fueron pingos, lámina Hz Bz Termic, clavos y elementos para instalación eléctrica básica.

El esquema del invernadero se indica en el Anexo I.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

2.2.1 COMPONENTES DEL COMPOST

En la Tabla 8 se especifican los insumos que fueron necesarios para la elaboración del compost a partir de la inoculación de dos tipos de microorganismos eficientes (Trichoeb y Nemateb).

Tabla 8. Insumos para la elaboración del compost

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD	PROCEDENCIA	
Agua	Hasta la capacidad de campo	l	Red de agua potable	Quito
Microorganismos Eficientes (Trichoeb)	0.004	kg	Casa comercial Ecuabiológica Agroindustria de Biotecnología y Control Biológica del Ecuador C.A	Quito
Microorganismos Eficientes (Nemateb)	0.004	kg	Casa comercial Ecuabiológica Agroindustria de Biotecnología y Control Biológica del Ecuador C.A	Quito
Melaza	1.42	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Raquis	200	kg	Palcien S.A.	Quinindé
Fibra	100	kg	Palcien S.A.	Quinindé
Ceniza	50	kg	Palcien S.A.	Quinindé
Gallinaza	50	kg	Avícola “Don Jorge”	Puembo

En la Tabla 9 se especifican los equipos necesarios para la elaboración del compost.

Tabla 9. Equipos para la elaboración del compost

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD		PROCEDENCIA	
Bidon	2	20	l	Kywi	Quito
Compostera	2	350	l	Producción doméstica	Quito
Pala de punta	1	5	kg	Kywi	Quito
Pico	1	---	---	Kywi	Quito
Plástico invernadero	3	2	m	Flexiplast	Quito
Termómetro	1	150	ºC	La Casa del Químico	Quito
Malla de acero inoxidable	2	120	mm	Kywi	Quito

2.2.2 COMPONENTES DEL CULTIVO DE PAPA

La papa es un tallo subterráneo, suculento, que presenta un alto contenido de hidratos de carbono, vitaminas y minerales**.**

Pese al bajo contenido proteico en la papa, este tiene un alto valor biológico, aquí radica la importancia de utilizar insumos en cantidades adecuadas.

En la Tabla 10 se especifican los insumos que fueron necesarios para la aplicación del abono orgánico en el cultivo de papa.

Tabla 10. Insumos adquiridos para la aplicación del compost en el cultivo de papa

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD	PROCEDENCIA	
Carbofuran	0,20	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Hakapost 13-40-13	20,00	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Nitrofoska azul	2,00	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Papas	12,00	kg	Mercado de Machachi	Machachi
Sulfato de potasio 0-0-50	5,00	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Terraclor	0,20	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Tierra	1200,00	kg	Hacienda San Palomino	Latacunga
Urea 46-0-0	6,00	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba
Vitavax	0,04	kg	Insumos agrícolas Jenifer	Guayllabamba

En la Tabla 11 se especifican los equipos necesarios para la incorporación del compost en el cultivo de papa.

Tabla 11. Equipos para la aplicación del compost en el cultivo de papa

EQUIPO	CANTIDAD	CAPACIDAD		PROCEDENCIA	
Foco fluorecente	2	20	w	Kywi	Quito
Funda plástica	150	10	kg	Mercado de Nayón	Quito
Manguera 1/2	1	20	m	Kywi	Quito
Regadera	1	10	l	Kywi	Quito
Termo registrador	1	120	ºC	Agrovetllano	Quito
Tina	1	20	l	Kywi	Quito
Martillo	1	0.25	kg	Kywi	Quito
Barreno tubular	1	3	kg	Kywi	Quito

En la Tabla 12 se especifican los materiales utilizados en las instalaciones del

cultivo de papa y compost.

Tabla 12. Materiales utilizados para la elaboración de las instalaciones (invernadero)

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PROCEDENCIA	
Plástico invernadero	24	m	Flexiplast	Quito
Pingo 3m	16	u	Carpintería	Quito
Clavo 2"	2	kg	Kywi	Quito
Foco	2	u	Kywi	Quito

2.3 ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO

2.3.1 PREPARACIÓN DE COMPOSTERAS

Para probar la eficiencia de los dos microorganismos se elaboraron dos compost a partir de los desechos de la extracción de aceite de palma africana: raquis, fibra y ceniza.

El raquis, al estar constituido por hebras que lo hacen un elemento duro y fibroso, fue triturado manualmente con un pico hasta obtener fracciones de 12 mm.

El raquis triturado junto con la fibra y la ceniza fueron tamizados a través de una malla de acero inoxidable de 12 mm de diámetro, para garantizar que los elementos a ser compostados cumplan con las dimensiones apropiadas, menor a 15 mm, para la elaboración de un compost como indica Tchobanoglous y Theisen, 1997

Los residuos ya tamizados se mezclaron en las siguientes proporciones 55% raquis, 30% fibra y 15% ceniza en dos composteras.

Las composteras estaban construidas de cartón cubiertas con una lámina de plástica para evitar que esta se humedezca, con una capacidad de 350 litros (0.35 m^3).

En la compostera 1 se agregó el microorganismo Trichoeb y en la compostera 2 se agregó el microorganismo Nemateb previamente activados.

2.3.2 ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

La activación de estos microorganismos se realizó de la siguiente manera:

- Se colocó en dos bidones 20 litros de agua, 1 litro de melaza y 4 gramos de microorganismo Trichoeb y Nemateb respectivamente, según indicaciones técnicas de la casa comercial.
- Se agitó la mezcla.
- Se dejó reposar durante 8 días bajo sombra. Cada dos días se destaparon los bidones con el fin de eliminar la acumulación de CO_2 y CH_4 emitido por los microorganismos en proceso de activación.

En la semana 17 se incorporaron 25 kg de gallinaza a ambas composteras.

Una vez agregados los elementos para la elaboración del compost (raquis, fibra, ceniza y microorganismos eficientes), se controlaron los siguientes parámetros:

Aireación

Se controló mediante el volteo de la mezcla con una frecuencia de tres veces por semana durante el primer mes. En el segundo y tercer mes la frecuencia fue de una vez por semana según indica Muñoz 2008.

Humedad

Se controló mediante la prueba empírica “del puño” con una frecuencia de dos veces por semana.

2.3.3 SEGUIMIENTO DEL COMPOSTAJE

pH

El monitoreo de pH en el compost se realizó cada dos días con cintas medidoras de pH. Las cintas fueron introducidas directamente en el estrato medio de las composteras para realizar la medición.

Temperatura

Se monitoreó con la ayuda de un termómetro, su frecuencia de medición fue dos veces al día en el estrato medio de la compostera.

Análisis Bromatológico

Se realizó un análisis bromatológico simple (relación carbono/nitrógeno [C/N], nitrógeno total [N Total] y materia orgánica [M.O.]) a los residuos de la palma africana a compostarse en los laboratorios de Suelos, Plantas y Aguas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIAP antes de iniciar con la investigación con el fin de conocer las características iniciales del material orgánico.

En las semanas 20 y 25 se realizaron análisis bromatológicos completos (pH, relación carbono/nitrógeno [C/N], conductividad eléctrica [C.E.], nitrógeno total [N total], fósforo [P], potasio [K], calcio [Ca], manganeso [Mn], materia orgánica [M.O.], humedad [H], boro [B], zinc [Zn], cobre [Cu], hierro [Fe] y manganeso [Mg]) a los dos compost elaborados (Trichoeb y Nematеb). Cada muestra estaba formada por 3-4 kg de compost tomado en distintos puntos de la compostera.

El laboratorio encargado de este análisis fue el laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIAP.

Para determinar el microorganismo más eficiente en la obtención de abono orgánico se tomó en cuenta cuál de los dos microorganismos llega a la relación Carbono/nitrógeno ideal (menor o igual a 15.5 según Muñoz, 2008) en el menor tiempo, este parámetro se cuantificó por medio del análisis bromatológico.

Los análisis se distribuyeron de la siguiente manera:

- A cada compost en la semana 20.
- Después de la incorporación de la gallinaza, a cada compost en la semana 25.

Las muestras se secaron en una estufa a 70 ºC, se separaron manualmente las impurezas, y fueron molidas (1 mm) en un molino manual. Los resultados se expresaron sobre materia seca total.

Los métodos analíticos utilizados para el análisis bromatológico fueron:

- Las determinaciones de pH y conductividad eléctrica (CE) se realizaron en un extracto acuoso 1:5 p/v.
- La MO total se calculó mediante la pérdida de peso tras calcinación a 550 ºC.
- El nitrógeno orgánico se determinó mediante el método Kjeldahl, el cual proporciona el contenido de nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal de una muestra.
- Otros nutrientes (K, Ca, Mg, Na) se determinaron por absorción o emisión atómica en las soluciones acuosas resultantes de disolver con HCl las cenizas procedentes de la calcinación.
- El P se determinó por espectrofotometría visible a 440 nm del complejo que el P forma en presencia de molibdato amónico y vanadato (color amarillo en medio ácido).
- La materia orgánica y carbono total (CT) se determinaron por el método de Walkey y Black, 1934 por oxidación con dicromato de potasio.
- Relación C/N se obtienen mediante cálculo a partir de los valores obtenidos de carbono total.

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL ABONO OBTENIDO

2.4.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL COMPOST OBTENIDO

En la semana 25 se unificaron los compost mezclando la materia manualmente con el uso de una pala y se tomó una muestra para realizar un análisis bromatológico completo.

2.4.2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

El análisis físico se realizó a la muestra final del compost unificado. Para ello el material fue secado al aire y tamizado con tamiz de malla 8 mm. Se evaluaron: apariencia, color y olor.

Para determinar la humedad se tomó una muestra representativa del compost, se colocó la muestra húmeda en un recipiente previamente tarado, luego se pesó la muestra húmeda. Una vez pesada, la muestra se colocó dentro del horno durante 24 horas, a una temperatura de 110 ± 5 ºC. Transcurrido dicho tiempo, se determinó el peso con la muestra seca. Obtenidos el peso húmedo y seco de muestra se calculó el contenido de humedad, se resta el valor de muestra seca del valor de la muestra húmeda y multiplicando este resultado por 100.

La determinación de los sólidos volátiles y cenizas en residuos sólidos corresponde con la determinación de materias combustibles y no combustibles, es por lo tanto una determinación adecuada para conocer el grado de combustibilidad de un residuo y por lo tanto permitió seleccionar el tratamiento a aplicar.

Su determinación consiste en una calcinación entre 600 y 650 ℃. Se trabajó con el material procedente de la determinación de la humedad (exento de agua) o muestras trituradas y tamizadas por tamiz de 38 mm y secas a 75 ℃.

Procedimiento

- El crisol para la colocación de muestra se limpió antes de proceder a la medida. Igualmente estos se secaron mediante introducción en horno mufla a 500 ℃ durante 20 minutos y se enfriaron en el interior de un desecador.

- Una vez determinada la humedad, la muestra seca se introdujo en el horno mufla a 600 ℃ durante al menos 30 minutos. Estas m uestras con alto contenido de materias combustibles pueden incendiarse en el interior del horno.

- Tras el enfriado de la muestra, se pesó anotando su valor. Se volvió a repetir la

operación de calcinación durante 5 minutos más, así como la fase de enfriamiento y pesada descrita anteriormente. Este procedimiento se repetió hasta obtener un peso igual para tres repeticiones seguidas.

El carbón fijo es el carbono puro, existente en el carbón analizado. Se calcula restando los porcentajes de materias volátiles, de cenizas y de humedad. El análisis químico de carbono fijo se lo realizó según la metodología propuesta por American Society of Agronomy. (1982).

Los análisis se realizaron en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio del Departamento de Metalurgia Extractiva, a donde se enviaron muestras de 500 g del compost final obtenido.

2.4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico consistió en el recuento de coliformes fecales. Se lo realizó en la Universidad Católica del Ecuador en el Laboratorio de Microbiología Agrícola de Ciencias Exactas y Naturales, donde se envió una muestra de 500 g de abono final obtenido con su respectiva hoja de información.

El análisis microbiológico se realizó de acuerdo a la metodología de dilución en placa petri por recuento directo (American Society of Agronomy, 1982).

2.5 INCORPORACIÓN DEL ABONO AL CULTIVO DE PAPA EN FUNDA

2.5.1 ANÁLISIS DEL SUELO

El suelo utilizado para el ensayo fue tomado de la Hacienda San Palonino, Barrio Belisario Quevedo, poblado de Latacunga en la provincia de Cotopaxi.

El análisis de suelo el cual incluye: la determinación de macro y micronutrientes (ppm), acidez, conductividad eléctrica, materia orgánica (%), concentración de sales y textura se realizó para conocer sus características físico–químicas.

Se tomaron muestras del suelo recorriendo el terreno en zig-zag recolectando 40 submuestras con ayuda de un barreno tubular que fue introducido a una profundidad de 20 - 25 cm, con una inclinación aproximada de 60° con respecto a la superficie de suelo.

Las muestras fueron colocadas en un recipiente de plástico y mezcladas homogéneamente para formar una muestra compuesta. Se tomó aproximadamente 1 kg de tierra, se envasó en dos bolsas de plástico transparentes y se envió al laboratorio para su respectivo análisis.

El análisis de suelo fue ejecutado en el INIAP en el Laboratorio de Manejo de Suelos y Plantas de la Estación Experimental Santa Catalina y es en base en los resultados se definió la recomendación general de fertilización para el cultivo de papa.

2.5.2 PLAN DE FERTILIZACIÓN DE ACUERDO AL ANÁLISIS DE SUELO

En base a estos resultados obtenidos en el análisis de suelos y con la ayuda de la Tabla de Interpretación del análisis químico de suelos y recomendaciones generales de fertilización del INIAP, presentado en la Tabla 13, se realizó la recomendación de fertilización para el cultivo de papa.

Tabla 13. Interpretación del análisis químico de suelos y recomendaciones generales de fertilización

Interpretación Análisis de Suelo	Fracción disponible en el suelo				Recomendación de fertilización			
	N	P	S	K	N	P_2O_5	K_2O	S
	ppm			Meq/100 ml	kg/ha			
Bajo	< 30	< 10	< 12	< 0.19	150-200	300-400	100-150	40-50
Medio	31-60	11-20	13-23	0.2-0.38	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	> 61	> 21	> 24	> 0.39	60-100	100-200	40-50	0-20

(INIAP, 2000)

El análisis de la recomendación se lo realizó como se cita a continuación: el análisis de suelo para N dió el resultado de 25 ppm, lo cual corresponde al nivel

bajo. Usando la Tabla de recomendación para este suelo, le corresponde una fertilización entre 150-200 kg/ha.

Para el fósforo el resultado fue de 117 ppm, correspondió al nivel alto según la Tabla 13, le correspondió entonces una fertilización de 100-200 kg/ha.

Con respecto al S el resultado fue de 13 ppm, lo que correspondió al nivel medio, con una fertilización de 60-100 kg/ha.

Finalmente el valor de K fue 1.24 Meq/100 ml, encontrándose en un nivel alto, lo que corresponde a una fertilización de 0-20 kg/ha.

En la Tabla 14 se indica la recomendación general de fertilización determinada un cultivo de papa en una hectárea de siembra. También se indica la cantidad de fertilizante a utilizar en el cultivo de papa en macetas en invernadero.

Para calcular la cantidad necesaria de fertilizante para el invernadero se tomo en cuenta la cantidad de tierra destinada para la siembra en las macetas y se calculó por medio de regla de tres en relación con el requerimiento establecido para 1 ha. La cantidad de tierra para el invernadero fue de 1200 kg en un área de 15 m^2.

Tabla 14. Recomendación general de fertilización

NUTRIENTE	[1]RECOMENDACIÓN (kg/ha)	[2]RECOMENDACIÓN PARA CULTIVO EN INVERNADERO (kg)
Nitrógeno (N)	200	5
Fósforo (P2O5)	200	5
Potasio (K2O)	100	4
Azufre (S)	20	1

Recomendación para 1 ha
[2] Recomendación para cultivo de papa en invernadero

Para cumplir con la recomendación de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Azufre (S) como indica en la Tabla 14, se utilizaron los fertilizantes Hakapost 13-40-13, Urea 46-0-0 y Sulfato de Potasio 0-0-50, estos fueron disueltos en agua e incorporados al cultivo con la ayuda de regaderas.

La incorporación al suelo de los macro nutrientes presentados en la Tabla 14, se fraccionó en porcentajes, con el fin de que estén presentes en todas las etapas

del cultivo y garantizar así una adecuada nutrición a lo largo del crecimiento de la planta, como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15. Fraccionamiento de aplicación de macronutrientes

ETAPA	NITRÓGENO (N)	FÓSFORO (P_2O_5)	POTASIO (K_2O)	AZUFRE (S)
	%			
Siembra	25	75	15	22
Expansión foliar	19	8	9	
Inicio de tuberización	56	17	76	78
Total	**100**	**100**	**100**	**100**

(Fertirriego, 2010)

2.5.3 PREPARACIÓN DEL CULTIVO EN FUNDAS

Una vez conocido el plan de fertilización se trasladó la tierra necesaria, desde su ubicación original hasta la planta experimental ubicada en Carcelén. Antes de colocar la tierra en fundas polietileno fue desinfectada y fertilizada.

Para la desinfección del suelo se utilizaron los siguientes productos:

- Nitrofoska azul 2 kg
- Carbofuraran 200 g
- Terraclor 200 g

Se incorporaron los productos antes mencionados mediante riego a la cantidad de tierra destinada a 150 fundas; se dejaron actuar un día.

Una vez desinfectado el suelo se procedió a colocar el compost final con la tierra y pomina con el fin de evitar la compactación y mejorar la aireación del suelo.

Luego de este proceso se procedió a llenar las fundas con 8 kg de tierra en cada una y se incorporó la cantidad de abono designada, según el tratamiento a probar. Se probaron cinco tratamientos con una población de veinte y cinco plantas.

El compost fue añadido en los siguientes porcentajes de 2.5% al tratamiento 1 4.75% al tratamiento 2, 2 5% al tratamiento 3 y 6% al tratamiento 4. Los porcentajes fueron tomados en relación al total de 8 kg de suelo contenido en cada funda. Esto con la finalidad de probar cual es la dosificación ideal de los tratamientos propuestos.

2.5.4 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA

La papa de la variedad “yema de huevo”, empleada en el ensayo fue adquirida en el mercado de Machachi, luego permaneció almacenada durante quince días bajo condiciones de luz indirecta y ventilación para obtener papa–semilla con un grado de tuberización madura lista para la siembra.

Para asegurar el estado óptimo de la papa-semilla y romper el estado de latencia del tubérculo se empleó Vitavax de acuerdo a la siguiente metodología:

- Se llenó un tina con 8 litros de agua
- Se colocó 250 ml Vitavax
- Se sumergieron las papas en la solución durante 5 minutos.
- Se colocaron las papas en un lugar sombreado hasta que disminuya su humedad y de esta manera se encuentren listas para sembrar.

Realizado lo descrito anteriormente se procedió a sembrar una papa-semilla por funda.

2.6 EFECTO DEL ABONO OBTENIDO EN EL CULTIVO DE PAPA A ESCALA DE LABORATORIO

2.6.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el área del invernadero se colocaron los tratamientos identificados para su correcto control. El diseño experimental se describe a continuación.

- Tipo de diseño: DCA (Diseño completamente al

azar)

- Tratamientos: 5
- Repeticiones: 5
- Número de plantas por tratamiento: 30
- Área total del invernadero: 15 m^2

La aplicación del compost fue dirigida al área radicular según sea el tratamiento.

Los tratamientos propuestos fueron los siguientes:

T0: Testigo (sin abono orgánico)

T1: Fertilización química + 200 g M.O.

T2: Fertilización química + 300 g M.O.

T3: Fertilización química + 400 g M.O.

T4: Fertilización química + 500 g por planta

En el Anexo XI se muestra la distribución de los diferentes tratamientos en el invernadero.

Durante el cultivo se controlaron los siguientes parámetros:

Temperatura y Humedad del invernadero. Se tomaron y registraron datos en la mañana y en la noche con un termo higrómetro.

Riego. El método de riego empleado fue por irrigación directa, cada dos días.

Para determinar el efecto de los tratamientos en el cultivo de papa se midieron los siguientes parámetros:

Longitud y diámetro del tubérculo. Se midió una vez concluido el tiempo de desarrollo del cultivo de papa después de la cosecha. Se tomaron 10 papas al azar de cada uno de los tratamientos y se midió con la ayuda de un calibrador.

Para lograr una relación entre la longitud y el diámetro se calculó la relación de aspecto. Se calcula dividiendo la longitud para el diámetro, en la Figura 8 se representa longitud y diámetro en una papa para su identificación.

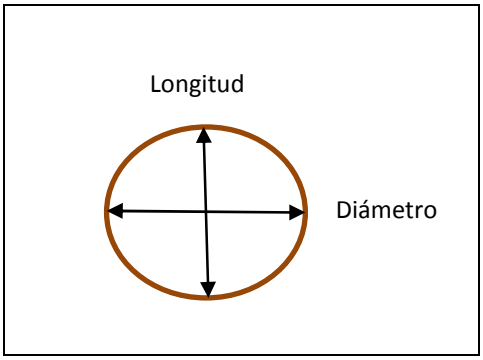


Figura 8. Representación de longitud y diámetro en una papa

Rendimiento por funda. Para el cálculo del rendimiento se evaluó el peso y el número de papas por tratamiento.

Para el determinar el peso se pesaron 100 papas por tratamiento al azar en una balanza digital previamente verificada.

Para establecer el número de papas se contó el número de papas por funda y luego por tratamiento.

2.6.2 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

El criterio a utilizar para el análisis económico se basa en examinar los costos y beneficios a precios de mercado y determina su rentabilidad económica a través del punto de equilibrio del ensayo en invernadero. Para realizar este análisis hay que conocer los costos de las actividades, los cuales están divididos en costos variables y costos fijos.

2.6.2.1 Determinación de los costos fijos y variables

Para el análisis de costos variables se tomaron en cuenta los valores correspondientes a:

- **Materia prima**. Incluyen los costos de materia prima para la elaboración del compost:

* Raquis, fibra y ceniza. No poseen valor comercial ya que son desechos no utilizables en las plantas de extracción de aceite de palma africana.

* Gallinaza. Es muy cotizada a nivel agrícola, ya que los agricultores incorporan nitrógeno al suelo por medio de este elemento, el valor presentado es el ofertado en el mercado local en los galpones de crianza de gallinas, en la localidad de Puembo.

* Melaza. Es utilizada para alimentar al ganado, en este caso se utilizó para la activación microbiana, su valor está en función de la oferta y demanda de las casas comerciales de Guayllabamaba.

* Trichoeb y Nemateb. Proporcionados por la casa comercial.

* Agua. Proporcionado por le EMAP-Q.

- **Mano de obra**. Incluyen los costos de mano de obra para la elaboración del compost. Se considera un trabajador con un contrato de obra cierta, en el cual no se considera ninguna aportación patronal.

- **Envase (fundas de polietileno).** Incluyen los costos de las fundas de polietileno para el cultivo de papa.

Los costos directos totales del compost son divididos para la producción total de compost producido para determinar el costo unitario de elaboración por kilogramo.

A partir de los costos directos de cultivo de papa del testigo, se determina el costo unitario de siembra resultante de dividir el costo directo del cultivo de papa para el número total de fundas utilizadas en el ensayo. Con estos datos se realizó el análisis de Costos de producción de papa para cada tratamiento.

Para el análisis de los costos fijos se tomaron en cuenta los costos de:

- **Infraestructura y equipos**. Todo lo relacionado con la construcción, almacenamiento, adecuaciones e instalaciones necesarias para la adecuación de

un área cerrada para el desarrollo y control del proyecto. Se determinó la ubicación del área y su dimensión para el experimento por facilidad de acceso y monitoreo.

- **Análisis de laboratorio**. Incluye todos los costos de análisis de suelo, bromatológico y microbiológico.

- **Transporte**. Se tomaron en cuenta los costos de transporte del suelo desde su lugar de origen Latacunga y de los desechos de palma africana desde Quinindé hasta el lugar del ensayo en Carcelén.

En base a los datos del Anexo XIII se determinó el costo fijo por funda, que el resultado de dividir el costo total fijo para el número de fundas.

2.6.2.2 Determinación del punto de equilibrio

Se consideró para este análisis una producción total por cada tratamiento y para cada uno de ellos se calculó su punto de equilibrio con el fin de determinar su rentabilidad.

Se consideraron condiciones reales de producción, por lo que se eliminaron costos de materiales y equipos utilizados en el ensayo que en una producción real el agricultor no lo utilizaría.

Dentro de los costos directos se consideraron para su eliminación:

- Vitavax
- Terraclor
- Nitrofoska azul

En lo que se refiere a costos indirectos, se tomó en cuenta un invernadero del tipo comercial con el fin de abaratar costos, además se eliminaron:

- Estructura a base de pingos

- Clavos
- Martillo
- Termohigrómetro
- Composteras
- Análisis bromatológicos y microbiológico
- Transporte de tierra

Para calcular el punto de equilibrio se programó una hoja de Excel con las variables que influyen en la producción y se utilizó la herramienta función objetivo con lo que se determinó el número de ciclos y el área necesaria para alcanzar este punto.

Para realizar el análisis del punto de equilibrio se tomó como referencia el Boletín Técnico de Negocios y Finanzas, 200; en el cual se considera que en un cultivo durante un ciclo de producción todos los costos se vuelven fijos. Anexo XIV.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 EFECTO DE DOS MICROORGANISMOS EN LA ELABORACION DE COMPOST

3.1.1 ANÁLISIS DE LA HUMEDAD

Los resultados de la humedad de los compost 1 y 2 elaborados con los microorganismos Trichoeb y Nemateb, en la semana 20 dieron resultados de 50.3% y 50% respectivamente. Estos valores no se encontraron dentro de la norma (25 – 45 %) según Muñoz, 2008.

Esto pudo haber sucedido debido a la frecuencia de riego. Hasta la semana 20 los riegos al compost fueron cuatro veces por semana. Una vez conocidos los datos del análisis de la humedad se disminuyó esta frecuencia a la mitad.

En la semana 25 los resultados de la humedad en los compost fueron de 20,3% y 18,0%, estos resultados no se encontraron dentro de la norma, por lo que se realizó nuevamente un ajuste en la frecuencia de la humedad a tres veces por semana.

3.1.2 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA

La Figura 9 representa la tendencia de la temperatura de los residuos en función del tiempo.

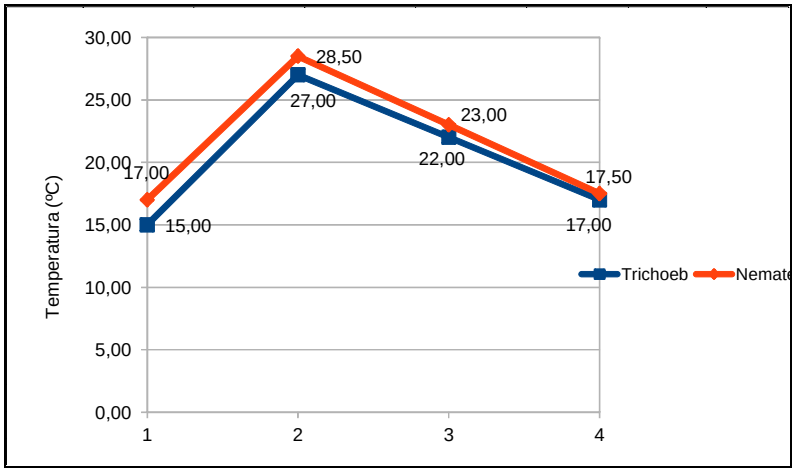


Figura 9. Tendencia de la temperatura de los residuos en función del tiempo

La tendencia de las temperaturas de los compost elaborados con Trichoeb y Nemateb reportaron un máximo alcanzado al segundo mes, con temperaturas de 27 ℃ y 28.5 ºC respectivamente. Al cuarto mes las temperaturas descendieron hasta 17 ℃ y 17.5 ºC. Ambos ensayos presentaron co mportamientos térmicos similares.

En el compostaje aerobio se dan tres fases de comportamiento de temperatura: etapa mesófila (15 ℃ a 20 ℃), etapa termogénica (40 ℃ a 50 ℃) y etapa de enfriamiento (25 º) según indica Tchobanoglous, 1997.

Es probable que la fase termofilica no fuera evidente debido a una disipación de calor ocasionada porque las composteras tuvieron dimensiones muy pequeñas y se prestaron a una pérdida de temperatura mayor a la generada. MacGregor *et al.*, 1981 señalaron que cuando las temperaturas del sustrato descienden a valores próximos a la temperatura ambiente es porque el material se acerca a la madurez, aunque es necesario considerar otros factores como pH, relación carbono/nitrógeno, NH_4. Las temperaturas observadas en este experimento estuvieron en el rango mesófilo en la mayor parte del período observado, lo cual se entiende como una estabilización rápida de la materia orgánica según los autores antes mencionados.

3.1.3 ANÁLISIS DEL PH

En la Figura 10 se puede observar la tendencia del pH de los residuos en función del tiempo.

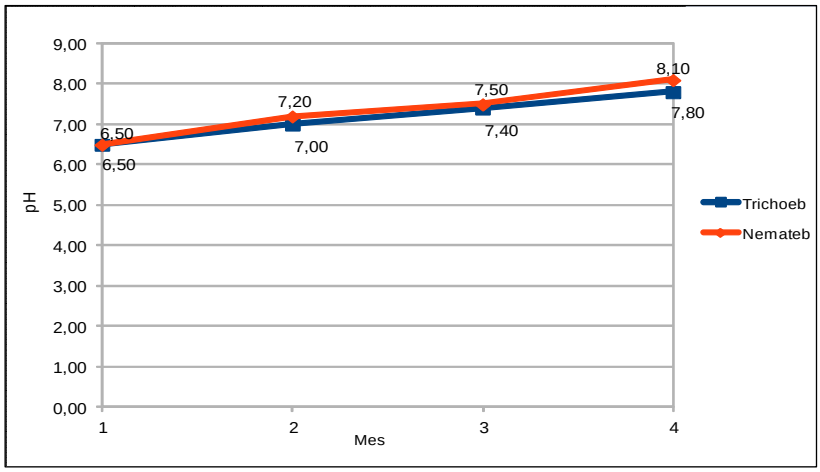


Figura 10. Tendencia del pH de los residuos en función del tiempo

El control de pH de los compost elaborados con los microorganismos Trichoeb y

Nemateb en el primer mes registraron valores iguales de 6.5. En el segundo mes los valores fueron de 7.0 y 7.2. Al tercer mes se obtuvieron valores de 7.4 y 7.5 y al cuarto mes 7.8 y 8.1.

INPOFOS, 1997 indica que se eleva el pH a medida que se degrada la materia orgánica. Al observar la Figura 10 se notó una tendencia de incremento con un pico mayor al cuarto mes cuando el compost llego a su término de degradación de los desechos orgánicos, concordando con lo dicho por el autor.

En general pH ligeramente alcalino y ligeramente ácidos favorece el desarrollo y velocidad de reacción de diferentes tipos de microorganismos del suelo, según Según Oyarzún *et. al*., 2002. A partir de este argumento se determinó que el pH de los compost pudo haber favorecido el crecimiento y desarrollo de microorganismos y actividades de descomposición de materia orgánica.

3.1.4 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Para iniciar el ensayo se realizó un análisis bromatológico del material orgánico a compostar: raquis, fibra y ceniza; presentó una relación carbono/nitrógeno de 41.2.

Climent, 1996 indica que al inicio del proceso, la relación entre el contenido de carbono y nitrógeno debe estar dentro del rango razonable 20-40 para considerarse un material biodegradable. Si la relación carbono/nitrógeno es muy elevada, disminuye la actividad biológica generando lentitud en el proceso. Una relación muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoniaco.

La relación carbono/nitrógeno de la materia orgánica inicial fue ligeramente elevada con respecto al rango establecido por el autor Climent, esta podría ser la razón por la que el tiempo de degradación del compost de cuatro meses, un mes más en relación a los 2-3 meses de descomposición indicado por Sztern y Pravia, 1999.

Pese a que la materia orgánica es ligeramente elevada según el análisis se puede

concluir que es biodegradable y puede transformarse en compostaje una vez transcurrido el tiempo suficiente.

En la semana 20 se realizaron análisis bromatológicos a los compost elaborados con Trichoeb y Nemateb respectivamente, los resultados se visualizan en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultado de los análisis bromatológicos realizados al compost en la semana 20

PARÁMETRO		COMPOST	
NOMBRE	UNIDAD	TRICHOEB	NEMATEB
C/N	---	29.4	30.3
C.E.	dS/m	2.77	2.77
N Total	g/100 g	0.57	0.57
P	g/100 g	0.21	0.21
K	g/100 g	0.70	0.70
Ca	g/100 g	1.78	1.78
Mg	g/100 g	0.36	0.36
S	g/100 g	0.12	0.12
M.O.	g/100 g	31.7	31.7
Humedad	%	50.3	50.0
B	mg/kg	41.3	41.3
Zn	mg/kg	87.4	87.4
Cu	mg/kg	35.6	35.6
Fe	mg/kg	10625	10625
Mn	mg/kg	165.5	165.5

El resultado más relevante es la relación carbono/nitrógeno (C/N) con valores de 29.4 para Trichoeb y 30.3 para Nemateb, lo que indica que todavía no se encuentran desarrollados completamente como un compost maduro ya que no alcanzan valores en la relación C/N menor a 15.5 según lo recomendado (Muñoz, 2008).

Los valores de la relación C/N entre los dos compost presentan una variación menor a un punto, lo que indica que la eficiencia de los microorganismos es similar hasta la semana 20.

Los análisis bromatológicos de los compost en la semana 20 indicados en la Tabla 16, indican una carencia de nitrógeno por lo que fue necesario adicionar gallinaza.

Después de la adición de gallinaza y transcurridas 5 semanas se realizó un nuevo análisis bromatológico a los compost, los resultados se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultado de los análisis bromatológicos realizados al compost en la semana 25

PARÁMETRO		COMPOST	
NOMBRE	UNIDAD	TRICHOEB	NEMATEB
C/N	---	15.5	15.0
C.E.	dS/m	2.77	2.77
N Total	g/100 g	0.57	0.60
P	g/100 g	0.21	0.21
K	g/100 g	0.70	0.73
Ca	g/100 g	1.78	1.80
Mg	g/100 g	0.36	0.36
S	g/100 g	0.12	0.12
M.O.	g/100 g	31.7	31.7
Humedad	%	20.3	18.0
B	mg/kg	41.3	41.3
Zn	mg/kg	87.4	88.1
Cu	mg/kg	35.6	35.6
Fe	mg/kg	10625	10500
Mn	mg/kg	165.5	165.5

La estabilización de la relación carbono/nitrógeno en su límite en 15.5 se la logró en un periodo de 25 semanas, transcurrido este período se obtuvo un compost maduro.

Los compost analizados en la semana 25 presentaron valores ideales en cuanto a la relación carbono/nitrógeno lo que indica que la degradación de la materia fresca por parte de los microorganismos fue completa convirtiéndola en un compost con características óptimas para ser utilizado en el cultivo de papa.

Debido a que los compost presentaron características similares en su composición, según los análisis bromatológicos, se decidió unificarlos para obtener un compost final de características similares.

3.2 ANÁLISIS FÍSICO, BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST FINAL OBTENIDO

3.2.1 ANÁLISIS FÍSICO DEL COMPOST FINAL

En la Tabla 18 se presentan las características físicas ideales de un compost según Sztem y Pravia, 1999 y las características del compost final obtenido.

Tabla 18. Comparación de las características físicas del compost

PARÁMETROS ANALIZADOS	[1]CARACTERISTICAS IDEALES	[2]CARACTERISTICAS DEL COMPOST OBTENIDOo
Apariencia	Suelta	Suelta
Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro
Olor	Agradable a tierra fresca	Tierra fresca

Sztem y Pravia, 1999
[2] Resultado del compost obtenido en el ensayo

El análisis físico del compost final obtenido se encuentra dentro de los parámetros esperados.

Su apariencia es suelta, presenta color negro y su olor es agradable similar a tierra fresca.

El cumplimiento de estas características indica que es un compost con características físicas ideales para un compost maduro según lo indica Sztem y Pravia, 1999.

3.2.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL COMPOST FINAL

En la Tabla 19 presentan los datos del análisis bromatológico del compost final unificado.

Tabla 19. Resultados del análisis bromatológico realizado al compost final obtenido en la semana 25

PARÁMETRO		COMPOST FINAL
NOMBRE	UNIDAD	
pH	---	7.8
C/N	---	15.5
C.E.	dS/m	2.77
N Total	g/100 g	1.7
P	g/100 g	0.21
K	g/100 g	0.70
Ca	g/100 g	1.78
Mg	g/100 g	0.36
S	g/100 g	0.12
M.O.	g/100 g	31.7
Humedad	%	25.3
B	mg/kg	41.3
Zn	mg/kg	87.4
Cu	mg/kg	35.6
Fe	mg/kg	10625
Mn	mg/kg	165.5

En la Tabla 20 se presenta una comparación entre los criterios que emplea Biagro, 2001 sobre los rangos óptimos de nutrientes en un compost ideal y los valores obtenidos en el compost final según el análisis bromatológico.

Tabla 20. Valores óptimos de nutrientes para un compost según Bioagro y valores del análisis bromatológico del compost final obtenido

COMPOSICIÓN	UNIDAD	[1]VALOR DE REFERENCIA BIOAGRO	RESULTADO DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL COMPOST FINAL
pH	-	6,5 – 7,5	7,8
Materia Orgánica	%	Menor al 40	31,7
Relación C/N	-	Menor 15,5	15,5
Relación SV/ST	-	Menor 0,3	0,21
Nitrógeno Total	%	1,5 a 1,8	1,7
Fósforo Total	%	0,8 a 1	0,21
Potasio (K)	%	Menor que 1	0,7
Calcio (Ca)	%	1	1,78
Magnesio (Mg)	%	0,9- 1	0,36
Azufre (S)	%	-	0,12
Zinc (Zn)	ppm	16- 18	87,4
Cobre (Cu)	ppm	15 a 150	35,6
Hierro (Fe)	ppm	30	10625
Manganeso (Mn)	ppm	44 – 60	165,5

Los resultados de macro y micronutrientes del análisis bromatológico realizado al compost final en comparación con los valores ideales propuestos por Bioagro, 2001, se encuentran dentro de los rangos óptimos para la elaboración de un compost lo que indica que su uso es recomendable en el cualquier tipo de cultivo.

El compost en estudio presenta un porcentaje de materia orgánica (M.O.) de 31.7%, este fue uno de los más importantes cuando se analiza la correcta maduración de un compost siempre que se encuentre por debajo del 40%.

El compost final se encuentra dentro del parámetro lo que indica que podría aportar con los nutrientes necesarios para la fertilidad y productividad de la planta (Muñoz, 2008).

Al comparar los elementos nutricionales del compost final obtenido con los valores de referencia citados por Bioagro, 2001, se observa que la mayor parte de micronutrientes (oligoelementos) como son Zinc, Cobre, Hierro y Manganeso presentan valores elevados.

Sánchez, 2007, indica que la importancia de los micronutrientes se encuentra en el aporte de estos como cofactores enzimáticos que son responsables del tratamiento de electrones en las reacciones de óxido-reducción; lo que podría permitir la transformación de los elementos orgánicos del medio a elementos inorgánicos que las plantas absorben.

Además, es importante considerar que los micronutrientes presentan un papel importante en la fotosíntesis, producción de clorofila y carbohidratos, sus valores altos no afectan al compost si no contribuyen en estos procesos es por ello que los resultados han influido positivamente en el ensayo.

3.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST FINAL

En la Tabla 21 se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado al compost final unificado, se incluyen los valores referenciales según la EPA.

Tabla 21. Análisis microbiológico del compost analizado en función al indicador bacteriológico de contaminación según la EPA.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST	VALOR DEL COMPOST ANALIZADO (NMP/ML)	INDICADOR BACTERIOLÓGICO DE CONTAMINACIÓN (NMP/ml)
RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	**$7,5X10^3$**	**$< 1,3X10^6$**

Norma EPA, 1998

El análisis microbiológico del compost analizado, demuestra la presencia de coliformes fecales.

Según la EPA (Enviromental Protection Agency of United States), para que un compost sea de calidad y pueda ser comercializado; el recuento de coliformes fecales debe estar por debajo de$1.3x10^{6,}$ como indica la Tabla 21 en donde se presenta también el valor de coliformes del compost final obtenido.

El valor del recuento de coliformes fecales en el compost analizado es de 7,5 10^3 NMP/ml se encuentra dentro de la norma (EPA, 1998), el cual precisa que el límite permisible de contaminación de coliformes fecales debe ser menor a 1,3 * 10^6 NMP/ml. Por lo que se concluye que el compost se encuentra dentro de los parámetros de calidad que exige la norma internacional en abonos y enmiendas orgánicas de la EPA.

Según Estrada, 1990 la presencia bacteriológica de gérmenes patógenos, está dada por contaminación con heces de animales, roedores y rumiantes. Los coliformes fecales se encuentran en el estómago de rumiantes o en las heces fecales de animales o humanos. Sin embargo el proceso de autodepuración biológica al transformar la materia orgánica en humus, repercute sobre la depuración del sistema; ya que existen procesos antagónicos de predominancia de microorganismo benéficos sobre microorganismos patógenos.

La existencia de coliformes fecales en este ensayo, se debe a la incorporación de gallinaza en el compost analizado. No obstante, el indicador bacteriológico de contaminación de la EPA, demuestra que el recuento de coliformes fecales en el compost en estudio, se encuentra dentro de los límites permisibles de

contaminación por lo que puede ser aplicado en el cultivo de papa.

3.3 ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL COMPOST EN EL CULTIVO DE PAPA EN FUNDAS

3.3.1 ANÁLISIS DEL SUELO

En la Tabla 22, se indica el reporte del análisis del suelo realizado por el INIAP y su interpretación para la región sierra.

Tabla 22. Análisis del suelo para el cultivo de papa variedad *"yema de huevo"*

ANÁLISIS DE SUELO				
OMPOSICIÓN	**UNIDAD**	**BAJO**	**MEDIO**	**ALTO**
PH			**6,60 (NEUTRO)**	
MATERIA ORGÁNICA	**%**	**1,90**		
NITRÓGENO (N)	**PPM**	**25,00**		
FÓSFORO (P)	**PPM**			**117,00**
AZUFRE	**PPM**		**13,00**	
POTASIO (K)	**MEQ/100ML**			**1,24**
CALCIO (CA)	**MEQ/100ML**			**8,90**
MAGNESIO (MG)	**MEQ/100ML**	**0,45**		
ZINC (ZN)			**3,47**	
COBRE (CU)				**6,20**
HIERRO (FE)	**PPM**			**88,90**
MANGANESO (MN)			**8,80**	
BORO (B)		**0,70**		

(INIAP, 2010)

Según los resultados obtenidos en el análisis de suelo, se observa que los valores de fósforo, potasio, calcio, cobre y hierro se encuentra altos, esto puede ser debido a que el suelo provenía de una zona altamente agrícola y ganadera; por lo que los residuos de las cosechas y el estiércol de ganado influyen en la predominancia algunos de estos nutrientes en el suelo.

El suelo reportó un pH de 6,60, INPOFOS, 1997, indica que el cultivo de papa tolera un pH entre 5,5 a 6,50; el pH del suelo en estudio favorece entonces la actividad microbiana responsable de la productividad del suelo.

Con respecto a la materia orgánica (1,90%), nitrógeno (25 ppm), magnesio (0,45 meq/100 ml) y boro (0,70 ppm) corresponden a los valores más bajos registrados en el suelo analizado, por lo que en el momento de fertilizar el suelo deben ser considerados para cumplir con el requerimiento del cultivo.

INPOFOS, 1997 manifiesta que en los suelos los bajos contenidos de nitrógeno se debe a que el 90% del nitrógeno en el suelo es proporcionado por la descomposición de la materia orgánica. Por lo tanto si la materia orgánica es escaza en el suelo como ocurre en el suelo analizado (1,90%), el contenido de nitrógeno de igual manera será bajo.

Con respecto al azufre, zinc y manganeso los análisis indican que se encuentran dentro de los valores medios según los parámetros referenciales empleados por el INIAP.

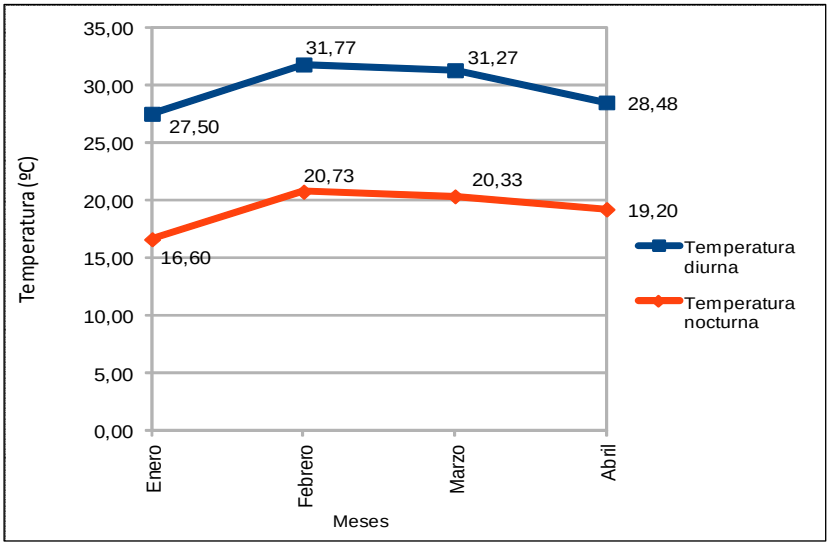
Es evidente que el análisis del suelo en estudio presenta valores altos y medios de 8 de los 12 nutrientes tales como: fósforo, azufre, potasio, calcio entre otros; sobre la base del rango de determinación del INIAP. Según Pumisacho y Sherwood, 2000, el cultivo de papa requiere mayor cantidad de fósforo, potasio y azufre. Por lo que el suelo en estudio es adecuado para el cultivo de papa.

3.3.2 TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL CULTIVO

Para efectuar el monitoreo de estas variables, se tomaron datos de temperatura y humedad con un termo higrómetro. En la Figura 11 se presentan los promedios

mensuales de la temperatura ambiente diurna y nocturna durante el ciclo productivo de la papa.

Figura 11. Tendencia de la temperatura del cultivo en función del tiempo



Pumisacho y Sherwood, 2002 indican que la variación de temperatura en el cultivo de papa es de mucha importancia ya que la planta necesita una variación mínima de 10 ºC para la tuberización.

En la Figura 11 se puede observar que el gradiente de temperatura alcanzado en el invernadero fue de 15 ºC, lo que aseguró un desarrollo adecuado.

Se visualiza también una elevada temperatura diurna en promedio de 29.76 ºC, los parámetros de temperatura para este cultivo no deben superar los 20 ºC.

Según menciona Pumisacho y Sherwood, 2002. Moorby and Milthorpe, 1983 indican que bajo condiciones de altas temperaturas restringen la formación de tubérculos, este elevado valor pudo haber indidido en que la papa seleccionada no produzca en el tiempo esperado de 90 días, sino que su comportamiento fue el de una variedad tardía con 110 días.

En la Tabla 23 se presentan los promedios mensuales de la humedad relativa durante el ciclo productivo de papa, encontrándose estos valores están dentro de los parámetros óptimos pese a que los valores de temperatura son altos.

Esto se debe a la continua irrigación que se le dio al cultivo.

Tabla 23. Tendencia de la humedad relativa del cultivo en función del tiempo

Mes	Humedad (%)
Enero	41,3
Febrero	57,5
Marzo	53,4
Abril	51,0
Promedio	**50,8**

3.3.3 LONGITUD DEL TUBÉRCULO

En la Tabla 24 se presentan los valores de longitud promedio de los tubérculos correspondientes a cada uno de los tratamientos.

Tabla 24. Longitud promedio de la papa por tratamiento

LONGITUD DEL TUBÉRCULO	
Tratamiento	Promedio (mm)
T0	33,54
T1	33,80
T2	34,48
T3	33,62
T4	34,78

Al realizar el método de comparaciones múltiples de Turkey al 5% para la variable longitud del tubérculo se identifica un grupo homogéneo de significación, como se presenta en la Tabla 24. A pesar de no presentar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se identificaron valores altos en los tratamientos T4 y T2.

Los tratamientos que presentaron los valores más bajos fueron T0, T1 y T3.

Aunque T0 reportó el menor valor registrado 33.54 mm., este valor no se encuentra por debajo del rango comercial de longitud del tubérculo que se exige en el mercado.

Los mejores resultados obtenidos pertenecen tanto al tratamiento T4 como al

tratamiento T2 con valores de 34.78 y 34.48 mm respectivamente. Se concluye que el T4 fue el mejor tratamiento respecto a la respuesta que tuvo el cultivo en la variable longitud del tubérculo.

Según Estrada, 1990, el tamaño comercial de la longitud de tubérculo en la variedad de papa *"yema de huevo,"* se encuentra en un rango de 20 a 60 mm. Al comparar los rangos proporcionados por este autor y los resultados del ensayo se puede observar que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango comercial. Sin embargo el T4 fue el tratamiento que mayor longitud comercial del tubérculo.

Los resultados del análisis de varianza (ADEVA) de la variable longitud del tubérculo en la productividad de la papa variedad *"yema de huevo"*, se muestran en la Tabla 25. En donde se observó que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Tabla 25. Análisis de varianza para la variable longitud del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"*

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS
Total	24	---
Tratamientos	4	1.43 **n.s.***
Error Experimental	20	50.87
Promedio	---	34.04
C.V. (%)	---	**19.20**

***n.s: No significativo**

Jhonstom, 1991 indica que la cantidad de materia orgánica del suelo depende de factores tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo, su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente en el suelo, la textura del suelo, la aireación, la humedad y los factores climáticos

Barrera, 2004 indica que el efecto benéfico de la materia orgánica en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que el cultivo de la papa reacciona favorablemente a abonos orgánicos y a los abonos verdes, porque se mejora la estructura del suelo y gradualmente hay liberación de varios nutrimentos que luego son asimilados por la papa. La materia orgánica pudo

haber constituido una mejora de longitud del tubérculo.

Se concluye que el tratamiento T4 al presentar mayor concentración de materia orgánica lo que pudo haber repercutido en la longitud del tubérculo.

3.3.4 DIÁMETRO DEL TUBÉRCULO

En la Tabla 26 se presentan los valores promedio de diámetro de tubérculo por tratamiento.

Tabla 26. Promedios de diámetro del tubérculo por tratamiento de papa

DIÁMETRO DEL TUBÉRCULO	
Tratamiento	Promedio (mm)
T0	32.59 □
T1	32.88 □
T2	33.08 □
T3	34.59 □
T4	35.52 □

Al realizar el método de comparaciones múltiples de Turkey al 5% para esta variable se identifica un grupo homogéneo de significación, como se presenta en la Tabla 26.

A pesar de no presentar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se identificaron valores altos en los tratamientos T4 y T3.

Los tratamientos que presentaron los valores más bajos son T0, T1 y T2.

T0 reportó el menor valor registrado con 32.59 mm.

El tratamiento T4 presenta el mejor resultado con 35.52 mm con respecto al tratamiento T0 que presenta uno de los valores más bajos con 32.59 mm.

Los resultados del análisis de varianza (ADEVA) de la variable diámetro del tubérculo, se muestran en la Tabla 27 y se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Tabla 27. Análisis de varianza para la variable diámetro del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"*

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS
Total	24	---
Tratamientos	4	2.28 **n.s.***
Error Experimental	20	30.88
Promedio	---	33.73
C.V. (%)	---	**15.21**

***n.s: No significativo**

El promedio general fue de 33.73 mm con un coeficiente de variación de 15.21%,

Es conocido el efecto benéfico de la materia orgánica en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que el cultivo de la papa reacciona favorablemente a abonos orgánicos y a los abonos verdes, porque se mejora la estructura del suelo y gradualmente hay liberación de varios nutrimentos (Barrera, 2004); de esta manera el abono orgánico se constituye en una ayudante ideal para los fertilizantes químicos. La materia orgánica pudo haber constituido una mejora de la fertilidad del suelo y por tanto de los rendimientos, longitud y diámetro del tubérculo.

El tratamiento T4 al presentar mayor concentración de materia orgánica podría repercutir en el diámetro del tubérculo.

3.3.5 ASPECTO

En la Tabla 28 se presenta la relación de aspecto de la papa cosechada.

Tabla 28. Relación de aspecto de la papa cosechada "yema de huevo"

Tratamiento	Longitud	Diámetro	Relación de aspecto	
	Promedio (mm)	Promedio (mm)	L/D	(L/D)-1
T0	33,54	32,59	1,03	0,03
T1	33,80	32,88	1,03	0,03
T2	34,48	33,08	1,04	0,04
T3	33,62	34,59	0,97	-0,03
T4	34,78	35,52	0,98	-0,02

De acuerdo a los datos de la Tabla 28 en la que se presenta la relación de aspecto de la papa cosechada, se puede determinar que el tratamiento T4

presentó tubérculos con características geométricas favorables en comparación con los otros tratamientos.

Encontrando que las papas son más grandes y tienden a ser esféricas como demuestra la relación de aspecto, la cual da un valor muy cercano a uno, siendo uno el límite esférico ideal. (Cano, 1994).

3.3.6 RENDIMIENTO

3.3.6.1 Número de tubérculo

En la Tabla 29 se pueden observar los promedios de número de tubérculos por funda donde se visualiza que el tratamiento T4 fue el más óptimo con un promedio de 18 tubérculos por funda. El tratamiento T0 produjo mejor cantidad de tubérculos con promedio de 12 unidades por funda.

Tabla 29. Promedio unidades por funda por tratamiento

Tratamientos	Unidades por funda
T0	12
T1	14
T2	15
T3	15
T4	18

Al realizar el método de comparaciones múltiples de Turkey al 5% para esta variable se identifica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

El tratamiento T4 presenta el mejor resultado con 18 unidades con respecto al tratamiento T1 que presenta uno de los valores más bajos con 14 unidades.

Los resultados del análisis de varianza (ADEVA) de la variable número de tubérculo se muestran en la Tabla 30, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, existe una variación considerable de este parámetro.

Tabla 30. Análisis de varianza para número de tubérculos por tratamiento

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS
Total	24	---
Tratamientos	4	7,02
Error Experimental	20	14,79
Promedio	---	14,83
C.V. (%)	---	**4,06**

***n.s: No significativo**

El promedio general fue de 14.83 gramos con un coeficiente de variación de 4.06% resultando aceptable el ensayo experimental.

3.3.6.2 Peso de tubérculo

En la Tabla 31 se presenta la producción total en peso por tratamiento y los valores de peso, unidades por funda y fundas por tratamiento.

Tabla 31. Producción total por tratamiento.

Tratamiento	Peso promedio (g)	Unidad por funda	Fundas por tratamiento	Producción total/tratamiento (kg)
T0	24,71	12	30	8,90
T1	25,16	14	30	10,57
T2	25,81	15	30	11,61
T3	26,31	15	30	11,84
T4	27,96	18	30	15,10
			Total	**58,02**

Según lo expuesto en la Tabla 31 el mayor rendimiento en cuanto a producción fue la del tratamiento T4.

Lo que podría indicar que a mayores cantidades de materia orgánica en el cultivo, 6% del total como es el caso del tratamiento T4, sus rendimientos serán mayores. La dosis aplicada en este ensayo fue la correcta para obtener el mayor rendimiento.

En la Tabla 32 se presenta el método de comparaciones múltiples de Turkey al 5% para esta variable se identifica un grupo homogéneo de significación, no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 32. Promedios de la variable peso promedio por tratamiento

PESO PROMEDIO POR TRATAMIENTO	
Tratamiento	Promedio (g)
T0	24,71
T1	25,16
T2	25,81
T3	26,31
T4	27,96

En la Tabla 33 se puede observar el análisis de varianza para esta variable.

Tabla 33. Análisis de varianza para la producción del tubérculo en la productividad del cultivo de papa variedad *"yema de huevo"*

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS
Total	24	---
Tratamientos	4	1,06 n.s.*
Error Experimental	20	26,00
Promedio	---	25,99
C.V. (%)	---	**7,87**

***n.s: No significativo**

El promedio general fue de 25.99 gramos con un coeficiente de variación de 7.87% resultando aceptable el ensayo experimental.

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.4.1 COSTOS DIRECTOS

Para determinar el costo directo por tratamiento se dividió en dos partes, en primer lugar se determinaron los costos directos de la elaboración del compost como se presenta en la Tabla 34, en segundo lugar se analizaron los costos del cultivo de papa sin compost.

Tabla 34. Costos directos del compost

MATERIA PRIMA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Raquis, fibra, ceniza	kg	350	0,00	0,00
2	Gallinaza	kg	50	0,10	5,00
3	Melaza	l	1	0,50	0,50
4	Microorganismo Trichoeb	kg	0	58,00	0,23
5	Microorganismo Nemateb	kg	0	55,00	0,22
6	Agua	m3	1	0,35	0,35
				Total	**6,30**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Picado, mezcla, riego	hora	24	1,50	36,00
				Total	**36,00**

TOTAL COSTOS VARIABLES (Directos) **42,30** USD

La cantidad de compost producida en el ensayo fue de 41 kg. Para producir esta cantidad fue necesario invertir 42.30 dólares, lo que nos da un costo unitario de 1.03 USD/kg.

En la Tabla 35 se detallan los costos directos del cultivo de papas sin aplicación de compost.

Tabla 35. Costos directos de cultivo de papa

MATERIA PRIMA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Vitavax	kg	0,25	5,17	1,29
2	Terraclor	kg	0,20	4,05	0,81
3	Carbofuran	kg	0,20	4,30	0,86
4	Nitrofoska azul	kg	2,00	5,20	10,40
5	Hakapos 13-40-13	kg	20,00	3,20	64,00
6	Urea 46-0-0	kg	6,00	1,20	7,20
7	Sulfato de Potasio 0-0-50	kg	5,00	1,60	8,00
8	Papa "yema de huevo"	kg	13,00	0,62	8,06
9	Agua	m3	8,30	0,35	2,91
				Total	**103,53**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Limpieza y riego	hora	90,00	1,50	135,00
2	Post-cosecha	hora	24,00	1,50	36,00
				Total	**171,00**

ENVASE

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Fundas de polietileno	u	150,00	0,02	3,00
				Total	**3,00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS **277,53** USD

Para determinar el costo directo unitario de cada tratamiento fue necesario determinar el costo del tratamiento T0 (sin compost) y luego se adicionó los costos por porcentaje de compost adicionado. El ensayo estuvo conformado por 150 fundas para producción y se obtuvo un costo directo unitario por funda de 0.72 USD.

De acuerdo a la Tabla 36 se determinó que el tratamiento T4 fue el que obtuvo el menor costo de producción, esto a pesar de que el costo de siembra fue más elevado en relación a T0 pero su cosecha fue mucho mayor lo que redujo los costos de finales en la producción.

Tabla 36. Costos directos de producción de papa por tratamiento

Tratamiento	Costo de siembra de papa sin compost/funda (USD/funda)	Funda (u)	Costo de siembra papa sin compost (USD)	Compost (kg)	Costo compost (USD/kg)	Costo total compost (USD)	Costo de siembra papa con compost (USD)	Producción de papa (kg)	Costo Final de producción papa (USD/kg)
T0	0,72	30	21,61	0	1,03	0	21,61	8,9	2,428
T1	0,72	30	21,61	6	1,03	6,18	27,79	10,57	2,629
T2	0,72	30	21,61	9	1,03	9,27	30,88	11,61	2,659
T3	0,72	30	21,61	12	1,03	12,36	33,97	11,81	2,876
T4	0,72	30	21,61	15	1,03	15,45	37,06	15,11	2,452

3.4.2 COSTOS INDIRECTOS

En la Tabla 37 se presentan los valores correspondientes a los costos indirectos del proyecto.

Tabla 37. Costos indirectos proyecto

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Pingo 3 m.	u	16,00	6,90	110,40
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Clavo 2", acero A36	kg	2,00	3,00	6,00
4	Foco fluorescente 15 w	u	1,00	0,80	0,80
5	Martillo 0,25 kg	u	1,00	2,00	2,00
6	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
7	Termo-higrometro	u	1,00	45,00	45,00
8	Cintas de pH	pack	1,00	13,20	13,20
9	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
10	Tina	u	1,00	5,00	5,00
11	Pala	u	1,00	5,00	5,00
12	Pico	u	1,00	10,00	10,00
13	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
14	Cable gemelo No. 12	m	7,00	0,30	2,10
15	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
16	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
17	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
18	Compostera	u	2,00	4,00	8,00
19	Energía eléctrica	kw/h	14,85	1,00	14,85
				Total	**310,85**

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
2	Análisis de resudios (raquis, fibra y ceniza)	u	1,00	10,00	10,00
3	Análisis del compost	u	5,00	160,00	800,00
4	Análisis microbiológico	u	1,00	35,00	35,00
				Total	**867,50**

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte tierra	m3-km	110km,1m	0,19	27,36
2	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	215 km, 2 m	0,19	81,70
				Total	**109,06**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	30,00	1,50	45,00
				Total	**45,00**

TOTAL COSTOS FIJOS **1332,41** USD

De acuerdo al análisis de costos indirectos para el cultivo de papas en una cantidad de 150 fundas se obtiene un valor de 8.82 USD/funda.

3.4.3 PUNTO DE EQUILIBRIO

En la Figura 12 se observa el punto de equilibrio en el tratamiento T0.

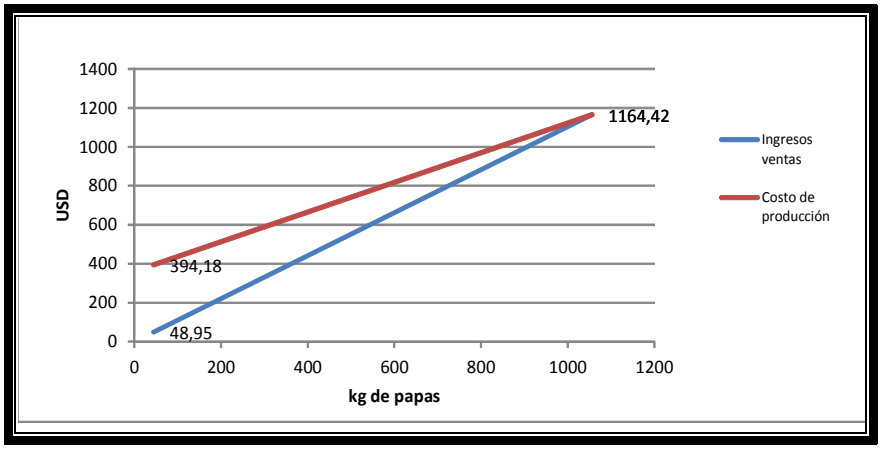


Figura 12. Punto de equilibrio para tratamiento TO

El punto de equilibrio para el tratamiento T0 fue de 1164.42 USD, lo que equivale a una producción de 1058.56 kg de papa en 6 ciclos de 4 meses, es decir la inversión se amortizó en 24 meses. El área utilizada para este fin fue de 60 m2. Los datos con cuales se determinó el punto de equilibrio se encuentran en el Anexo XXI.

En la Figura 13 se observa el punto de equilibrio en el tratamiento T1.

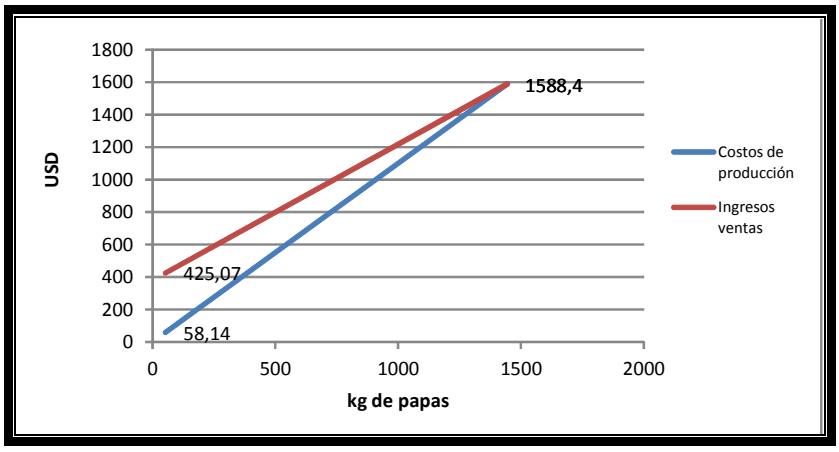


Figura 13. Punto de equilibrio para tratamiento T1

El punto de equilibrio para el tratamiento T1 fue de 1588.40 USD, lo que equivale a una producción de 1444 kg de papa en 5 ciclos de 4 meses, es decir la inversión se amortizó en 20 meses. El área utilizada para este fin fue de 82 m^2. Los datos con cuales se determinó el punto de equilibrio se encuentran en el Anexo XXII.

En la Figura 14 se observa el punto de equilibrio en los tratamientos T2 y T3.

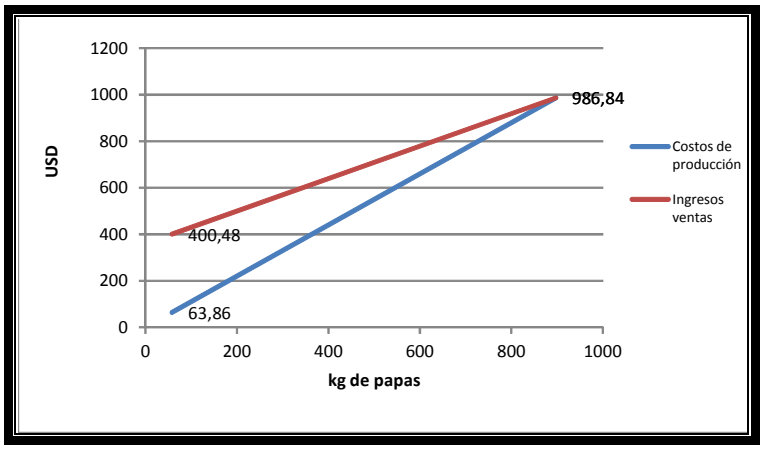


Figura 14. Punto de equilibrio para tratamiento T2 y T3

El punto de equilibrio para los tratamiento T2 y T3 fue de 986.84 USD, lo que equivale a una producción de 897.13 kg de papa en 5 ciclos de 4 meses, es decir la inversión se amortizó en 20 meses. El área utilizada para este fin fue de 46 m2. Los datos con cuales se determinó el punto de equilibrio se encuentran en el Anexo XXIII.

En la Figura 15 se observa el punto de equilibrio en el tratamiento T4.

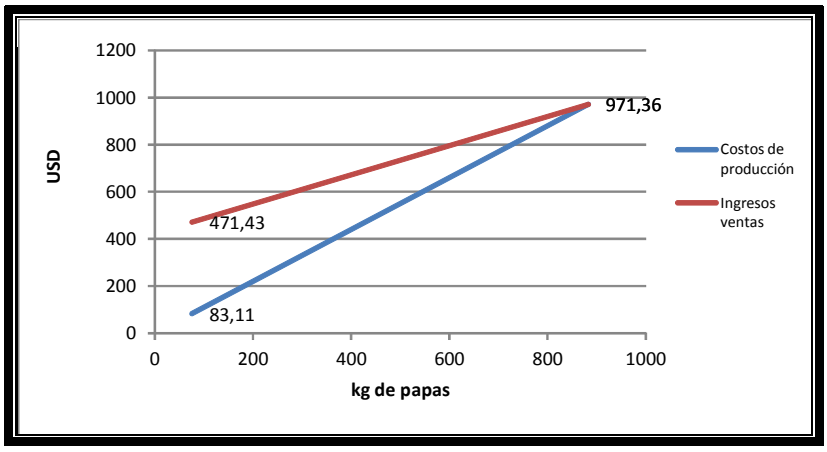


Figura 15. Punto de equilibrio para tratamiento T4

El punto de equilibrio para el tratamiento T4 fue de 971.36 USD, lo que equivale a una producción de 883.10 kg de papa en 4 ciclos de 4 meses, es decir la inversión se amortizó en 16 meses. El área utilizada para este fin fue de 44 m^2. Los datos con cuales se determinó el punto de equilibrio se encuentran en el Anexo XXIV.

4 CONCLUSIONES

- Los microorganismos eficientes Trichoeb y Nemateb resultaron eficientes en la descomposición de los residuos de la extracción de palma africana: raquis, fibra y ceniza ya que permitieron obtener un compost de calidad, que cumplió con las características físico-químicas y microbiológicas apropiadas. Entre los principales efectos que lograron los microorganismos fue la mejor disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical de las plantas.

- El compost obtenido presentó las siguientes características: apariencia suelta, color negro, olor a tierra fresca y granulometría con un promedio de 8 mm, lo que indica que cumple con las características físicas ideales. En cuanto a las características químicas cumple con los valores adecuados en cuanto a macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio pero no cumple con los valores correspondientes a micronutrientes.

- El uso del compost en el cultivo de papa en la dosis recomendada por el tratamiento T4 mejoró la producción al obtener mejores tubérculos en tamaño, aspecto y producción en relación al resto de tratamientos, presentó incrementos significativos por la aplicación de compost y fertilizante químico en las dosis ideales determinadas en el ensayo.

- El tratamiento T4 es el más idóneo para considerar una producción bajo invernadero ya que el área necesaria, el número de ciclos y la cantidad de papas necesarias para alcanzar el punto de equilibrio es menor que el resto de tratamientos.

RECOMENDACIONES

- Realizar una propuesta de gestión de los residuos de la extracción de aceite de palma africana en la zona de Quininde, para poner en marcha un programa de recuperación de los residuos vegetales de las plantas extractoras.

- Realizar un estudio del efecto del compost obtenido en este proyecto en otros cultivos de la sierra y la costa.

- Realizar la incorporación del abono al cultivo de papa a campo abierto en condiciones normales de siembra.

- Capacitar a los agricultores en la fabricación del compost, el cual es de fácil disponibilidad para el agricultor, a través del reciclaje de los residuos producidos en su finca.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ácidos Grasos Saturados. 2008. http://www.botanical-online.com/acidos_grasos_saturados.htm (Mayo 2010).

2. Alm, G., 1991, “El libro del compostaje (Kompostboken)”, L T s Fórslag Stockhohn. Pp 80-95.

3. Amatler, G., 2000, “Procesamiento de aceite rojo de palma africana (Elaeis guineensis JACQ), para consumo humano en frituras”, Trabajo de graduación como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo con el grado de licenciatura, Universidad, EARTH, Guacimo, Costa Rica, p. 15.

4. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 1982, “Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties”, LIM, CHIN HUAT - JACKSON, MARION. (Eds) American Society of Agronomy, Soil Science. Society of America, Madison. M. Second edition, p. 89.

5. Amezquita, E., 1994, “Residuos orgánicos superficiales, su importancia en el manejo de suelos. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo”, ed. El componente biorgánico del suelo, Santafé de Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, pp. 9 – 15.

6. ANCUPA (Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana) y Fundación de fomento de exportadores de aceite de palma y sus derivados de origen nacional, 2006, “Plantas jóvenes, aceites vegetales”, Palmicultores del Ecuador, p. 26.

7. Asian Institute of Technology, 2002, “Tecnología del aceite de palma africana Elaeis, guineensis JACQ”, http://www.ait.ac.th.html., (Enero, 2010).

8. Avendaño, D., 2003, “El proceso de compostaje”, Tesis previa a la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo, PUCE, Santiago, Chile, pp. 15-21.

9. Barrera, L, 2004, “La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control”, SCCS, Bogotá, p.

85.

10. Bioagro, 2001, “Composición físico-química del compost”, http://www.montevideo.com.uy/bioagro/composición-química.htm, (Mayo, 2009).

11. Boyer, R., 2000, “Conceptos en Bioquímica”, Editorial Internacional Thomson, México D.F., México, p. 159.

12. Boletín Técnico de Negocios y Finanzas. Punto de Equilibrio, 2006, http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Habilidades%20de%20negocios/EDA_Hab_Neg_Plan_de_Negocios_11_06.pdf, Noviembre, 2011.

13. Cano, O., 1944, “Geometría”, Editorial La Salle, Madrid, p. 72.

14. Chefetz, B. y Chen, Y., 1996, “Chemical and biology calcharacterization of organic matter during composting of municipal solid waste”, Environment and nature, p. 785.

15. Climent M., Abad M. y Aragón P., 1996, “El Compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) sus características y aprovechamiento en Agricultura. Ediciones LAV S.L., Valencia, España, p. 52.

16. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2000, “Manejo Integrado del cultivo de la papa. Manual Técnico”, Cundimarca, Colombia, p. 196.

17. Díaz Gissela, “ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CENTRO – NORTE DE LA SIERRA ECUATORIANA. Repositorio Escuela Politécnica del Ejército. http//repositorio*.espe.edu.ec/bitstream/.../T-ESPE-IASA%20I-004537.pdf* (Marzo, 2010).

18. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/auxina. (Mayo 2010).

19. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/enzima. (Junio 2010).

20. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/esterilizaci%C3%B3n. (Junio 2010).

21. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/hidrolisis. (Junio 2010).

22. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/mesocarpio. (Junio 2010).

23. Diccionario de la Lengua Española. 2005. http://www.wordreference.com/definicion/quinina. (Julio 2010).

24. Equabiológica, 2009, ”Manual de utilización de microorganismos eficientes Trichoeb y Nemateb”. Quito, Ecuador, p.8.

25. Estrada, N., 1990, “Revista Latinoamericana de la Papa”, Mejoramiento triploides derivados del Solanum stolonifenun y su valor en el mejoramiento de la papa, p. 8.

26. Farm, S., 2001, “Guía del Cultivo de Papa” http://www.slhfarm.com/papaguia.html, (Enero 2010).

27. FEDEPALMA y Ministerio del Medio Ambiente, 2002, “Porque es importante la materia orgánica en el suelo”, Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la palma de aceite, p. 9.

28. Fernández, M., 2001, “Crecimiento y Fertilización de la Papa. Estación Experimental Carillanca”. Temuco – Chile. Boletín Técnico Nº 33, p. 47.

29. Gonzales, A., Maldonado F. y Mejía, L., 1986, “Memoria Explicativa del mapa general de suelos del Ecuador, Sociedad Ecuatoriana de la ciencia del suelo”. Quito, Ecuador, p. 23.

30. Gros A., y Domínguez A., 1992, “Abonos”, Guía práctica de la fertilización, p. 450.

31. Haverkort, A., 1982, “Manejo del Agua en la Producción de papa”. Bol. Inf. Tec. Nº 15. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú, p. 22.

32. Iglesias, E., y Pérez, O., 1995, “El Compost Orgánico”, Zaragoza, España, pp. 20-25.

33. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo), 1997, “Nutrientes esenciales en el suelo”, Manual internacional de fertilidad de suelos, p. 2

34. INPOFOS, 2005 Archivo Agronómico No.3. “Requerimientos nutricionales de los cultivos”, http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/c7cae45a06ec30d803256b22006c3f4d/$FILE/aa3.pdf (Diciembre 2010)

35. Jhonstom, A., 1991, “Soil Fertility and Soil Organic Matter”, The Impact on Agriculture and the Environment, p. 29.

36. Jorgensen, A., 1959, “Microbiología de las Fermentaciones Industriales”. Editorial Acribia, 7ma edición, Zaragoza, España, pp. 67-70.

37. Kononova, M., 1982, “Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación”, Barcelona: Oikos-Tau, p. 365.

38. LASARIDI, K., PROTOPAPA, I., KOTSOU, M., PILIDIS, G, MANIOS, T., KYRIACOU, A., 2006. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. Journal of Environmental Management 80, pp. 58-65.

39. LEBLANC, H.A. CERRATO, M.E. MIRANDA, A., VALLE, G., 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical 3, pp. 97-107.

40. Little, H., 1989, “Métodos Estadísticos de Diseño Experimental”, Editorial Universo S.A, México D.F., México, p. 18.

41. MacGregor, S., Millar, F., Psarianos, K., Finstein, M.; 1981, “Composting process control base don interaction between microbial heat output and

temperatura", New Yersey, Appl. Env. Microbiol., pp.1321-1330.

42. MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca), 2005, "Ecuador, superficie, producción y rendimiento de la palma africana", http://www.sica.gov.ec, (Enero, 2010).

43. Medicina Molecular. 2006. http://www.medmol.es/glosario/61/. (Junio 2010).

44. Medline Plus. "Lipasa y enzimas gástricas". 2007. http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003465.htm. (Junio 2010).

45. Moorby, C., and Milthorpe, L., 1983, "Fisiología de los Cultivos - Hemisferio Sur.", Buenos Aires, Argentina, p. 53.

46. Muñoz, M., 2008, "Manual de Elaboración de compost tipo Bokashi", "Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos", 1era edición, Quito, Ecuador, pp. 130-139.

47. Onudi (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), 2007, "Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos", http://www.unido.org., (Diciembre, 2009).

48. Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., Valverde, F. y Velázquez, J., 2002. "Manejo Agronómico. In: El cultivo de la papa en Ecuador", Quito. INIAP, CIP. pp. 51-82.

49. Padilla, W., 1996, "Abonos orgánicos vs. fertilizantes químicos", Desde el surco, p. 8.

50. Peña, E., 2002, "Manual para la producción de abonos orgánicos en la Agricultura Orgánica", pp. 20-23

51. Permeabilidad del suelo. 2005. ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm. (Julio 2010).

52. Portal del Médico Cubano. 2007.

http://www.medicoscubanos.com/diccionario_medico.aspx?q=Actinomicetos. (Septiembre 2010).

53. Proculsa, S., 1999, “Roca fosfórica fertilizante natural y ecológico de efecto residual prolongado", “Abonos y Fertilizantes”, INGRAROC, Boletín divulgativo N°1, pp. 5-13.

54. Pumisacho, M., y Sherwood, S., 2002, “El cultivo de papa”, 1era. edición, Editorial INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), Quito, Ecuador, pp. 15 -20, 65 -66.

55. Quesada, G., 1998, “Cultivo e industria de la palma aceitera (Elaeis guineensis)”, Editorial Infoagro, San José, Costa Rica, p. 79.

56. Ramírez, G., 2001, “Materia orgánica y su eficiencia en el suelo”, “Agricultura orgánica”, 6ta. edición, Cali, Colombia, pp. 55-62.

57. Rigau, A., 1982, “Los abonos su preparación y empleo”, 6ta. edición, Editorial SINTES, S.A., Barcelona, España, pp. 27-35, 42,49.

58. Sánchez, J., 2007, “Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas”, http://www.fertitec.com., (Septiembre, 2009).

59. Suquilanda, M., 1996, “Agricultura orgánica”, Fundación para el desarrollo agropecuario, p. 17.

60. Surre, C., y Ziller, R., 1969, “Palma africana- La palmera de aceite”, p. 23.

61. Sztern, D. y Pravia, M., 1999, “Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos”, http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf, (Junio, 2008).

62. Tate, R., 2000. “Microbiología del Suelo”. (Segunda edición.), Wiley, New York, pp.47-56

63. Tchobanoglous, G., Theisen, H., 1997, “Gestión integral de residuos sólidos”, 1era. edición, Editorial Antonio García Brage, México D.F., México, pp. 10, 740- 753.

64. Urrueta J. “Procesos Industriales Aceiteros”. 2004 “Procesos Industriales”. http://www.comexpalma.org/comexpalma2010/imgs/2_congreso/02_PrUrueta.pdf. (Julio 2010).

65. Ward, O., 1991. “Biotecnología de la Fermentación. Principios, Procesos y Productos”. Zaragoza: Acribia. p. 290.

66. Wikipedia, “Acidos Grasos” 2007. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cidos_grasos. (Mayo 2010).

67. Wikipedia “Capacidad de campo”. 2007. http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_de_campo. (Mayo 2010).

68. Wikipedia. “Conidio”. 2007. http://es.wikipedia.org/wiki/Conidio. (Mayo 2010).

69. Wikipedia. “Indice de Yodo”. 2006. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_yodo. (Junio 2010).

ANEXOS

Anexo I. ESQUEMA INVERNADERO

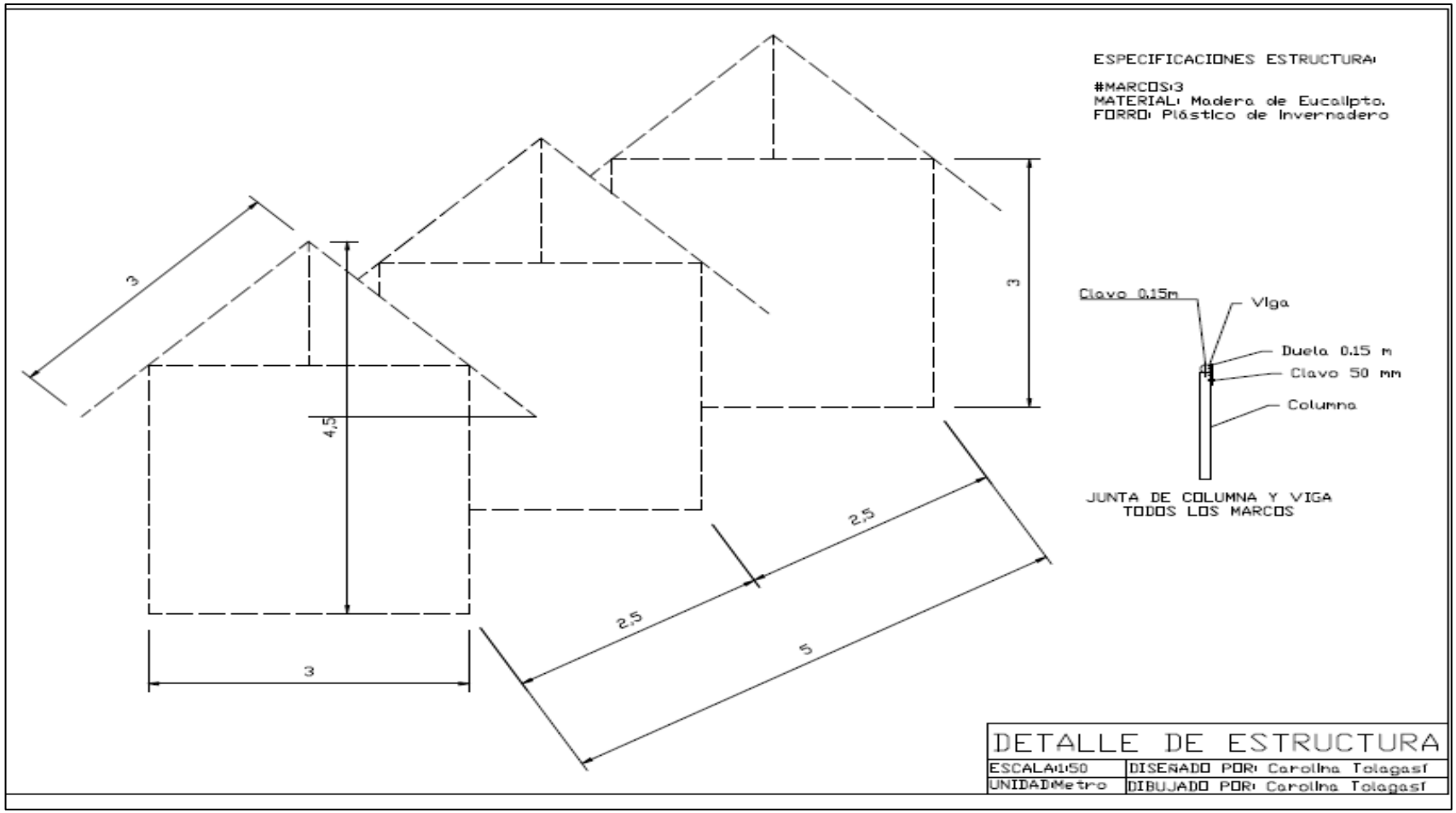


Figura 16. Esquema del invernadero

Anexo II. DETALLE DE LA ESTRUCTURA

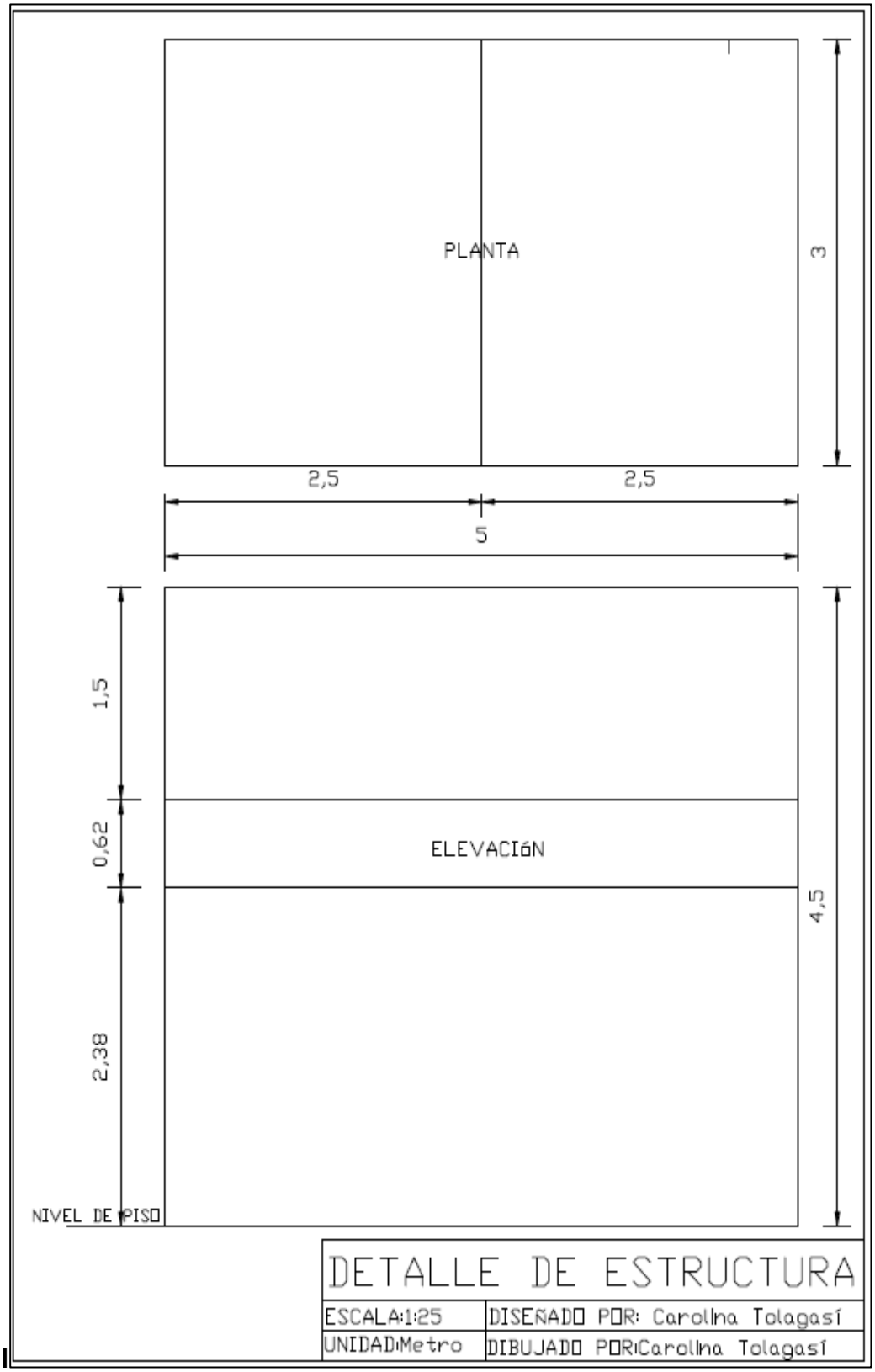
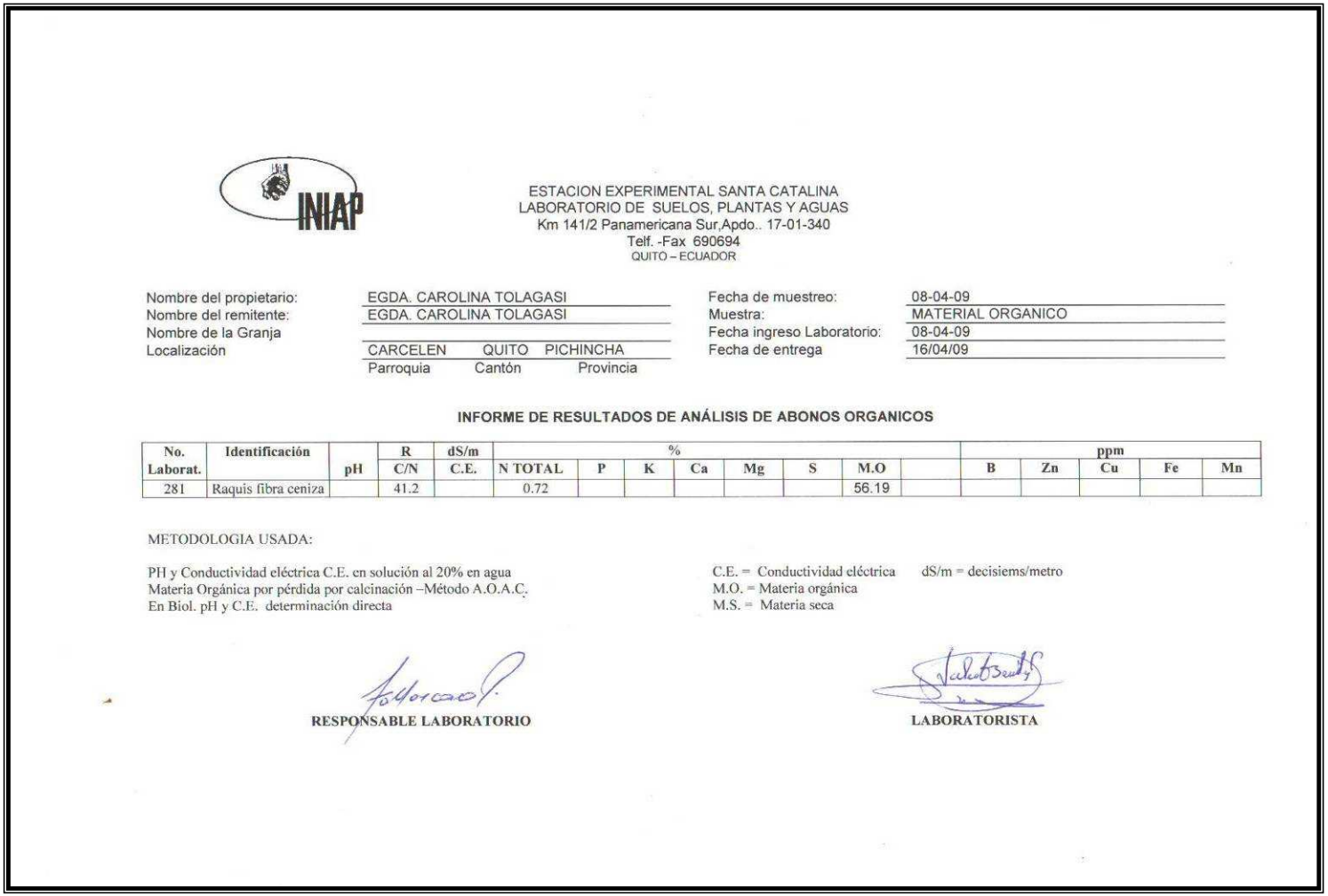


Figura 17. Detalle de la estructura

Anexo III. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE LOS RESIDUOS A COMPOSTARSE



INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo.. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	EGDA. CAROLINA TOLAGASI	Fecha de muestreo:	08-04-09
Nombre del remitente:	EGDA. CAROLINA TOLAGASI	Muestra:	MATERIAL ORGANICO
Nombre de la Granja		Fecha ingreso Laboratorio:	08-04-09
Localización	CARCELEN QUITO PICHINCHA	Fecha de entrega	16/04/09
	Parroquia Cantón Provincia		

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	% N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	M.O		ppm B	Zn	Cu	Fe	Mn
281	Raquis fibra ceniza		41.2		0.72						56.19						

METODOLOGIA USADA:

PH y Conductividad eléctrica C.E. en solución al 20% en agua
Materia Orgánica por pérdida por calcinación –Método A.O.A.C.
En Biol. pH y C.E. determinación directa

C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica
M.S. = Materia seca

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 18. Análisis físico-químico de los residuos a compostarse.

Anexo IV. ANALISIS BROMATOLOGICO INICIAL DEL COMPOST 1 (MICROORGANISMO UTILIZADO TRICHOEB)

INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo., 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Fecha de muestreo:	24-09-09
Nombre del remitente:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Muestra:	COMPOST 1
Nombre de la Granja	PROYECTO DE TITULACION	Fecha ingreso Laboratorio:	24-09-09
Localización	COTOCOLLAO QUITO PICHINCHA	Fecha de entrega	05/10/2009
	Parroquia Cantón Provincia		

INFORME DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%) N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	% M.O	Humed	mg/kg (ppm) B	Zn	Cu	Fe	Mn
324	Raquis fibra y ceniza	7.8	29.4	2.77	0.57	0.21	0.70	1.78	0.36	0.12	31.7	50.3	41.3	87.4	35.6	10625	165.5

METODOLOGIA USADA:

pH y C.E. Medidos directamente en muestra líquida

C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 19. Análisis bromatológico inicial del compost I (Trichoeb).

Anexo V. ANALISIS BROMATOLOGICO INICIAL DEL COMPOST 2 (MICROORGANISMO UTILIZADO NEMATEB)

INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo,. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Fecha de muestreo:	2-I-09-09
Nombre del remitente:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Muestra:	COMPOST 2
Nombre de la Granja	PROYECTO DE TITULACION	Fecha ingreso Laboratorio:	24-09-09
Localización	COTOCOLLAO QUITO PICHINCHA	Fecha de entrega	05/10/2009
	Parroquia Cantón Provincia		

INFORME DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%) N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	% M.O	Humed	mg/kg (ppm) B	Zn	Cu	Fe	Mn
325	Raquis fibra y ceniza	7.8	30.3	2.77	0.57	0.21	0.70	1.78	0.36	0.12	31.7	50.0	41.3	87.4	35.6	10625	165.5

METODOLOGIA USADA:

pH y C.E. Medidos directamente en muestra líquida

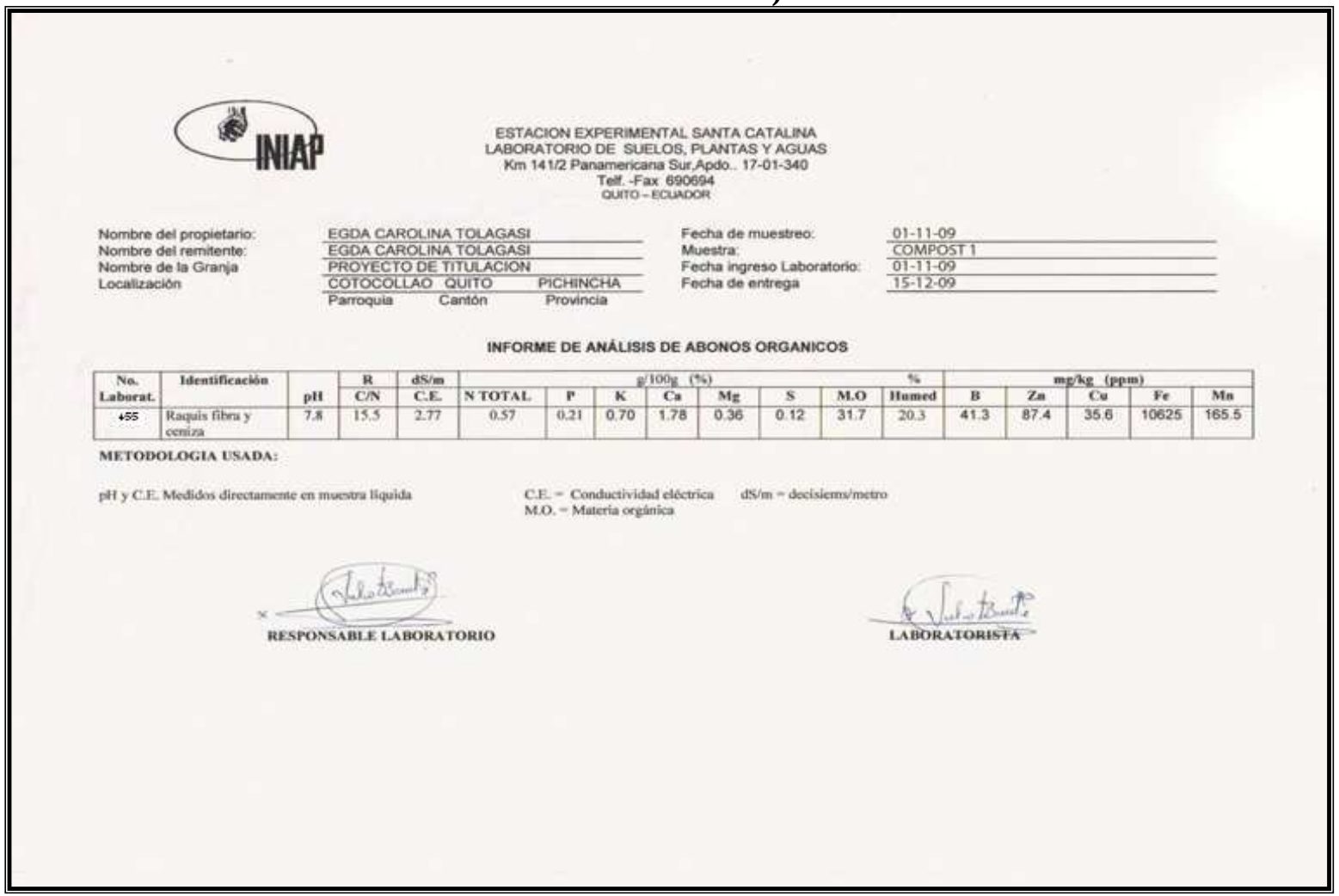
C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 20. Análisis bromatológico inicial del compost 2 (Nemateb).

Anexo VI. ANALISIS BROMATOLOGICO FINAL DEL COMPOST 1 (MICROORGANISMO UTILIZADO TRICHOEB)



INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo.. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario: EGDA CAROLINA TOLAGASI
Nombre del remitente: EGDA CAROLINA TOLAGASI
Nombre de la Granja: PROYECTO DE TITULACION
Localización: COTOCOLLAO (Parroquia) QUITO (Cantón) PICHINCHA (Provincia)

Fecha de muestreo: 01-11-09
Muestra: COMPOST 1
Fecha ingreso Laboratorio: 01-11-09
Fecha de entrega: 15-12-09

INFORME DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%) N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	% M.O	Humed	mg/kg (ppm) B	Zn	Cu	Fe	Mn
455	Raquis fibra y ceniza	7.8	15.5	2.77	0.57	0.21	0.70	1.78	0.36	0.12	31.7	20.3	41.3	87.4	35.6	10625	165.5

METODOLOGIA USADA:

pH y C.E. Medidos directamente en muestra líquida

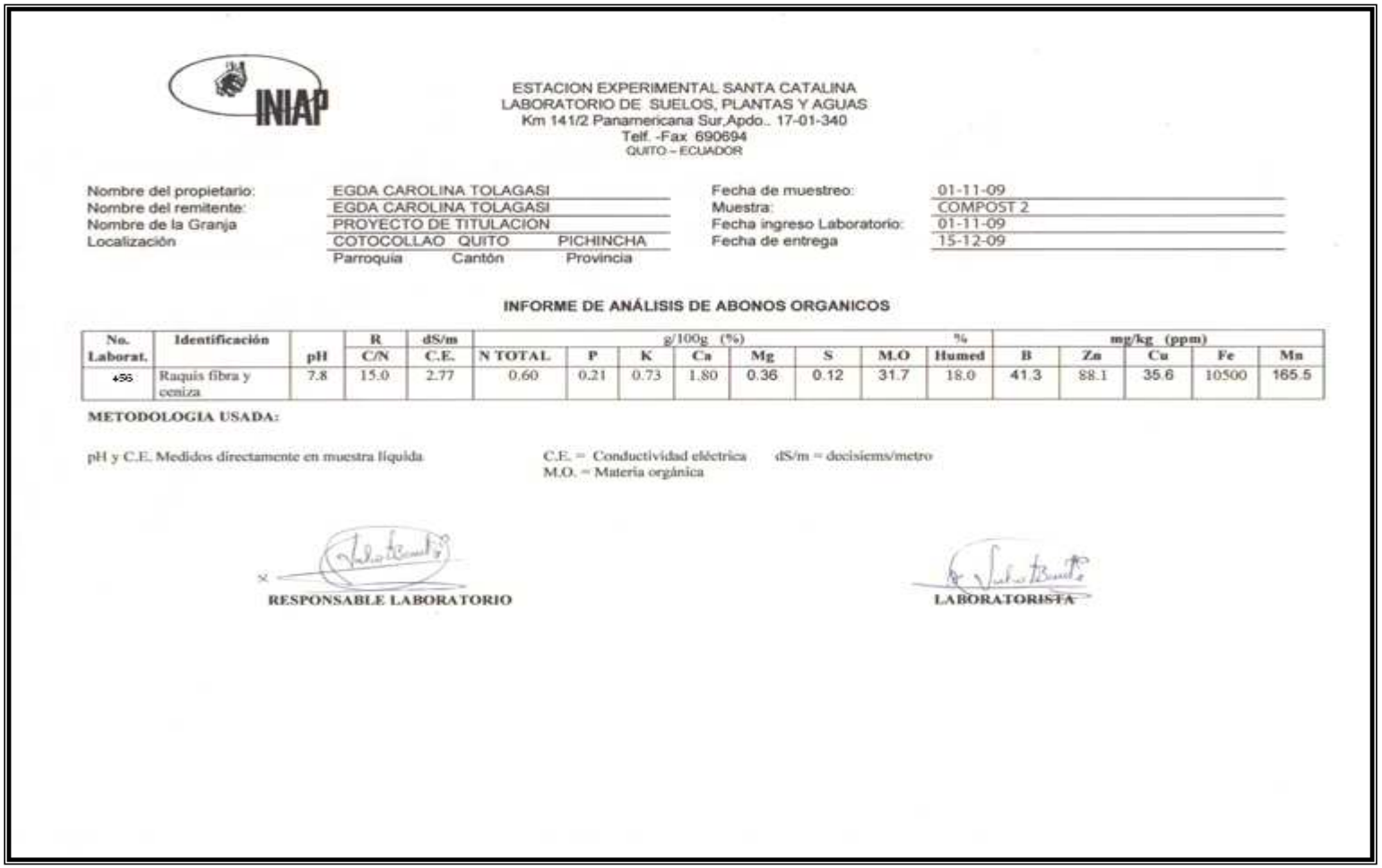
C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 21. Análisis bromatológico final del compost 1 (Trichoeb).

Anexo VII. ANALISIS BROMATOLOGICO FINAL DEL COMPOST 2 (MICROORGANISMO UTILIZADO NEMATEB)



INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo.. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Fecha de muestreo:	01-11-09
Nombre del remitente:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Muestra:	COMPOST 2
Nombre de la Granja	PROYECTO DE TITULACION	Fecha ingreso Laboratorio:	01-11-09
Localización	COTOCOLLAO QUITO PICHINCHA	Fecha de entrega	15-12-09
	Parroquia Cantón Provincia		

INFORME DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%) N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	% M.O	Humed	mg/kg (ppm) B	Zn	Cu	Fe	Mn
456	Raquis fibra y ceniza	7.8	15.0	2.77	0.60	0.21	0.73	1.80	0.36	0.12	31.7	18.0	41.3	88.1	35.6	10500	165.5

METODOLOGIA USADA:

pH y C.E. Medidos directamente en muestra líquida

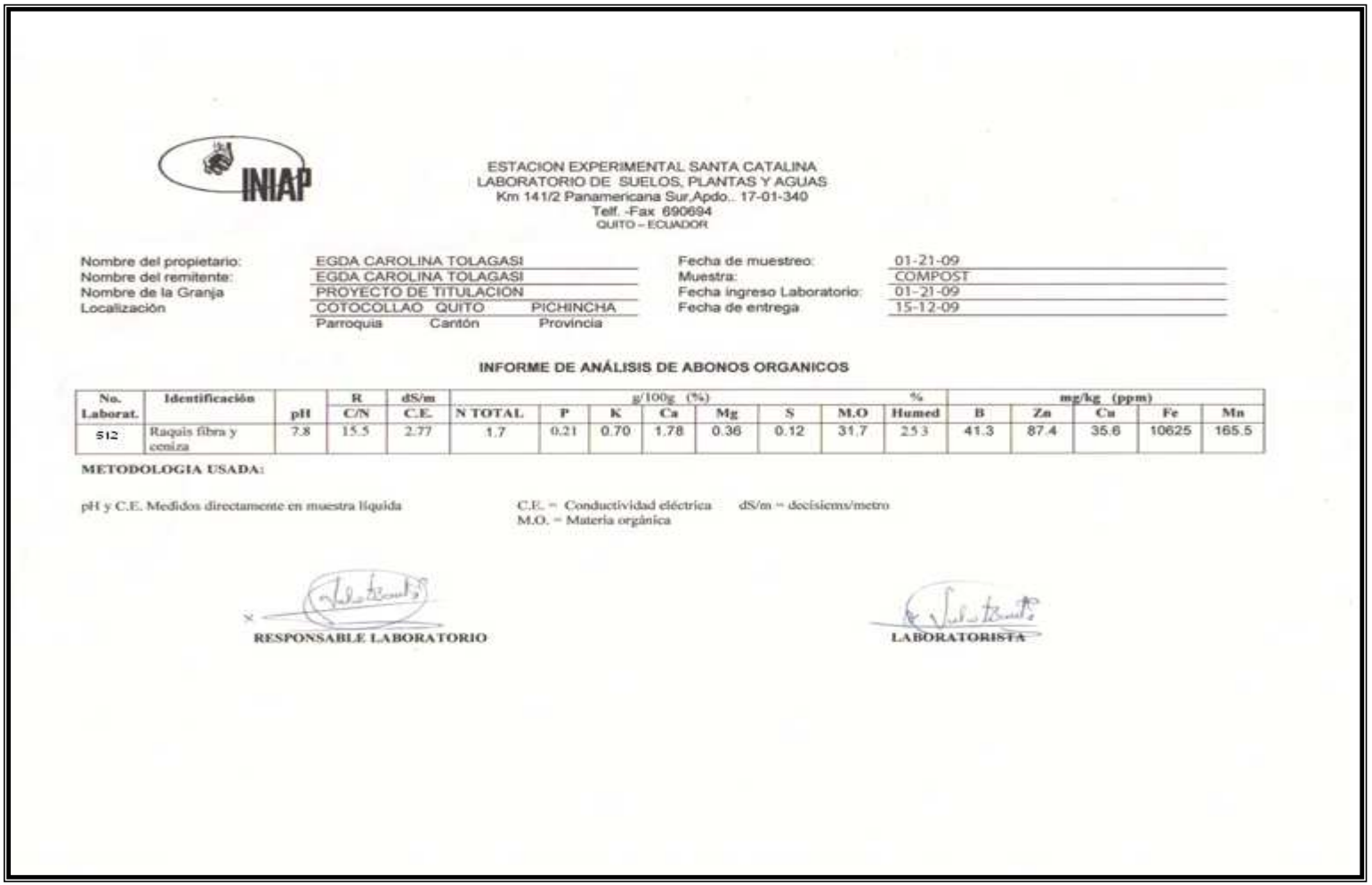
C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 22. Análisis bromatológico final del compost 2 (Nemateb).

Anexo VIII.ANALISIS BROMATOLOGICO FINAL DEL COMPOST OBTENIDO (COMPOST 1 + COMPOST 2)



INIAP

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur,Apdo,. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO – ECUADOR

Nombre del propietario:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Fecha de muestreo:	01-21-09
Nombre del remitente:	EGDA CAROLINA TOLAGASI	Muestra:	COMPOST
Nombre de la Granja	PROYECTO DE TITULACION	Fecha ingreso Laboratorio:	01-21-09
Localización	COTOCOLLAO QUITO PICHINCHA	Fecha de entrega	15-12-09
	Parroquia Cantón Provincia		

INFORME DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R C/N	dS/m C.E.	g/100g (%) N TOTAL	P	K	Ca	Mg	S	% M.O	Humed	mg/kg (ppm) B	Zn	Cu	Fe	Mn
512	Raquis fibra y ceniza	7.8	15.5	2.77	1.7	0.21	0.70	1.78	0.36	0.12	31.7	25.3	41.3	87.4	35.6	10625	165.5

METODOLOGIA USADA:

pH y C.E. Medidos directamente en muestra líquida

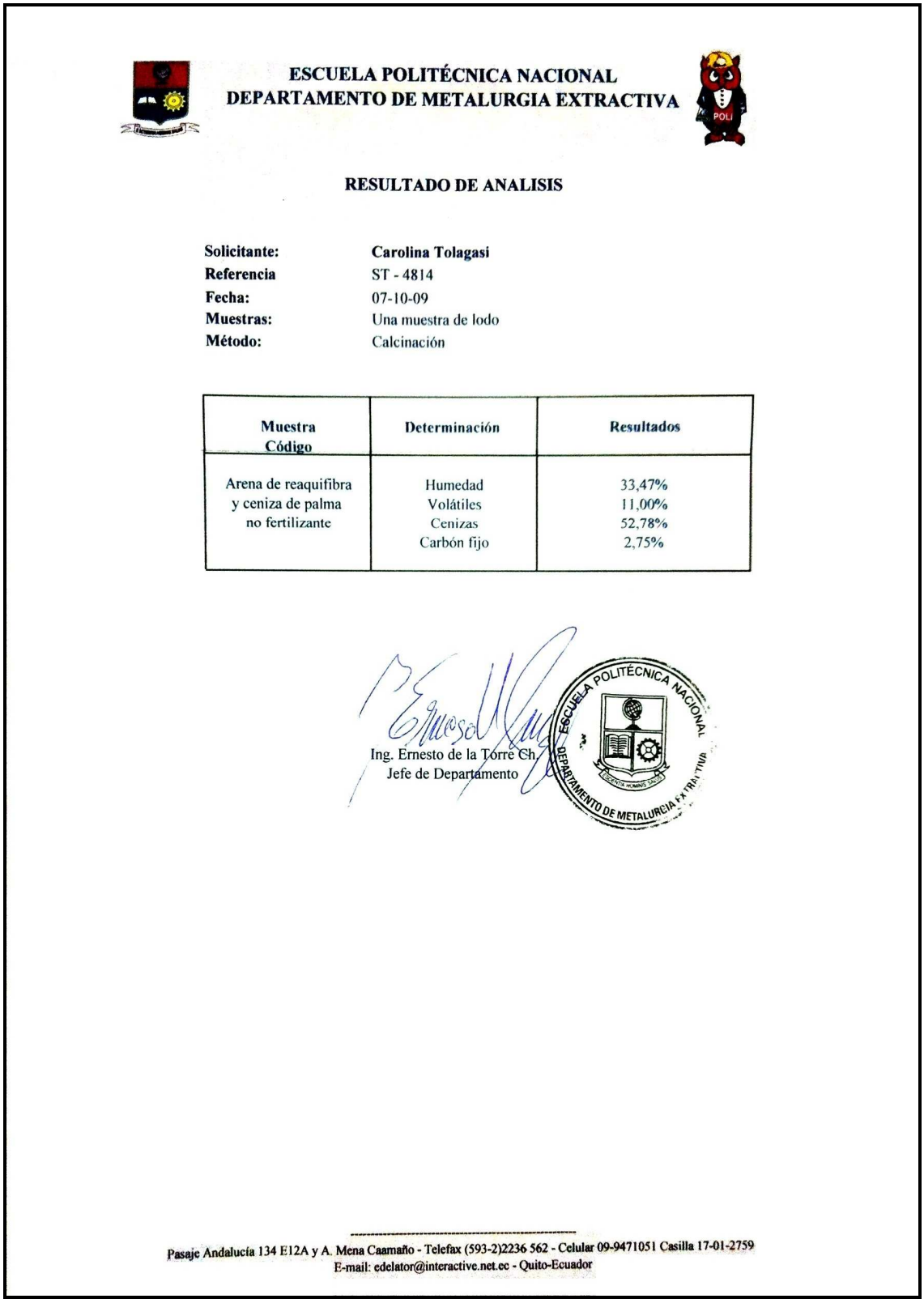
C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 23. Análisis bromatológico final del compost obtenido (Compost 1+ Compost 2).

Anexo IX. ANALISIS DE CENIZAS Y SOLIDOS VOLATILES ESCANEAR



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

RESULTADO DE ANALISIS

Solicitante: **Carolina Tolagasi**
Referencia ST - 4814
Fecha: 07-10-09
Muestras: Una muestra de lodo
Método: Calcinación

Muestra Código	Determinación	Resultados
Arena de reaquifibra y ceniza de palma no fertilizante	Humedad Volátiles Cenizas Carbón fijo	33,47% 11,00% 52,78% 2,75%

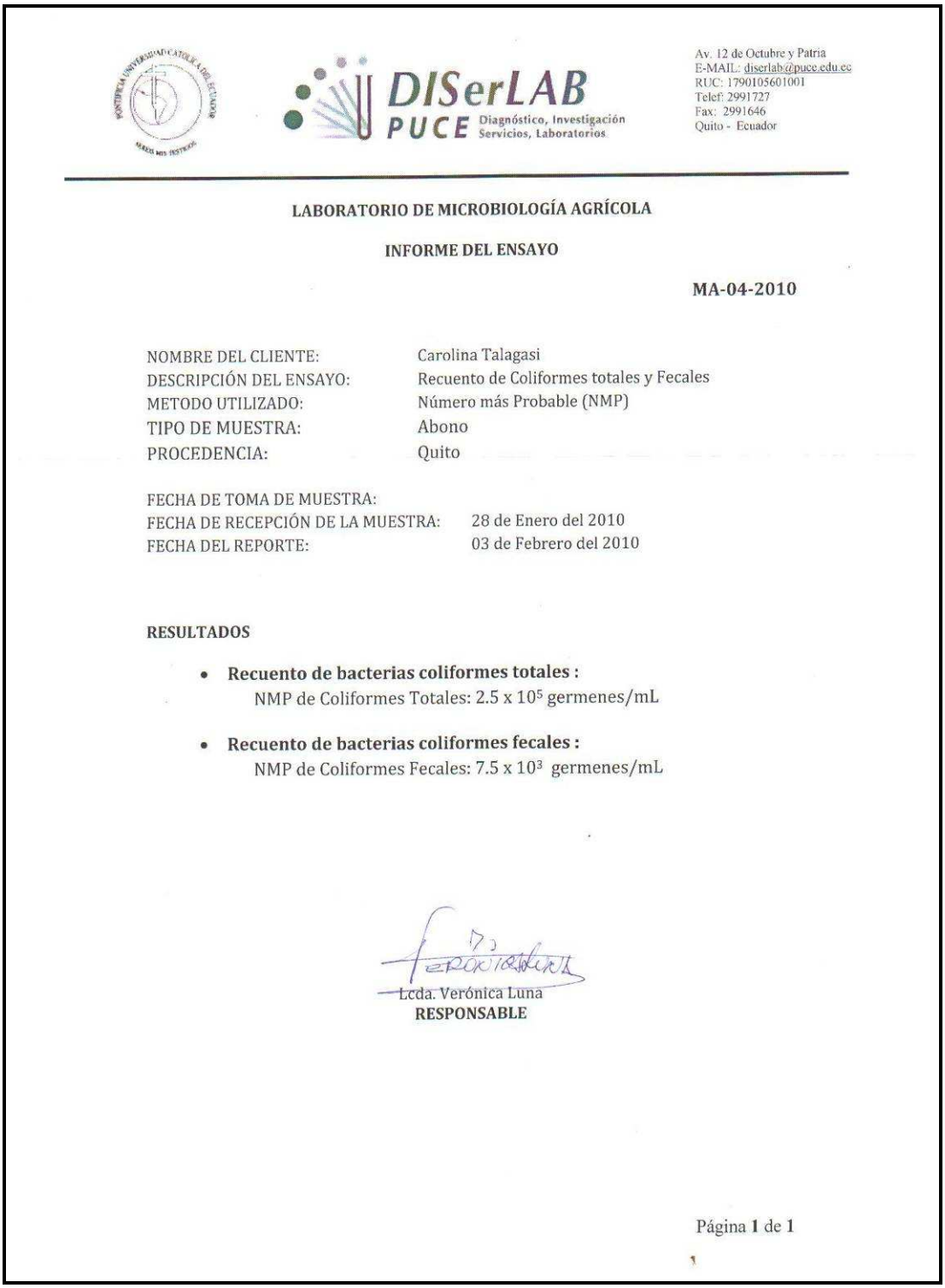
Ing. Ernesto de la Torre Ch.
Jefe de Departamento

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

Pasaje Andalucía 134 E12A y A. Mena Caamaño - Telefax (593-2)2236 562 - Celular 09-9471051 Casilla 17-01-2759
E-mail: edelator@interactive.net.ec - Quito-Ecuador

Figura 24. Análisis de cenizas y sólidos volátiles.

Anexo X. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL COMPOST FINAL OBTENIDO



DISerLAB PUCE Diagnóstico, Investigación Servicios, Laboratorios

Av. 12 de Octubre y Patria
E-MAIL: diserlab@puce.edu.ec
RUC: 1790105601001
Telef: 2991727
Fax: 2991646
Quito - Ecuador

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA

INFORME DEL ENSAYO

MA-04-2010

NOMBRE DEL CLIENTE:	Carolina Talagasi
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO:	Recuento de Coliformes totales y Fecales
METODO UTILIZADO:	Número más Probable (NMP)
TIPO DE MUESTRA:	Abono
PROCEDENCIA:	Quito
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	28 de Enero del 2010
FECHA DEL REPORTE:	03 de Febrero del 2010

RESULTADOS

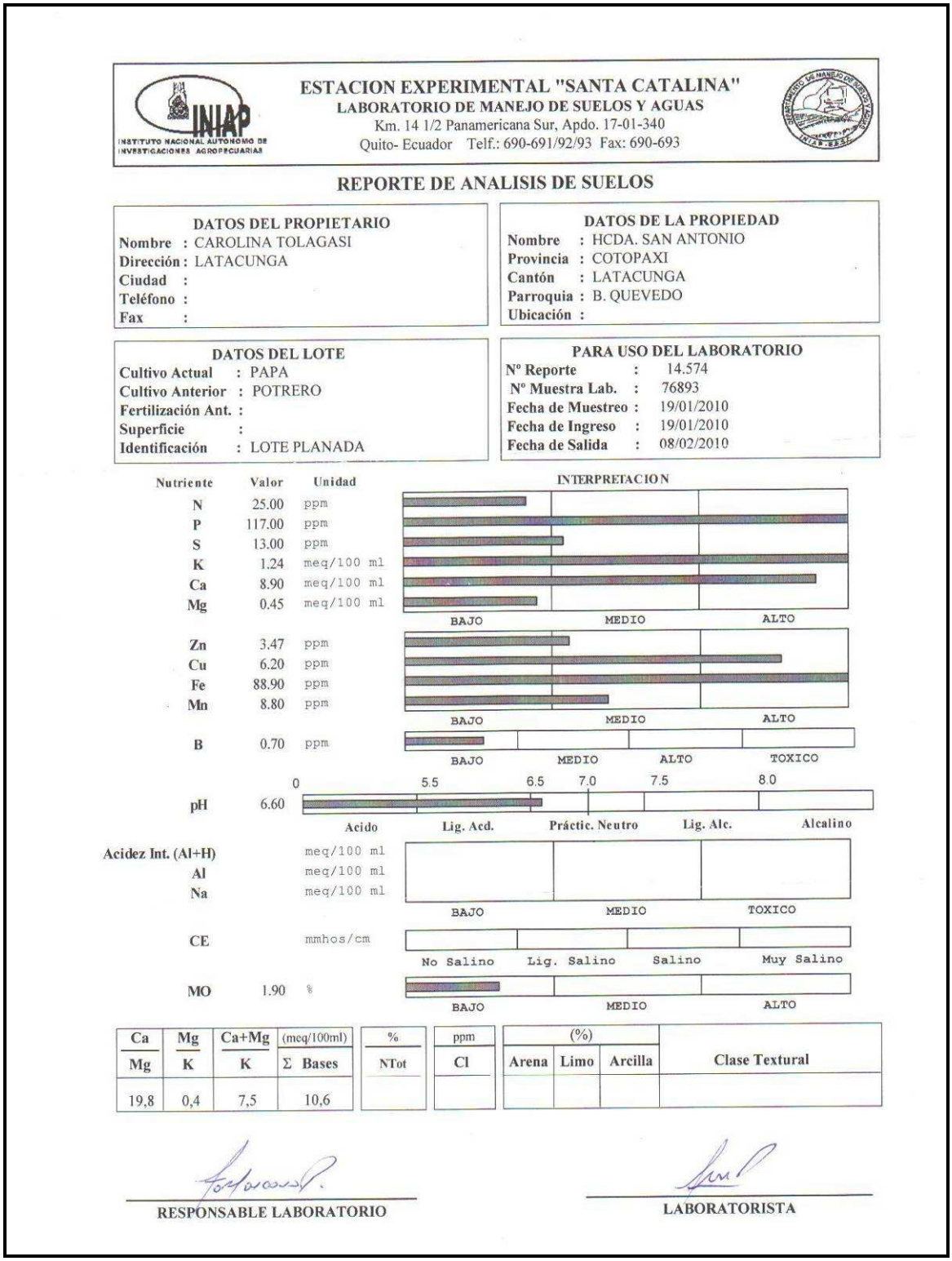
- **Recuento de bacterias coliformes totales :**
  NMP de Coliformes Totales: 2.5 x 10^5 germenes/mL
- **Recuento de bacterias coliformes fecales :**
  NMP de Coliformes Fecales: 7.5 x 10^3 germenes/mL

Lcda. Verónica Luna
RESPONSABLE

Página **1** de 1

Figura 25. Análisis microbiológico del compost final obtenido

Anexo XI. ANÁLISIS DEL SUELO PREVIO A LA SIEMBRA DEL CULTIVO DE PAPA VARIEDAD "YEMA DE HUEVO"



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : CAROLINA TOLAGASI
Dirección : LATACUNGA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : HCDA. SAN ANTONIO
Provincia : COTOPAXI
Cantón : LATACUNGA
Parroquia : B. QUEVEDO
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual : PAPA
Cultivo Anterior : POTRERO
Fertilización Ant. :
Superficie :
Identificación : LOTE PLANADA

PARA USO DEL LABORATORIO
Nº Reporte : 14.574
Nº Muestra Lab. : 76893
Fecha de Muestreo : 19/01/2010
Fecha de Ingreso : 19/01/2010
Fecha de Salida : 08/02/2010

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	25.00	ppm	
P	117.00	ppm	
S	13.00	ppm	
K	1.24	meq/100 ml	
Ca	8.90	meq/100 ml	
Mg	0.45	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn	3.47	ppm	
Cu	6.20	ppm	
Fe	88.90	ppm	
Mn	8.80	ppm	BAJO MEDIO ALTO
B	0.70	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	6.60		0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido Lig. Acd. Práctic. Neutro Lig. Alc. Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO TOXICO
CE		mmhos/cm	No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino
MO	1.90	%	BAJO MEDIO ALTO

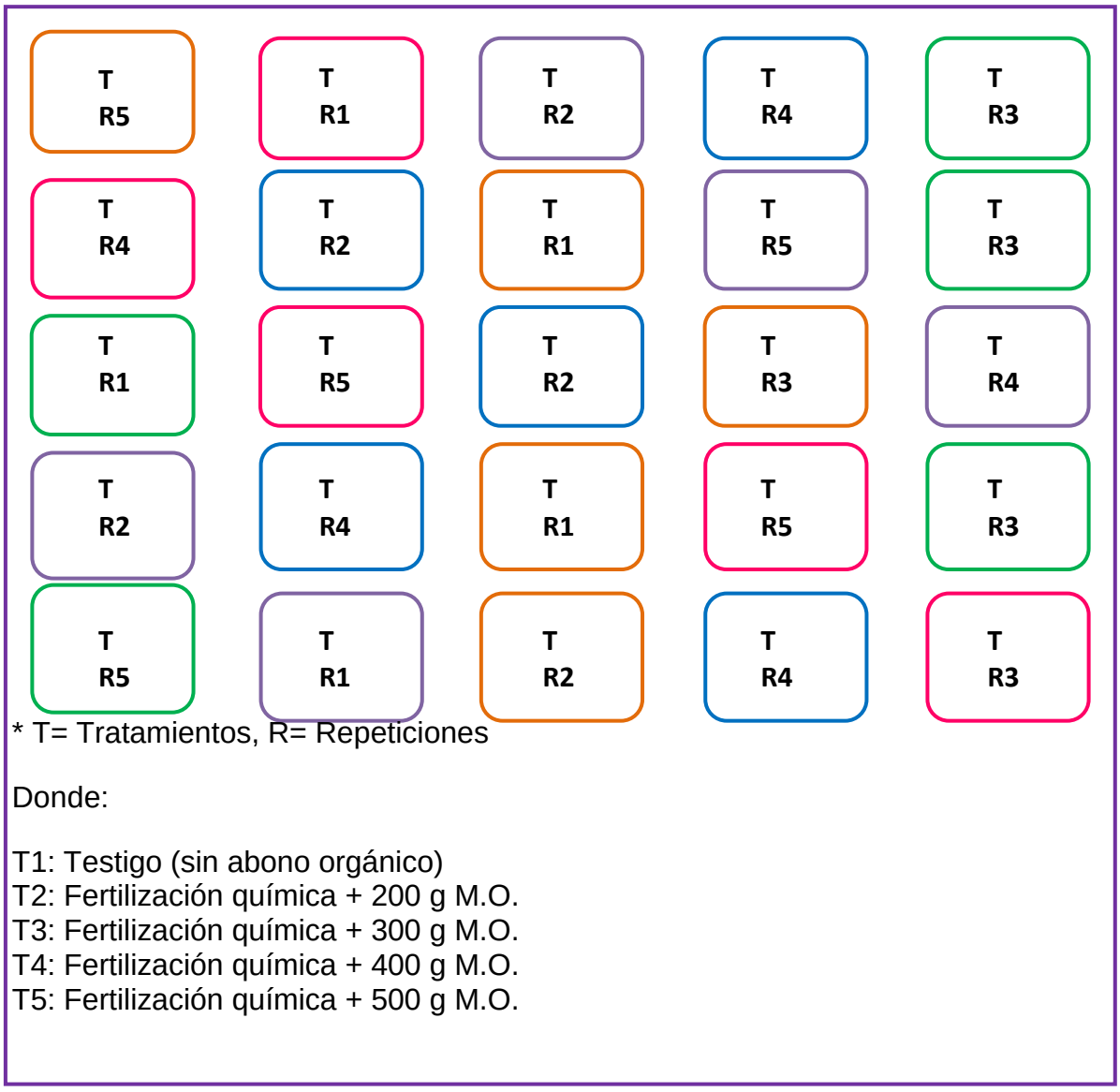
Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
19,8	0,4	7,5	10,6						

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura 26. Análisis de suelos

Anexo XII. DISTRIBUCIÓN DE LAS REPETICIONES DENTRO DE LOS TRATAMIENTOS



* T= Tratamientos, R= Repeticiones

Donde:

T1: Testigo (sin abono orgánico)
T2: Fertilización química + 200 g M.O.
T3: Fertilización química + 300 g M.O.
T4: Fertilización química + 400 g M.O.
T5: Fertilización química + 500 g M.O.

Figura 27. Distribución de las repeticiones en cada tratamiento.

Anexo XIII.COSTOS DIRECTOS DEL COMPOST

Tabla 38. Costos directos del compost.

MATERIA PRIMA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Raquis, fibra, ceniza	kg	350,000	0,00	0,00
2	Gallinaza	kg	50,000	0,10	5,00
3	Melaza	l	1,000	0,50	0,50
4	Microorganismo Trichoeb	kg	0,004	58,00	0,23
5	Microorganismo Nemateb	kg	0,004	55,00	0,22
6	Agua	m3	1,000	0,35	0,35
				Total	**6,30**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Picado, mezcla, riego	hora	24,000	1,50	36,00
				Total	**36,00**

TOTAL COSTOS VARIABLES (Directos) **42,30** USD

Anexo XIV. COSTOS DIRECTOS DEL COMPOST

Tabla 39. Costos directos del compost.

MATERIA PRIMA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
3	Carbofuran	kg	0,20	4,30	0,86
5	Hakapos 13-40-13	kg	20,00	3,20	64,00
6	Urea 46-0-0	kg	6,00	1,20	7,20
7	Sulfato de Potasio 0-0-50	kg	5,00	1,60	8,00
8	Papa "yema de huevo"	kg	13,00	0,62	8,06
9	Agua	m3	8,30	0,35	2,91
				Total	**91,03**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Limpieza y riego	hora	90,00	1,50	135,00
2	Post-cosecha	hora	24,00	1,50	36,00
				Total	**171,00**

ENVASE

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Fundas de polietileno	u	150,00	0,02	3,00
				Total	**3,00**

TOTAL COSTOS VARIABLES (Directos) **265,03** USD

Anexo XV. COSTOS FIJOS DEL PROYECTO

Tabla 40. Costos fijos del proyecto.

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Pingo 3 m.	u	16,00	6,90	110,40
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Clavo 2", acero A36	kg	2,00	3,00	6,00
4	Foco fluorescente 15 w	u	1,00	0,80	0,80
5	Martillo 0,25 kg	u	1,00	2,00	2,00
6	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
7	Termo-higrometro	u	1,00	45,00	45,00
8	Cintas de pH	pack	1,00	3,20	3,20
9	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
10	Tina	u	1,00	5,00	5,00
11	Pala	u	1,00	5,00	5,00
12	Pico	u	1,00	10,00	10,00
13	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
14	Cable gemelo No. 12	m	7,00	0,30	2,10
15	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
16	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
17	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
18	Compostera	u	2,00	4,00	8,00
19	Energía eléctrica	kw/h	14,85	0,07	1,04
				Total	**287,04**

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
2	Análisis de resudios (raquis, fibra y ceniza)	u	1,00	10,00	10,00
3	Análisis del compost	u	5,00	160,00	800,00
4	Análisis microbiológico	u	1,00	35,00	35,00
				Total	**867,50**

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte tierra	m3-km	110km,1m	0,19	27,36
2	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	215 km, 2 m	0,19	81,70
				Total	**109,06**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	30,00	1,50	45,00
				Total	**45,00**

TOTAL COSTOS FIJOS **1308,60** USD

Anexo XVI. DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN EL COMPOST

Tabla 41. Datos de temperatura y humedad en el compost

	Temperatura/pH	
Mes	Trichoeb	Nemateb
Septiembre	15/6,5	17/6,5
Octubre	27/7	28,5/7,2
Noviembre	22/7,4	23/7,5
Diciembre	17/7,8	17,5/8,1

Anexo XVII. PROMEDIO UNIDADES POR FUNDA/TRATAMIENTO

Tabla 42. Datos promedio de unidades por funda en cada tratamiento.

Tratamientos	Unidades por funda
T0	12
T1	14
T2	15
T3	15
T4	18

Anexo XVIII. DATOS DE LA TEMPERATURA EN EL CULTIVO DE PAPA

Tabla 43. Datos promedio de unidades por funda en cada tratamiento.

Dia	Fecha	Diurna	Nocturna
1	09/01/2010	28,00	15,00
2	10/01/2010	26,50	18,00
3	11/01/2010	27,00	17,00
4	12/01/2010	28,00	19,00
5	13/01/2010	30,00	18,00
6	14/01/2010	30,00	20,00
7	15/01/2010	31,00	20,00
8	16/01/2010	28,00	14,00
9	17/01/2010	27,00	15,00
10	18/01/2010	26,00	16,00
11	19/01/2010	29,00	17,00
12	20/01/2010	29,00	18,00
13	21/01/2010	27,00	18,00
14	22/01/2010	27,00	17,00
15	23/01/2010	22,00	16,00
16	24/01/2010	24,00	16,00
17	25/01/2010	28,00	15,00
18	26/01/2010	28,00	14,00
19	27/01/2010	25,00	15,00
20	28/01/2010	26,00	15,00
21	29/01/2010	28,00	18,00
22	30/01/2010	29,00	18,00
23	31/01/2010	27,00	15,00
24	01/02/2010	28,00	16,00
25	02/02/2010	29,00	19,00
26	03/02/2010	28,00	14,00
27	04/02/2010	28,00	15,00
28	05/02/2010	24,00	16,00
29	06/02/2010	30,00	19,00
30	07/02/2010	28,00	15,00
31	08/02/2010	29,00	20,00
32	09/02/2010	31,00	19,00
33	10/02/2010	30,00	18,00
34	11/02/2010	31,00	21,00
35	12/02/2010	34,00	22,00
36	13/02/2010	32,00	23,00
37	14/02/2010	32,00	24,00
38	15/02/2010	30,00	19,00

Tabla 43. Continuación

39	16/02/2010	29,00	18,00
40	17/02/2010	32,00	19,00
41	18/02/2010	29,00	20,00
42	19/02/2010	34,00	24,00
43	20/02/2010	31,00	19,00
44	21/02/2010	33,00	21,00
45	22/02/2010	32,00	22,00
46	23/02/2010	28,00	23,00
47	24/02/2010	32,00	20,00
48	25/02/2010	30,00	19,00
49	26/02/2010	31,00	18,00
50	27/02/2010	32,00	20,00
51	28/02/2010	31,00	21,00
52	01/03/2010	31,00	21,00
53	02/03/2010	30,00	22,00
54	03/03/2010	32,00	22,00
55	04/03/2010	35,00	21,00
56	05/03/2010	34,00	20,00
57	06/03/2010	34,00	19,00
58	07/03/2010	34,00	24,00
59	08/03/2010	36,00	21,00
60	09/03/2010	34,00	22,00
61	10/03/2010	28,00	19,00
62	11/03/2010	29,00	20,00
63	12/03/2010	30,00	21,00
64	13/03/2010	31,00	22,00
65	14/03/2010	33,00	23,00
66	15/03/2010	32,00	24,00
67	16/03/2010	28,00	22,00
68	17/03/2010	29,00	21,00
69	18/03/2010	31,00	18,00
70	19/03/2010	30,00	19,00
71	20/03/2010	32,00	21,00
72	21/03/2010	32,00	20,00
73	22/03/2010	34,00	20,00
74	23/03/2010	30,00	19,00
75	24/03/2010	32,00	18,00
76	25/03/2010	29,00	15,00

Tabla 43. Continuación

77	26/03/2010	32,00	18,00
78	27/03/2010	33,00	19,00
79	28/03/2010	32,00	21,00
80	29/03/2010	33,00	23,00
81	30/03/2010	30,00	21,00
82	31/03/2010	31,00	22,00
83	01/04/2010	31,00	22,00
84	02/04/2010	34,00	21,00
85	03/04/2010	32,00	23,00
86	04/04/2010	32,00	18,00
87	05/04/2010	31,00	18,00
88	06/04/2010	34,00	19,00
89	07/04/2010	31,00	21,00
90	08/04/2010	32,00	22,00
91	09/04/2010	29,00	18,00
92	10/04/2010	31,00	19,00
93	11/04/2010	28,00	20,00
94	12/04/2010	27,00	21,00
95	13/04/2010	26,00	22,00
96	14/04/2010	28,00	18,00
97	15/04/2010	30,00	19,00
98	16/04/2010	31,00	20,00
99	17/04/2010	32,00	20,00
100	18/04/2010	25,00	18,00
101	19/04/2010	26,00	17,00
102	20/04/2010	29,00	17,00
103	21/04/2010	28,00	16,00
104	22/04/2010	29,00	18,00
105	23/04/2010	29,00	19,00
106	24/04/2010	30,00	20,00
107	25/04/2010	28,00	21,00
108	26/04/2010	28,00	22,00
109	27/04/2010	28,00	18,00
110	28/04/2010	28,00	19,00
111	29/04/2010	29,00	17,00
112	30/04/2010	27,00	18,00
113	01/05/2010	27,00	20,00
114	02/05/2010	29,00	21,00
115	03/05/2010	30,00	22,00

Anexo XIX. ELABORACIÓN DE COMPOST INCORPORANDO MICROORGANISMOS (TRICHOEB Y NEMATEB)

Figura 28. Microorganismo utilizados

Figura 29. Incorporación de los microorganismo utilizados

Figura 30. Preparación de las composteras y mezcla de los microorganismos utilizados

Anexo XX. DISPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL ÁREA EXPERIMENTAL

Figura 31. Disposición de las fundas en el diseño experimental

Anexo XXI. COSTOS DIRECTOS PARA ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO

Tabla 44. Costos directos para análisis punto de equilibrio.

MATERIA PRIMA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
3	Carbofuran	kg	0,20	4,30	0,86
5	Hakapos 13-40-13	kg	20,00	3,20	64,00
6	Urea 46-0-0	kg	6,00	1,20	7,20
7	Sulfato de Potasio 0-0-50	kg	5,00	1,60	8,00
8	Papa "yema de huevo"	kg	13,00	0,62	8,06
9	Agua	m3	8,30	0,35	2,91
				Total	**91,03**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Limpieza y riego	hora	24,00	1,50	36,00
2	Post-cosecha	hora	4,00	1,50	6,00
				Total	**42,00**

ENVASE

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Fundas de polietileno	u	150,00	0,02	3,00
				Total	**3,00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS **136,03** USD

Anexo XXII. COSTOS INDIRECTOS PARA ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO TRATAMIENTO TO

Tabla 45. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en To.

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Invernadero comercial	m2	59,44	1,80	107,00
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Foco fluorescente 15 w	u	4,00	0,80	3,20
4	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
5	Cintas de pH	pack	1,00	3,20	3,20
6	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
7	Tina	u	1,00	5,00	5,00
8	Pala	u	1,00	5,00	5,00
9	Pico	u	1,00	10,00	10,00
10	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
11	Cable gemelo No. 12	m	12,00	0,30	3,60
12	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
13	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
14	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
15	Energía eléctrica	kw/h	60,00	0,07	4,20
				Total	229,70

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
				Total	22,50

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	tidad (2m, 215	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	1704,04	0,19	323,77
				Total	**323,77**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	11,89	1,50	17,83
				Total	**17,83**

TOTAL COSTOS INDIRECTOS **593,80** USD

Anexo XXIII. COSTOS INDIRECTOS PARA ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO TRATAMIENTO T1

Tabla 46. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T1.

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Invernadero comercial	m2	81,81	1,80	147,25
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Foco fluorescente 15 w	u	6,00	0,80	4,80
4	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
5	Cintas de pH	pack	1,00	3,20	3,20
6	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
7	Tina	u	1,00	5,00	5,00
8	Pala	u	1,00	5,00	5,00
9	Pico	u	1,00	10,00	10,00
10	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
11	Cable gemelo No. 12	m	18,00	0,30	5,40
12	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
13	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
14	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
15	Energía eléctrica	kw/h	90,00	0,07	6,30
				Total	275,45

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
				Total	22,50

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	tidad (2m, 215	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	2345,08	0,19	445,57
				Total	**445,57**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	16,36	1,50	24,54
				Total	**24,54**

TOTAL COSTOS INDIRECTOS **768,06** USD

Anexo XXIV. COSTOS INDIRECTOS PARA ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO TRATAMIENTO T2 Y T3

Tabla 47. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T2 y T3.

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Invernadero comercial	m2	46,34	1,80	83,42
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Foco fluorescente 15 w	u	4,00	0,80	3,20
4	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
5	Cintas de pH	pack	1,00	3,20	3,20
6	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
7	Tina	u	1,00	5,00	5,00
8	Pala	u	1,00	5,00	5,00
9	Pico	u	1,00	10,00	10,00
10	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
11	Cable gemelo No. 12	m	12,00	0,30	3,60
12	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
13	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
14	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
15	Energía eléctrica	kw/h	60,00	0,07	4,20
				Total	206,12

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
				Total	22,50

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	tidad (2m, 215	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	1328,49	0,19	252,41
				Total	**252,41**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	9,27	1,50	13,90
				Total	**13,90**

TOTAL COSTOS INDIRECTOS **494,93** USD

Anexo XXV. COSTOS INDIRECTOS PARA ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO TRATAMIENTO T4

Tabla 48. Costos indirectos para análisis punto de equlibrio en T4.

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Invernadero comercial	m2	43,83	1,80	78,90
2	Plástico invernadero HzBz Termic, lámina ancho 2,5 m, espesor 10 milésimas de pulgada	m	20,00	1,50	30,00
3	Foco fluorescente 15 w	u	3,00	0,80	2,40
4	Termómetro	u	1,00	4,50	4,50
5	Cintas de pH	pack	1,00	3,20	3,20
6	Bidón	u	2,00	8,00	16,00
7	Tina	u	1,00	5,00	5,00
8	Pala	u	1,00	5,00	5,00
9	Pico	u	1,00	10,00	10,00
10	Barreno	u	1,00	15,00	15,00
11	Cable gemelo No. 12	m	9,00	0,30	2,70
12	Interruptor simple	u	1,00	2,00	2,00
13	Manguera	m	30,00	0,50	15,00
14	Regadera	u	1,00	6,00	6,00
15	Energía eléctrica	kw/h	45,00	0,07	3,15
				Total	198,85

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Análisis de suelo	u	1,00	22,50	22,50
				Total	22,50

TRANSPORTE

Item	Descripción	Unidad	tidad (2m, 215	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Transporte raquis, fibra y ceniza	m3-km	1256,54	0,19	238,74
				Total	**238,74**

MANO DE OBRA

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario USD	P. Total USD
1	Construcción del invernadero	hora	8,77	1,50	13,15
				Total	**13,15**

TOTAL COSTOS INDIRECTOS **473,24** USD